

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
TANQUES Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS
LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) PARA UN CENTRO
COMERCIAL**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

RIGOBERTO MICHEL TORRES ARBIETO

PROMOCIÓN 1987- I

LIMA-PERÚ

2013

A mis padres.

A mi esposa.

A mis hijos.

CONTENIDO CAPITULAR

PRÓLOGO	Pág.
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 OBJETIVO PRINCIPAL	5
1.3 OBJETIVOS SECUNDARIOS	5
1.4 JUSTIFICACIÓN	6
1.5 ALCANCES	7
1.6 RECURSOS EMPLEADOS	7
CAPÍTULO 2	
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	
2.1 EL MERCADO DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)	9
2.1.1 Generalidades del GLP	9
2.1.2 El mercado del GLP en el Perú	11
2.1.2.1 Desarrollo del mercado de GLP en el Perú	11
2.1.2.2 Agentes que intervienen en la cadena de comercialización del GLP	13

2.2	DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA UN CENTRO COMERCIAL	18
2.1.1	Antecedentes	18
2.1.2	Descripción de una red de GLP para un centro comercial	19

CAPÍTULO 3

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y DETERMINACIÓN DE LA HIPÓTESIS DEL TRABAJO

3.1	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	23
3.1.1	Descripción del centro comercial	23
3.1.2	Identificación de los usuarios que requieren suministro de GLP en el centro comercial	24
3.1.3	Planteamiento del problema	25
3.2	HIPÓTESIS DE TRABAJO	31

CAPÍTULO 4

FUNDAMENTO TEÓRICO

4.1	EL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)	32
4.1.1	Características y especificaciones del GLP	32
4.1.2	Consideraciones sobre el manejo del GLP	36
4.1.3	Comparación del GLP con otros combustibles	37
4.2	FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD VOLUMÉTRICA DEL TANQUE DE GLP	37
4.2.1	Cálculo de los requerimientos de consumo de los usuarios	37
4.2.2	Caudal de diseño de ramal principal (Q)	40

4.2.3	Caudal de diseño de ramal secundario (Qs)	40
4.2.4	Cálculo de la vaporización en los tanques de GLP	42
4.2.4.1	Vaporización natural de los tanques de GLP	43
4.2.4.2	Fórmulas de vaporización natural de los tanques de GLP	45
4.2.4.3	Determinación de la capacidad volumétrica del tanque de GLP	47
4.2.4.4	Autonomía del sistema de GLP	48
4.2.5	Velocidad de circulación de gas	49
4.3	UBICACIÓN DE LOS TANQUES DE GLP	53
4.3.1	Normativa vigente	53
4.3.2	Criterios para selección de la ubicación del tanque de GLP de superficie	54
4.3.3	Aspectos de seguridad	56
4.4	EQUIPOS Y MATERIALES EMPLEADOS EN UNA INSTALACIÓN DE GLP	57
4.4.1	Tanque de GLP	57
4.4.2	Materiales empleados en el sistema de la red de GLP	59
4.4.3	Otros equipos	60
4.4.3.1	Reguladores	60
4.4.3.2	Medidores de GLP	60
4.4.3.3	Válvulas de alivio de presión	60
4.5	CÁLCULO DE LA RED DE GLP	62
4.5.1	Normativas vigentes	62
4.5.2	Fórmulas para el cálculo de la red de GLP	63

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DE PROBLEMA

5.1	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TANQUE DE GLP	66
5.1.1	Cálculo del caudal de diseño	66
5.1.2.	Cálculo de capacidad de tanque de GLP	71
5.1.3	Cálculo de la autonomía del tanque de GLP	76
5.1.4	Comprobación de que la capacidad seleccionada de tanque cumple con los requisitos del centro comercial.	77
5.2	CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO	77
5.2.1	Análisis de ubicación de tanque según Norma Técnica Peruana	77
5.2.2	Consideraciones de seguridad	78
5.2.3	Comprobación de que la ubicación del tanque de GLP cumple con la Norma vigente	79
5.3	CÁLCULO DE CAPACIDAD DE TANQUE DE GLP	80
5.3.1	Consideraciones de diseño para el cálculo de red de GLP	80
5.3.2	Determinación de los diámetros de las tuberías de GLP para los diferentes ramales.	81
5.3.2.1	Materiales empleados en el sistema de la red de GLP	101
5.3.2.2	Otros equipos	101
5.3.2.2.1.	Reguladores	101
5.3.2.2.2	Medidores de GLP	103
5.3.2.2.3	Válvulas de alivio de presión	104
5.3.3	Comprobación de que el sistema de tanque y red de tuberías seleccionados cumplen con los requerimientos de diseño	104

5.4	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TANQUES Y RED DE GLP PARA EL CENTRO COMERCIAL	105
5.4.1	Permisos de ley para la operación del sistema de tanques y redes de GLP en el centro comercial.	106
5.4.2	Cronograma de ejecución de obra del sistema de tanques y redes de GLP del centro comercial	109
5.4.3	Costo del proyecto de implementación del sistema de tanques y redes de GLP del centro comercial.	109
5.4.4	Plan de seguridad	109

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

PLANOS

APÉNDICE

PRÓLOGO

El presente informe se desarrolla en cinco capítulos, en los cuales se abarca en forma integral la información necesaria, para el diseño e implementación de un sistema de tanques y redes de distribución de gas licuado de petróleo (GLP) para un centro comercial según la normativa vigente.

En el Primer Capítulo, que corresponde a la introducción, se presenta el objetivo principal del informe, los objetivos secundarios, la justificación, el alcance y los recursos empleados.

En el Segundo Capítulo, se presenta la descripción del producto, describiendo el mercado del GLP, su desarrollo y los diferentes agentes que intervienen en la cadena de comercialización de acuerdo a la legislación vigente.

En el Tercer Capítulo, se plantea el problema y se determina la hipótesis de trabajo para el diseño e implementación de un sistema de tanques y redes de distribución de GLP para un centro comercial.

En el Cuarto Capítulo, desarrollamos el marco teórico que nos permitirá encontrar los conceptos necesarios para realizar el diseño materia de estudio, el mismo contendrá además referencias de la normativa vigente y materiales a emplear.

En el Quinto Capítulo, aplicaremos los conceptos del marco teórico para calcular y definir un diseño real para un centro comercial, plantearemos su implementación, el costo y el sistema de seguridad para este tipo de instalaciones.

Asimismo se presentan las Conclusiones, Recomendaciones, planos y la Bibliografía utilizada para la elaboración del presente informe.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

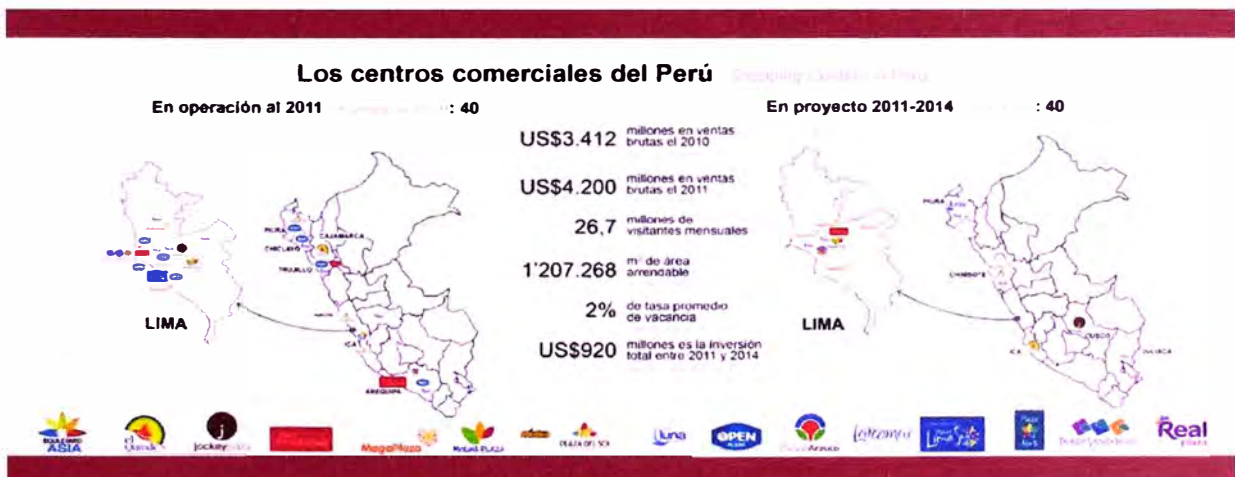
El mercado peruano de comercialización del Gas Licuado de Petróleo (GLP) ha experimentado un fuerte crecimiento en la industria y en el sector comercial triplicándose en los últimos 15 años la demanda del GLP. Por ello, este mercado ha ido cobrando importancia en el sector de hidrocarburos, masificándose su consumo a nivel nacional con una venta directa de un promedio de 35 000 barriles de GLP diarios.

Además durante los últimos 20 años, en el Perú se ha conformado un cuerpo legal que promueve las inversiones en el país y que casi no ha sufrido alteraciones. Favoreciendo el desarrollo de muchas actividades como el desarrollo del sector de Centros Comerciales que ha generado dinamismo en la economía y mucho puestos de trabajo formal. Ver figura 1,1.

Entre las principales normas se puede citar los Decretos Legislativos 662 y 757 (1991), que establecen que el Estado promueve y garantiza la inversión extranjera con los mismos derechos y obligaciones que las nacionales;

además de garantizar la propiedad privada y la estabilidad jurídica del régimen económico.

Asimismo, el desarrollo del comercio minorista moderno está regulado por el Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), que establece las consideraciones generales para las construcciones urbanas de uso comercial y las condiciones de las edificaciones; asimismo ésta la Ley Marco de Licencia de Funcionamiento (2007), que establece los procedimientos para que las municipalidades otorguen las licencias para las actividades económicas de un establecimiento comercial.



DESARROLLO DE CENTROS COMERCIALES EN EL PERÚ
Figura 1,1

Fuente: Asociación de Centros Comerciales del Perú

Uno de los grandes requerimientos para este sector es el del suministro de Gas Licuado de Petróleo (GLP) para los locales de venta de expendió de alimentos principalmente (a veces hay otros consumidores como clínicas y hoteles, etc.), ellos son los consumidores finales del GLP. Sin embargo, este crecimiento en el mercado, no ha ido acompañado de un ordenamiento en las actividades desarrolladas por los diferentes agentes de la cadena de

comercialización y fiscalización del GLP; habiéndose desarrollado proyectos ineficientes por no haberse realizado un diseño adecuado a las necesidades, que llevaron en algunos casos al usuario final a, reemplazar el sistema de redes de gas por balones de gas envasado dentro de sus instalaciones, incrementando el riesgo de ocurrencia de accidentes por fugas de GLP.

1.2. OBJETIVO PRINCIPAL

El presente informe tiene por objetivo principal realizar el diseño y plan de implementación de un sistema de tanques y redes de distribución de GLP para un centro comercial, que cumpla con la normativa vigente para el sector y que opere eficientemente en la entrega del GLP a los consumidores finales.

El informe incluye las consideraciones, normativas vigentes, selección de equipos, dimensionamiento de redes de gas, plan de seguridad, plan de contingencias, costos y plan de ejecución del mismo.

1.3. OBJETIVOS SECUNDARIOS

Como objetivos secundarios se plantean cuatro entregables:

- a) Calcular la capacidad del tanque de GLP, que entregará la cantidad requerida por los usuarios dentro del centro comercial que empleen el GLP para la operación de sus actividades.
- b) Determinar la ubicación del tanque de GLP, esta ubicación deberá cumplir la Norma Técnica Peruana.

c) Diseñar la red de GLP, para el desarrollo del mismo emplearemos las Normas Técnicas peruanas aplicadas al sector, las teorías de caídas de presión en tuberías, además definiremos los materiales y equipos a utilizar.

d) Desarrollar el plan de implementación del diseño propuesto, esta parte incluye el costo, el cronograma y el plan de seguridad del sistema de redes de GLP de acuerdo a Norma Técnica Peruana

Los costos serán en función a los precios de los materiales a la fecha de realizado el presente informe.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Como se indicó en la parte de antecedentes del presente capítulo, uno de los grandes requerimientos para la operación de los centros comerciales que tengan dentro de sus locatarios, usuarios que demanden GLP en su actividad, es el de suministro de Gas Licuado de Petróleo (GLP). El desarrollo del mercado actual y la perspectiva de crecimiento a nivel nacional favorecen la implementación de sistemas de redes de GLP, debido a que en la mayoría de estos centros comerciales se empleará el GLP y no el Gas Natural. El GLP en comparación al Gas Natural es más fácil de transportar y almacenar, debido a esta particularidad los diferentes proyectos que se han desarrollado y los que están por implementarse usan el GLP, además la distribución por redes del Gas Natural aún no es a nivel nacional, inclusive en la ciudad de Lima su desarrollo no permite llegar a todos los lugares donde están ubicados los centros comerciales.

1.5. ALCANCES

El alcance del presente informe es el de realizar el diseño y el plan de implementación de un sistema de tanques y redes de distribución de GLP para un centro comercial, que cumpla con la normativa vigente para el sector y que opere eficientemente en la entrega del GLP a los consumidores finales.

El diseño incluye las consideraciones para la selección de tanque de GLP, ubicación del tanque de GLP en el techo del centro comercial, dimensionamiento de redes de gas dentro de las normas vigentes y la implementación del mismo

No se incluye en el presente trabajo todo lo relacionado al diseño de la obra civil y estructural, que es requerido para el montaje de tanques de gas y otros equipos. En los planos se incluirán detalles de los mismos. Adicionalmente consideraremos para el presente informe que la zona de tanques cumple con los requisitos estructurales para el montaje de los equipos de gas.

1.6. RECURSOS EMPLEADOS

Para poder realizar el diseño de la red de GLP para un centro comercial emplearemos las Normas Técnicas Peruanas vigentes, las diferentes teorías que explican el comportamiento de GLP almacenado dentro de un depósito y las caídas de presión en las tuberías, se seleccionarán los diferentes equipos y materiales existentes en el mercado para la implementación de las redes de GLP, asimismo aplicaremos la experiencia en el sector y las buenas prácticas de ingeniería.

Emplearemos también los programas de Microsoft Word, Excel, Project y Autocad.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

2.1. EL MERCADO DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)

2.1.1 Generalidades del GLP

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es una mezcla de hidrocarburos, que usualmente está compuesto de propano, butano, polipropileno y butileno o mezcla de los mismos en diferentes proporciones, los cuáles combinados con el oxígeno en determinados porcentajes, forman una mezcla inflamable.

Los compuestos que forman parte del GLP pueden encontrarse en la naturaleza formando parte del petróleo crudo y del gas natural. Cuando el GLP se encuentra asociado al petróleo crudo se obtiene a través de los procesos de destilación primaria, reformado catalítico, cracking catalítico, steam cracking, polimerización y alquilación, entre otros; cuando el GLP forma parte del gas natural, los componentes del GLP al tener menor presión de vapor y puntos de ebullición más altos, se obtienen mediante el proceso denominado destilación fraccionada, mediante el cual primero se separa el gas natural seco (metano en 80 a 90% y etano) del resto de hidrocarburos que lleva asociados y, en una segunda etapa, de estos líquidos, se obtiene GLP, gasolina, entre otros.

El GLP a condiciones normales de presión y temperatura (1 atmósfera y 20° C), se encuentra en estado gaseoso. Para obtener líquido a temperatura ambiente, se debe someter al GLP a presión. Para el butano, la presión debe ser de más de 2 atmósferas y para el propano, más de 8 atmósferas, es decir, a temperatura normal y presión moderadamente alta el GLP es licuable, por lo que para su comercialización se le almacena en estado líquido, en recipientes a presión.

Esta característica del GLP permite que su almacenamiento y transporte sea económicamente más eficiente dado que en estado líquido es aproximadamente 250 veces más denso que en su estado gaseoso, es decir, su volumen es de aproximadamente 250 veces menor por unidad de masa en estado líquido. Para el uso doméstico el GLP se comercializa en balones de 10 kilos, 15 kilos y 45 kilos, para el uso comercial, automotor e industrial el GLP se almacena en tanques estacionarios, ver figura 2,1 y figura 2,2.



CILINDROS DE 10 KILOS
Figura 2,1



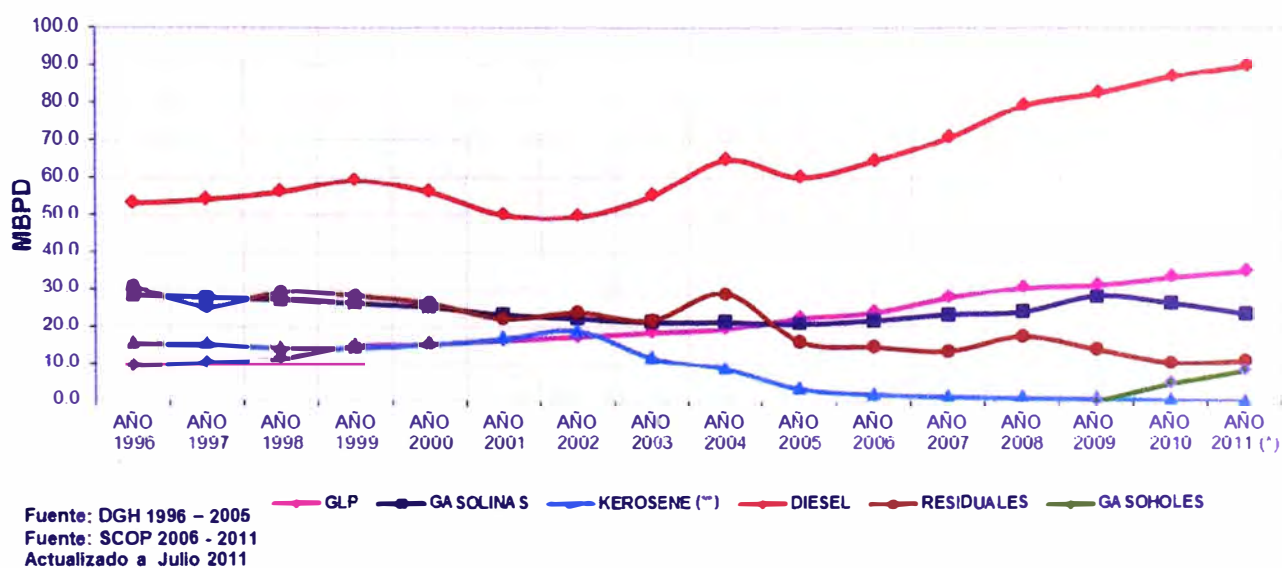
TANQUE DE GLP UBICADO EN EL TECHO
Figura 2,2

2.1.2 El mercado del GLP en el Perú

2.1.2.1 Desarrollo del mercado del GLP en el Perú

La comercialización de GLP es un sector que en los últimos años ha venido cobrando mayor importancia en la industria de hidrocarburos, tanto por el aumento de su producción nacional, como por los retos que existen en su distribución a granel y envasado respecto a su formalización y cumplimiento de normas de seguridad.

En nuestro país, el GLP más conocido como el gas doméstico, es el hidrocarburo que ha tenido un crecimiento sostenido desde mediados de la década de los noventa, de 9000 barriles diarios. La demanda se ha incrementado en el año 2009 a más de 30,000 barriles diarios de GLP y en el año 2011 supera los 35,000 barriles diarios, conforme se aprecia en la figura 2,3.

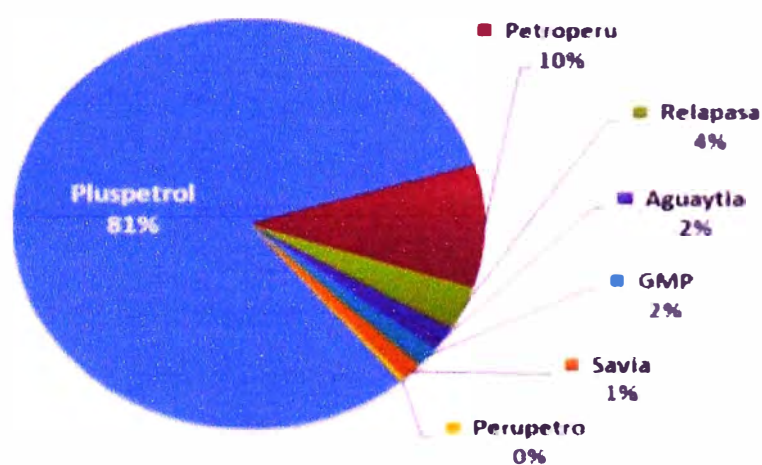


MERCADO NACIONAL DE GLP
Figura 2,3

En ese sentido, conforme se puede apreciar, las cifras muestran que el consumo de GLP prácticamente se ha triplicado en los últimos 15 años, habiéndose el Perú convertido de un país importador de GLP a un país eminentemente exportador.

Cabe indicar que, dicha demanda interna es cubierta aproximadamente en un 77 % con la producción de la empresa Pluspetrol Peru Corporation S.A., el principal productor de GLP en el Perú, el cual proviene del gas natural extraído del Lote 88 de Camisea181, y lo restante lo abastecen principalmente, entre las empresas Petroperú S.A. y la Refinería la Pampilla S.A., cuyo GLP se deriva del petróleo crudo, conforme se observa en el figura 2,4.

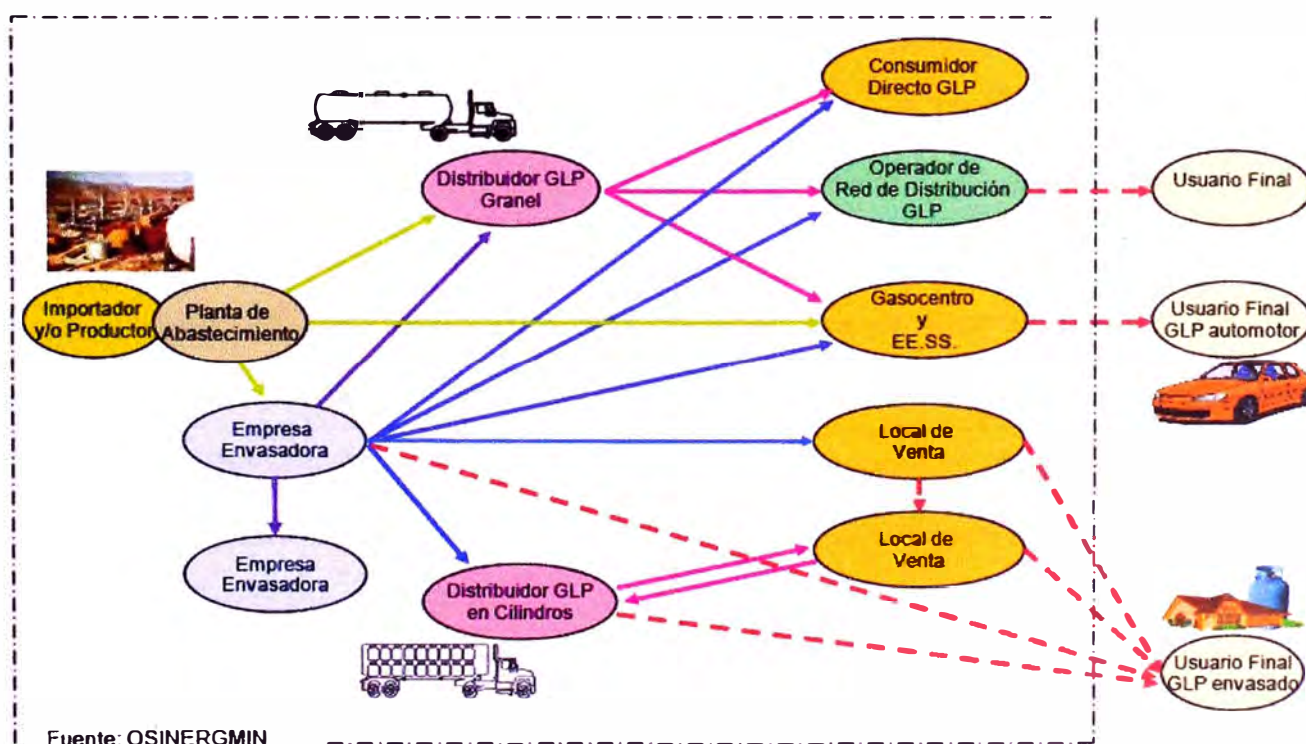
Asimismo, en el siguiente gráfico se aprecia que la empresa Pluspetrol Peru Corporation S.A. produce el 81% de GLP, siendo que el 72 % de la producción nacional se destina a la demanda interna y el 28 % a la exportación de este producto.



PRODUCCIÓN NACIONAL POR PRODUCTOR DE GLP
Figura 2,4

2.1.2.2 Agentes que intervienen en la cadena de comercialización del GLP

El mercado de GLP es considerado como una industria competitiva en sus diversas actividades. A continuación se describe cómo funciona la cadena de comercialización de GLP en el Perú (figura 2,5) y el papel que desempeñan cada uno de los agentes que intervienen, conforme las definiciones establecidas en el Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector de Hidrocarburos aprobado por el Decreto Supremo N° 032-2002-EM en concordancia con el Reglamento para la Comercialización de GLP aprobado por el Decreto Supremo N° 01-94-EM.



CADENA DE COMERCIALIZACIÓN DE GLP

Figura 2,5

Los Productores, son empresas cuya actividad consiste en procesar hidrocarburos con el objeto producir propano, butano o mezclas de los mismos. En este tipo de instalaciones se incluyen a las refinerías y a las plantas de procesamiento o fraccionamiento. En las refinerías de GLP se obtiene del procesamiento del petróleo crudo y en las plantas de fraccionamiento se obtiene del procesamiento del gas natural.

Actualmente, el principal productor de GLP en el Perú es el Consorcio Camisea, el cual cuenta con una planta de fraccionamiento en la ciudad de Pisco, en donde se procesan los líquidos asociados al gas natural proveniente de la provincia de Convención ubicado en el departamento de Cusco. El segundo productor más importante es la empresa Petróleos del Perú S.A. (Petroperú), el cual produce GLP en la refinería de Talara. Como tercer productor de GLP se encuentra a la empresa Repsol-YPF, que opera la refinería de La Pampilla en Lima. Cabe señalar que esta última empresa cuenta con un importante número de plantas envasadoras, locales de venta, distribuidores a granel y medios de transporte verticalmente integrados, lo que le permite ser un actor importante a lo largo de toda la cadena de distribución de GLP a nivel nacional. Otro productor importante, que se encuentra ubicado y abastece el mercado del oriente peruano es la empresa Aguaytía Energy del Perú.

Los Importadores, son las empresas cuya principal actividad es la de comprar GLP en el mercado internacional, para venderlo en el mercado interno. Actualmente, debido al importante crecimiento de la producción nacional de GLP, las actividades de importación han disminuido.

Las Plantas de Abastecimiento, los productores e importadores de GLP realizan sus actividades comerciales a través de las denominadas Plantas de Abastecimiento.

Estas plantas son instalaciones en las cuales el GLP a granel es objeto de las operaciones de recepción, almacenamiento y trasvase, para su posterior distribución. En estas instalaciones no se realiza el envasado de GLP en cilindros la cual es una actividad propia de las Plantas Envasadoras.

Las Plantas Envasadoras, son establecimientos en los que una Empresa Envasadora almacena GLP con la finalidad de envasarlo en Cilindros o trasegarlo a Camiones Tanques a granel. Las Empresas Envasadoras pueden tener varias Plantas Envasadoras a su cargo. De acuerdo a la normativa vigente este tipo de establecimiento puede actuar como Planta de Abastecimiento y/o Local de Venta de GLP.

Normalmente, las Plantas Envasadoras comercializan GLP envasado con los Distribuidores en Cilindros, Locales de Venta de GLP e inclusive con usuarios finales.

En el caso de GLP a granel comercializan con los Gasocentros, Consumidores Directos de GLP, Redes de Distribución de GLP y Distribuidores a Granel, siendo este último agente además su principal competencia, dado que ambos pueden comercializar GLP a granel a los mismos compradores.

En el Perú hay 95 plantas envasadoras de GLP, de las cuales, Lima y Callao cuentan con la mayor cantidad de plantas, 38 en total.

Gasocentros, son instalaciones en las que se desarrolla la actividad de expendio de GLP para uso automotor y cuentan con todas las medidas necesarias para un despacho seguro; pueden dedicarse exclusivamente a la comercialización de GLP; sin embargo lo usual es que comercialicen además combustibles líquidos.

Distribuidores de GLP a granel, son agentes de la cadena de comercialización de GLP que utilizan los denominados "Camiones Tanque" o "Camiones Cisterna" para expender el GLP a granel usualmente a los consumidores directos y las redes de distribución de GLP. También abastecen a los Gasocentros y a otras Plantas Envasadoras.

Distribuidores de GLP en cilindros, son las personas naturales o jurídicas debidamente autorizadas que se dedican a la comercialización de GLP en Cilindros, para lo cual cuentan con vehículos exclusivos. Los Distribuidores en Cilindros pueden expender directamente al público o a Locales de Venta.

Medios de Transporte, Los transportistas de GLP son agentes complementarios de la cadena de comercialización de GLP, los cuales utilizando camiones, camiones tanque, barcos, barcazas, carros-tanque de ferrocarril u otro medio transporte debidamente autorizado, los cuales solamente se encargan de transportar GLP en Cilindros o a granel. A diferencia de los Distribuidores de GLP a granel y a cilindros, estos agentes se encuentran prohibidos de comercializar GLP.

Locales de Venta de GLP, son instalaciones en las cuales los Cilindros de GLP son objeto de recepción, almacenamiento y venta al público. Pueden vender los cilindros envasados por diferentes empresas envasadoras.

Los locales de venta de GLP pueden ser operados por personas naturales o jurídicas independientes, o estar asociados a empresas envasadoras, las cuales en algunos casos están a su vez asociadas a importadores o productores. Por ello, en el mercado de GLP existen diferentes grados de integración vertical, siendo empresas como Repsol Comercial del Perú YPF S.A., Zeta Gas Andino S.A., Llama Gas S.A. que tienen una presencia fuerte en toda la cadena de comercialización, desde la producción hasta la distribución final de GLP en cilindros y a granel.

Los Consumidores Directos de GLP y Redes de Distribución de GLP,

agentes que son una categoría especial de “*consumidores finales*”, los cuales debido a la cantidad de GLP que pueden almacenar, se encuentran obligados a estar debidamente registrados y a cumplir con lo establecido en los reglamentos de seguridad correspondientes. Normalmente, estos consumidores pueden ser: hoteles, clubes, clínicas, restaurantes, y algunas casas o condominios familiares.

Los Consumidores Directos de GLP al igual que las Redes de Distribución de GLP tienen instalados tanques estacionarios de GLP para uso y consumo propio de su actividad, ya sea comercial o para uso de vivienda. En ambos casos, el GLP no lo pueden comercializar con terceros.

La diferencia entre ambas figuras, es que mientras que el Consumidor Directo de GLP usa el GLP directamente para la actividad que desarrolla con un solo suministro, las Redes de Distribución de GLP cuentan con redes internas para distribuir el producto a los usuarios finales; el ejemplo más común son los edificios de vivienda.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA UN CENTRO COMERCIAL

2.2.1. Antecedentes

Un centro comercial es una construcción que consta de uno o varios edificios, por lo general de gran tamaño, que albergan locales y oficinas comerciales aglutinados en un espacio determinado, concentrando mayor cantidad de clientes potenciales dentro del recinto maximizando la rentabilidad por metro cuadrado.

El tamaño es una de las diferencias fundamentales entre un centro comercial y un mercado; además, este último puede no situarse en un sitio techado. Otra diferencia es la existencia de una o más tiendas ancla; esto es los hipermercados o tiendas por departamentos presentes en el centro comercial.

Un centro comercial está pensado como un espacio público con distintas tiendas; además, incluye lugares de ocio, esparcimiento y diversión, como cines o locales de comidas dentro del recinto. Aunque esté en manos privadas, por lo general los locales comerciales se alquilan y se venden de forma independiente, por lo que existen varios dueños de dichos locales, que deben pagar servicios de mantenimiento al constructor o a la entidad administradora del centro comercial. Uno de los requerimientos en el centro comercial es el suministro de GLP para los locales de venta de comidas.

2.1.2 Descripción de un sistema de tanques y redes de distribución de GLP para un centro comercial.

Para el suministro de GLP a los locales que requieren GLP, se instalan en los centros comerciales unos depósitos fijos que almacenan el GLP, es desde estos depósitos o tanques de gas que se distribuye el GLP empleando redes de distribución que llegan a la acometida de cada local. La red de acometida cuenta con un medidor de GLP para llevar el registro de los consumos por cada usuario. Ver figura 2,6.

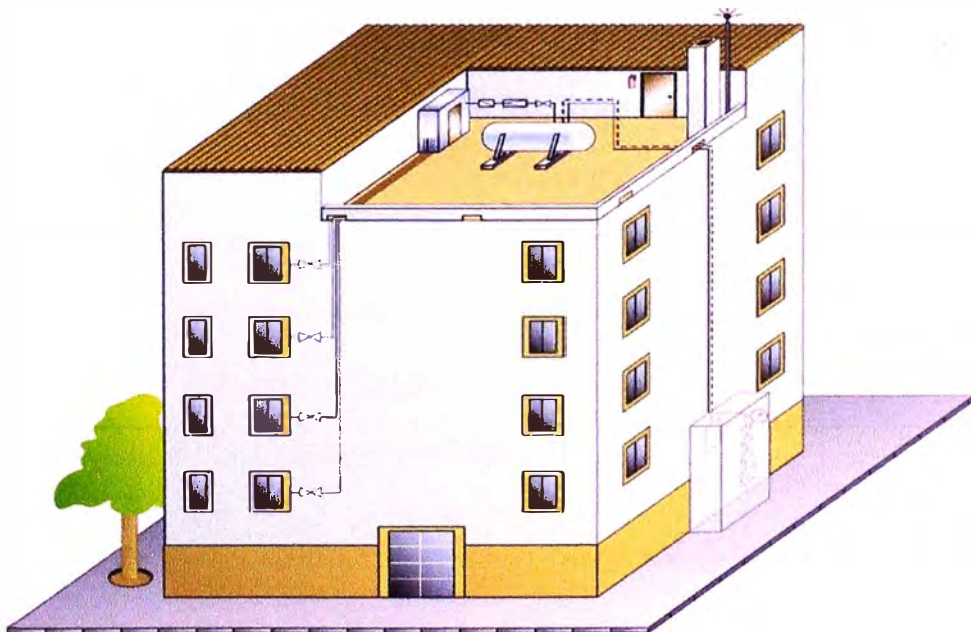
La modalidad en el suministro del GLP tiene como principal característica la de utilizar uno o más depósitos fijos, llamados tanques de gas, instalados en la propiedad del centro comercial, la capacidad de estos estará en función a los requerimientos de GLP que demanden los locales, a su vez estos tanques se abastecen en el mismo lugar, mediante un camión cisterna de la empresa suministradora de GLP que puede ser según lo indicado en el capítulo 2, numeral 2.1.2.2, una Planta Envasadora o un distribuidor de GLP a granel.

Con esta modalidad de abastecimiento se evita, ante todo, el emplear balones de gas y, por lo general, se consigue una mayor autonomía o duración de la carga utilizable, por disponer, normalmente, de mayor cantidad de combustible almacenado y mayor seguridad al dejar de manipular los balones de gas.

El camión cisterna descarga el combustible GLP en el tanque o batería de tanques del usuario por medio de un equipo de trasvase o sistema encargado de trasegar el GLP situado en el propio camión. Esté trasiego se

realiza generalmente cuando los tanques se encuentran al 20% de su contenido. Ver figura 2,7.

En la definición según la normativa vigente estas instalaciones están definidas como Los Consumidores Directos de GLP y Redes de Distribución de GLP, agentes que son una categoría especial de “*consumidores finales*”, los cuales debido a la cantidad de GLP que pueden almacenar, se encuentran obligados a estar debidamente registrados y a cumplir con lo establecido en los reglamentos de seguridad correspondientes. Normalmente, estos consumidores pueden ser: industrias de todo tipo y rubro, hoteles, clubes, centros comerciales, clínicas, restaurantes, y algunas casas o condominios familiares.



ESQUEMA DE UN SISTEMA DE TANQUE Y REDES DE GAS EN UN EDIFICIO
Figura 2,6

Los Consumidores Directos de GLP al igual que las Redes de Distribución de GLP tienen instalados tanques estacionarios de GLP para uso y consumo propio de su actividad, ya sea comercial o para uso de vivienda. En ambos casos, el GLP no lo pueden comercializar a terceros.

La diferencia entre ambas figuras, es que mientras que el Consumidor Directo de GLP usa el GLP directamente para la actividad que desarrolla con un solo suministro, las Redes de Distribución de GLP cuentan con redes internas para distribuir el producto a los usuarios finales; el ejemplo más común son los edificios de vivienda.



CISTERNA DE GLP
Figura 2,7

La instalación de los tanques de gas se puede hacer colocándolos sobre la superficie del terreno o aéreos, es decir, al nivel del terreno o colocándolos enterrados en una fosa especial, estas tipo de ubicaciones está prevista en las Norma Técnica Peruana NTP 321.123.

Los tanques de gas aéreos presentan sobre los enterrados ciertas ventajas: mayor vaporización a igualdad de volumen, facilidad de acceso para limpieza, facilidad para el mantenimiento, no ocupa superficie de terreno por construir, rotulados de seguridad, etc.

Los enterrados, en cambio, presentan la ventaja de ganar en estética y menores distancias de seguridad lo que presupone menor superficie de ocupación del terreno circulante.

CAPÍTULO 3

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y DETERMINACIÓN DE LA HIPÓTESIS DEL TRABAJO

3.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

3.1.1. Descripción del centro comercial

El centro comercial seleccionado cuenta con un área construida de 130 mil m², con un área arrendable de 50 mil m² y está ubicado estratégicamente y responde a las necesidades y expectativas de los habitantes de Lima Este, que está conformado por los distritos de Ate-Vitarte, Santa Anita, El Agustino, La Molina, San Luis, que representan más de dos millones de pobladores. Cuenta con tres niveles de atención más azotea.

Entre la oferta de entretenimiento destaca un amplio patio de comidas con 14 operadores ubicados en el tercer nivel, estos cuentan con una capacidad para más de 1000 comensales, además el centro comercial cuenta con 5 restaurantes, uno ubicado en el segundo nivel y cuatro en el primer nivel.

El centro comercial opera 12 horas diarias, la zona de restaurantes opera 10 horas diarias.

3.1.2. Identificación de los usuarios que requieren suministro de GLP en el centro comercial

El centro comercial desde la concepción del proyecto ya cuenta con la ubicación de los locales de venta de comida que requieren GLP para su operación, en los planos de distribución de cada nivel podemos ver la ubicación de los mismos.

- Plano N° 1, ubicación de locales del tercer nivel
- Plano N° 2, ubicación de locales del segundo nivel
- Plano N° 3, ubicación de locales del primer nivel

La mayor concentración de locales se encuentra en el tercer nivel, esta zona se denomina zona de food court o patio de comidas, allí se encuentran 14 locales, que se muestran en la figura 3,1. En el segundo nivel hay un solo local y se muestra en la figura 3,2, en el primer nivel hay 4 locales y se muestran en la figura 3,3.

Cada local tiene un requerimiento diferente, éste está en función al tipo y a la cantidad de aparatos o equipos de GLP que empleen en su operación. El centro comercial nos proporciona el consumo requerido por cada local, como previsión el valor de consumo proporcionado por el centro comercial incluye un 20% adicional a la necesidad real; asimismo proporciona el estimado de horas de trabajo de estos equipos, que difiere de las horas de atención al público (un local o restaurante puede tener un horario de atención de 10 horas, pero los equipos que consumen GLP no están

funcionando todo el horario de atención), estos valores están indicados en la tabla 3,1.

3.1.3. Planteamiento del problema

Se requiere diseñar e implementar un sistema de tanques y redes de distribución de GLP para el centro comercial, que suministre el GLP a los usuarios finales, que requieran dicho suministro y que previamente han sido identificados, tanto en la ubicación como en los requerimientos de calidad del suministro en la acometida de cada local, todos estos datos se encuentran especificados en el numeral 3.1.2.

Para tal fin se deberán definirse los siguientes puntos:

Definir la capacidad volumétrica del (o de los) tanque de GLP que pueda suministrar la cantidad requerida de GLP por los usuarios, manteniendo una autonomía de por lo menos 7 días de stock de producto.

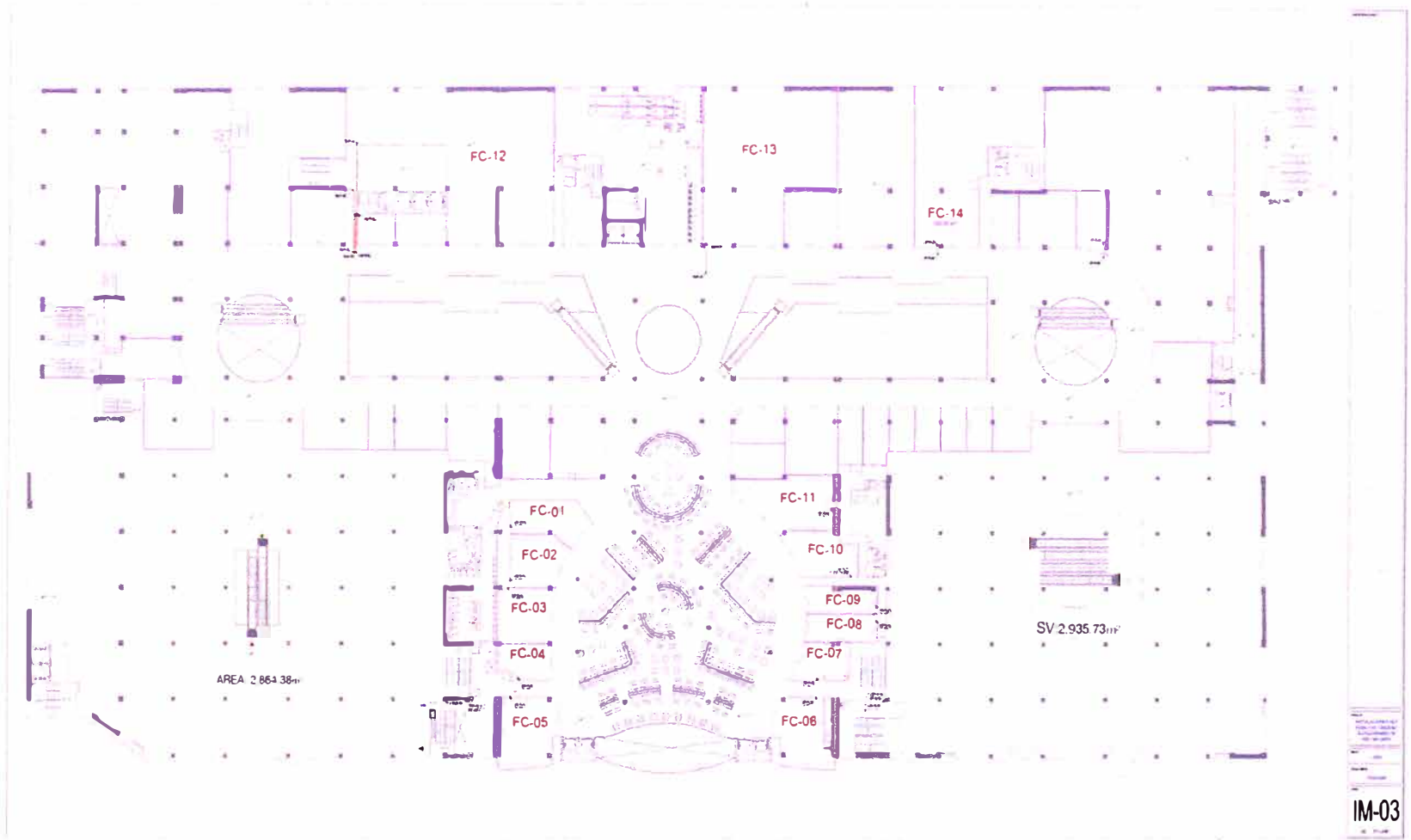
Definir la ubicación de los tanques de suministro de GLP, que según sea el tipo de ubicación, deberán cumplir ciertos requisitos que afirmen la seguridad de la propiedad, los individuos, y del sistema de abastecimiento de GLP.

Las distancias mínimas de seguridad que debe existir entre los tanques que almacenan GLP, ductos, redes eléctricas, motores eléctricos, sistemas de aire acondicionado deberán cumplir con la normativa vigente.

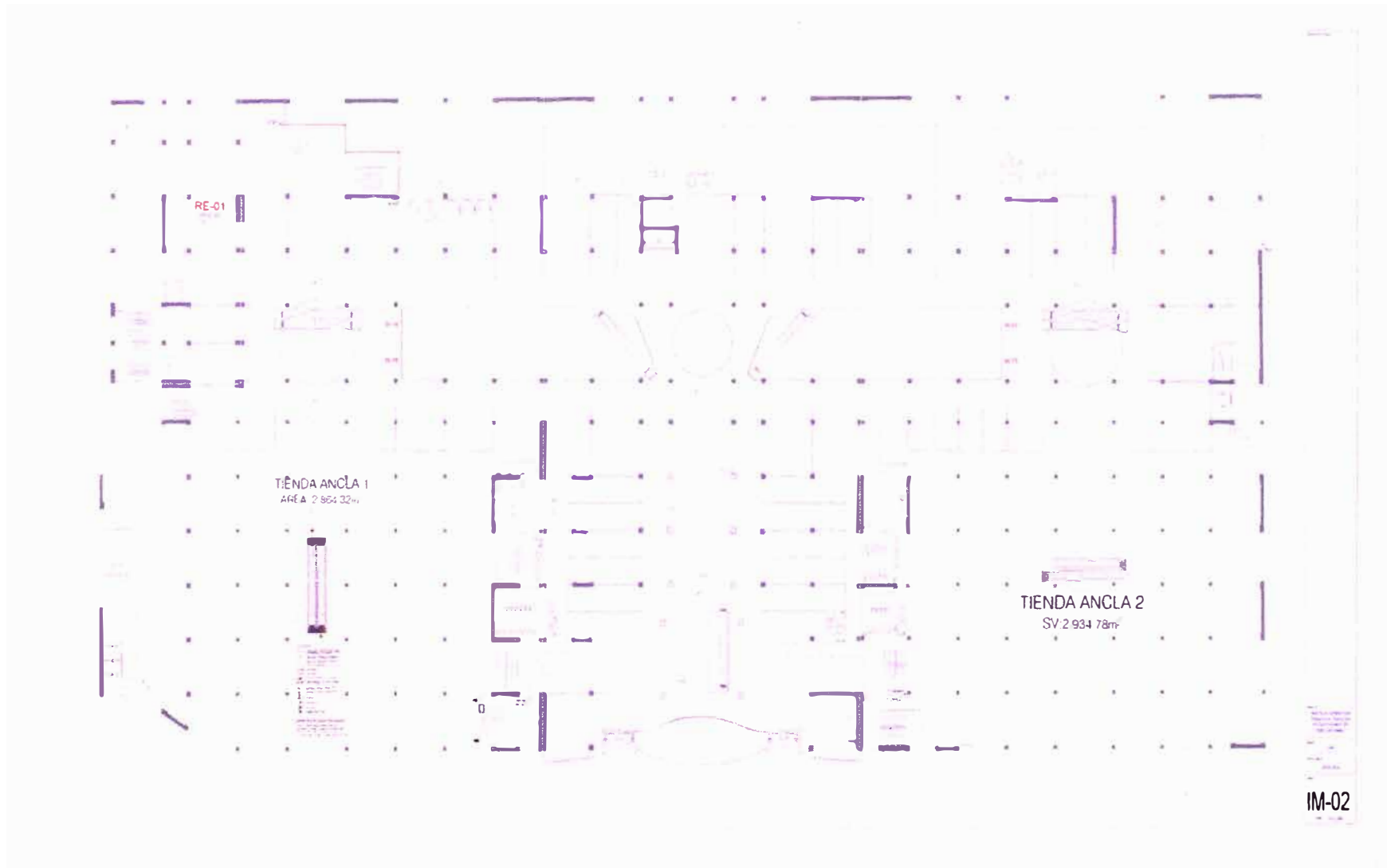
Asimismo es requerimiento del centro comercial tener una sola zona de tanques por temas de control y seguridad.

Diseñar la red de gas, que de acuerdo al requerimiento del centro comercial deberá ser en material cobre tipo L, seleccionar los materiales adecuados, de forma tal que la calidad del GLP en la acometida a cada usuario permita obtener una presión de ingreso entre 0.35 bar a 0.4 bar, a una velocidad de flujo de GLP no mayor de 7 m/s.

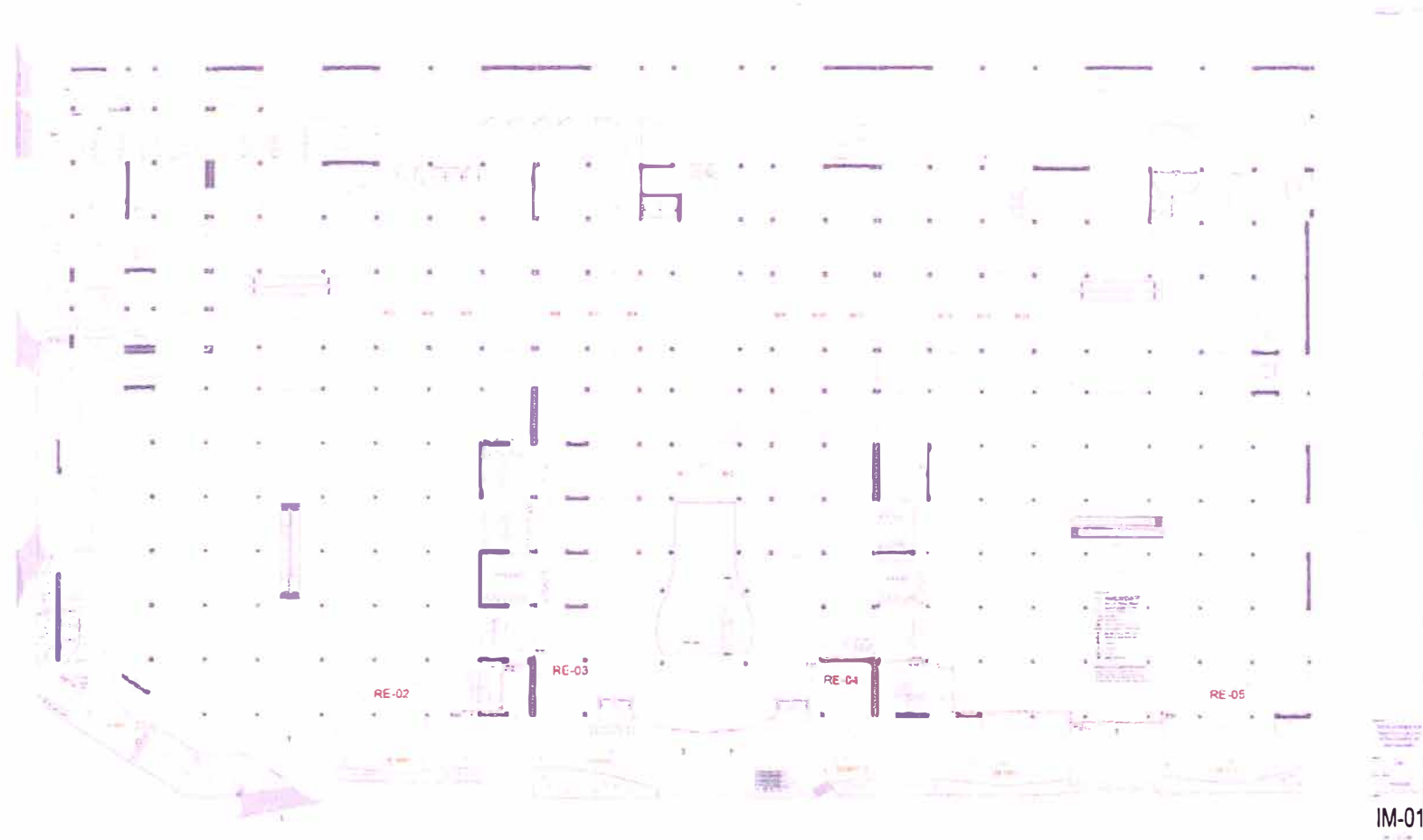
El sistema de red de distribución de GLP deberá contar también con un plan de implementación adecuado a las necesidades y respetando las normas vigentes.



UBICACIÓN DE LOCALES QUE REQUIEREN SUMINISTRO DE GLP EN EL TERCER NIVEL (FOOD COURT)
Figura 3,1



UBICACIÓN DE LOCALES QUE REQUIEREN SUMINISTRO DE GLP EN EL SEGUNDO NIVEL
Figura 3,2



UBICACIÓN DE LOCALES QUE REQUIEREN SUMINISTRO DE GLP EN EL PRIMER NIVEL
Figura 3,3

IM-01

Tabla 3,1

CONSUMOS DE LOCALES QUE REQUIEREN GLP EN EL CENTRO COMERCIAL

USUARIOS DE GLP POR NIVEL	Potencia Requerida kcal/Hr	CONSUMOS	CONDICIONES DE SUMINISTRO DE GLP		
		m3/hr	Presión Requerida (bar) min - max	Velocidad máxima permitida (m/s)	Hrs. trabajo/Día
TERCER NIVEL					
FC 1	56.452	2,54	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 2	64.516	2,90	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 3	7.056	0,32	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 4	8.669	0,39	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 5	90.726	4,07	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 6	60.484	2,72	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 7	50.403	2,26	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 8	80.645	3,62	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 9	131.048	5,89	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 10	80.645	3,62	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 11	65.524	2,94	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 12	40.323	1,81	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 13	43.347	1,95	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 14	57.460	2,58	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
FC 15	82.661	3,71	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
SEGUNDO NIVEL					
REST 1	91.734	4,12	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
PRIMER NIVEL					
REST 2	90.726	4,07	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
RSET 3	48.387	2,17	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
RSET 4	64.516	2,90	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
RSET 5	30.242	1,36	0.35 - 0.4 bar	7,00	6
CONSUMO TOTAL:	1.245.565	55,94			

3.2. HIPÓTESIS DE TRABAJO

De acuerdo al planteamiento del problema, en el presente informe se plantea la siguiente hipótesis:

Si es factible, atender los requerimientos de GLP de los usuarios de locales de venta de expendio de alimentos en un centro comercial, diseñando e implementando adecuadamente un sistema de tanques y redes de distribución de GLP.

Además tenemos tres propósitos principales, el primero es el de definir la capacidad volumétrica del (o de los) tanque de GLP que pueda suministrar la cantidad requerida de GLP por los usuarios y mantener una autonomía de por lo menos 7 días de stock; el segundo propósito consiste en definir la ubicación de los tanques de suministro de GLP, que según sea el tipo de ubicación, deberá cumplir ciertos requisitos que afirmen la seguridad de la propiedad, los individuos, y del sistema de abastecimiento de GLP y finalmente el tercer propósito consiste en diseñar la red de gas, seleccionando los materiales adecuados, de forma tal que la calidad del GLP en la acometida a cada usuario, permita obtener una presión manométrica de ingreso entre 0.35 bar a 0.4 bar a una velocidad de flujo de GLP no mayor de 7 m/s.

Como un cuarto propósito tenemos el plan de implementación del sistema de GLP, que se realizará en función al respeto de las normas vigentes y a la aplicación de las buenas prácticas de la ingeniería.

CAPÍTULO IV

FUNDAMENTO TEÓRICO

4.1 EL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)

4.1.1 Características y especificaciones del GLP

El Gas Licuado de Petróleo, al que llamaremos simplemente por sus siglas como GLP, tiene su origen en el tratamiento que se le da al petróleo crudo y/o al gas natural en sus fases de refinamiento. El GLP comercial consiste en una mezcla de gases principalmente propano y butano, siendo la proporción del primero mayor que la del segundo, ya que el propano se vaporiza a partir de $-44\text{ }^{\circ}\text{C}$, y el butano lo hace a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Es por este motivo que el propano es el componente gaseoso preferido particularmente para el uso industrial, donde se puede requerir una alta capacidad de evaporación rápida, ya que vaporiza incluso en las condiciones de temperatura exterior más extremas. En cambio, el butano no lo hace cuando la temperatura exterior es de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ o inferior, temperaturas que en algunas zonas de nuestro país son habituales en época invernal.

En la actualidad, aproximadamente un 3% de la energía en todo el mundo proviene del GLP, siendo su principal uso 48% doméstico, un 24% se usa en

la industria química, 9% en transporte y un 4% como combustible en el proceso de refinación. Un 2% es utilizado para la agricultura.

En nuestro medio al que llamamos por GLP está compuesto predominante por una mezcla de 60% de propano y 40% de butano.

Sus principales características físicas y químicas son:

- Densidad en fase vapor = 2.10 kg/m^3
- Densidad en fase líquido = 538 kg/m^3
- Poder calorífico Inferior = $20,206 \text{ Kcal/m}^3$
- Poder calorífico superior = $22,265 \text{ Kcal/m}^3$
- Límite de inflamabilidad inferior (% de aire) = 1.8 %
- Límite de inflamabilidad superior (% de aire) = 9.30 %
- Presión manométrica de vapor a $37.8 \text{ }^\circ\text{C}$ = 11.03 bar
- Presión manométrica de vapor a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ = 3.31 bar

Otras características:

Inflamabilidad y combustión: Ambos gases forman con el aire mezclas inflamables y necesitan una gran cantidad de aire para su combustión. Resultan inflamables en el aire solo cuando se mezclan en una cierta proporción:

Propano: entre el 2,2 y el 9,3 % de propano

Butano: entre el 1,8 y el 8,5 % de butano

Corrosión: Los GLP no corroen al acero, ni al cobre o sus aleaciones y no disuelven los cauchos sintéticos por lo que éstos materiales pueden ser usados para construir las instalaciones. Por el contrario disuelven las grasas y al caucho natural.

Toxicidad: Los GLP no son tóxicos. Los trastornos fisiológicos se producen cuando la concentración del gas en el aire es elevada y como consecuencia existe un desplazamiento de oxígeno.

Olor: Los GLP carecen de color y de olor natural por lo que, para poder detectar por el olfato las eventuales fugas que pudieran ocasionarse, se les añade antes de su distribución un odorizante peculiar a base de mercaptanos. El olor es sentido cuando todavía se encuentra la mezcla muy por debajo del límite inferior de inflamabilidad.

Contaminación: La energía GLP es el combustible ecológicamente más respetuoso con la naturaleza pues su combustión no contamina la atmósfera. Al estar estos gases exentos de azufre, plomo y sus óxidos, la combustión es limpia, no produce olores ni residuos (hollín, ni humos). Los productos de la combustión (PDC) son solamente CO₂ y H₂O. Los GLP no se disuelven en el agua ni la contaminan por lo que se pueden utilizar en embarcaciones como carburantes y como combustible.

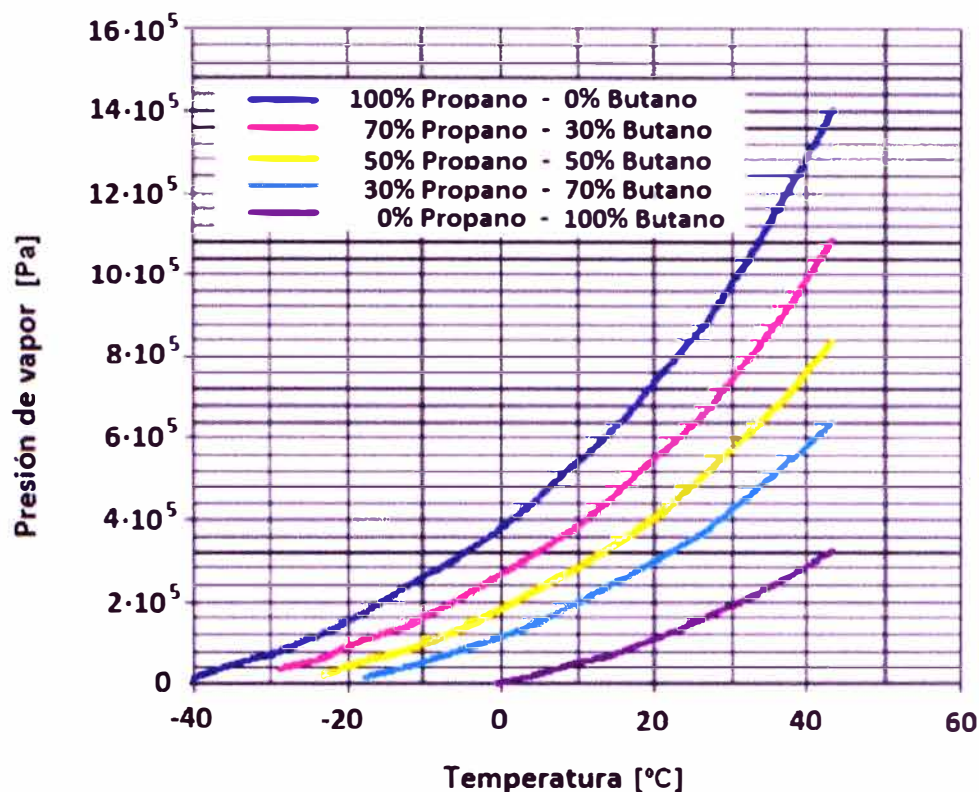
Grado de llenado: Los GLP en fase líquida se dilatan por la temperatura más que los recipientes que los contienen. Por tanto, éstos no se han de llenar plenamente para así poder absorber el diferencial de dilatación pues de lo contrario se producirían excesos de presión no deseables. El grado de

llenado máximo está establecido reglamentariamente entre un 80% a 85 % como máximo, dependiendo de la capacidad volumétrica del tanque de GLP.

Los GLP en estado gaseoso pesan el doble que el aire. Si se produjera una fuga, se expandiría tendiendo a depositarse en las partes bajas del local. Está prohibido situar los envases de GLP en sótanos, escaleras y en lugares de tránsito.

Los GLP en estado líquido pesan la mitad que el agua. Si un envase de GLP contuviera también agua, ésta quedaría en el fondo. Si el envase contuviera agua en vez de gas, pesaría un 30% más.

Otra característica del GLP es su Presión de vapor, y es la presión a la que el líquido está en equilibrio con el vapor. La presión de vapor existente en un recipiente que contiene GLP está determinada por la cantidad relativa de cada hidrocarburo presente en la mezcla y la temperatura presente del líquido, la cual depende de la transferencia de calor del ambiente. En la Figura 4,1, se pueden observar los valores de presión de vapor de posibles mezclas de GLP que forman los dos hidrocarburos mayoritarios, a diferentes temperaturas.



PRESIÓN DE VAPOR DEL GLP
Figura 4,1

4.1.2 Consideraciones sobre el manejo del GLP

Las instalaciones de GLP deben realizarse con materiales autorizados y manipularse con las herramientas adecuadas.

Aunque el límite de inflamabilidad es muy bajo, se requiere revisar periódicamente la instalación en previsión de pequeñas fugas y así garantizar su estanquidad.

El líquido que sale de un recipiente se evapora rápidamente en la atmósfera libre. Como consecuencia de esta evaporación rápida, produce frío en su entorno, siendo peligroso el contacto personal con el líquido fugado. La

propagación del gas en la atmósfera es en general lenta, excepto en presencia de viento.

Cualquier llama o punto caliente puede iniciar la combustión de una mezcla de GLP y aire, siempre que se encuentren en la proporción adecuada.

Los GLP tienen un alto Poder calorífico.

4.1.3 Comparación del GLP con otros combustibles

El GLP en comparación al Gas Natural (GN) tiene mayor disponibilidad, pero su precio es aproximadamente 20% mayor, sin embargo para el análisis no incluimos al GN porque como se indicó en la introducción no hay aún disponibilidad del mismo para los centros comerciales. En la tabla II se muestra una comparación y valoración del GLP con respecto a otros combustibles. De la valoración realizada, podemos observar el beneficio de trabajar con GLP.

4.2 FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD VOLUMÉTRICA DEL TANQUE DE GLP

4.2.1 Cálculo de los requerimientos de consumo de los usuarios

El sistema de tanques y redes de distribución, suministrará GLP a cada uno de los 20 usuarios del centro comercial, estos usuarios a su vez tienen diversos equipos que requieren suministro y que están diseñados para operar con un caudal determinado de GLP y a una presión determinada. Entonces el sistema de GLP, deberá entregar cierta cantidad de calor en función del tiempo para lograr el resultado requerido.

Generalmente el requerimiento de GLP por cada equipo ya sea en volumen o en calor por unidad de tiempo, lo da el fabricante y el dato está en la placa del equipo.

Tabla 4,1

COMPARACIÓN DEL GLP CON OTROS COMBUSTIBLES

	Electricidad	GLP	Diesel Residual	Carbón , Leña
Comodidad	4	3	2	1
Limpieza	4	3	1	1
Disponibilidad	3	3	4	4
Regulación	4	4	3	2
Potencia	3	4	4	3
Economía	1	3	4	4
Ausencia de averías	3	3	2	2
Inconvenientes	3	3	1	1
Promedio	3.57	3.71	3.00	2.57

1	Malo
2	Regular
3	Bueno
4	Excelente

Fuente: REPSOL GAS.

El caudal es la cantidad de gas que atraviesa una sección de conducto en la unidad de tiempo. Se expresa en volumen (m^3/h) y tratándose de GLP, también se puede hablar de caudal másico (kg/h).

4.2.2 Caudal de diseño de ramal principal (Q)

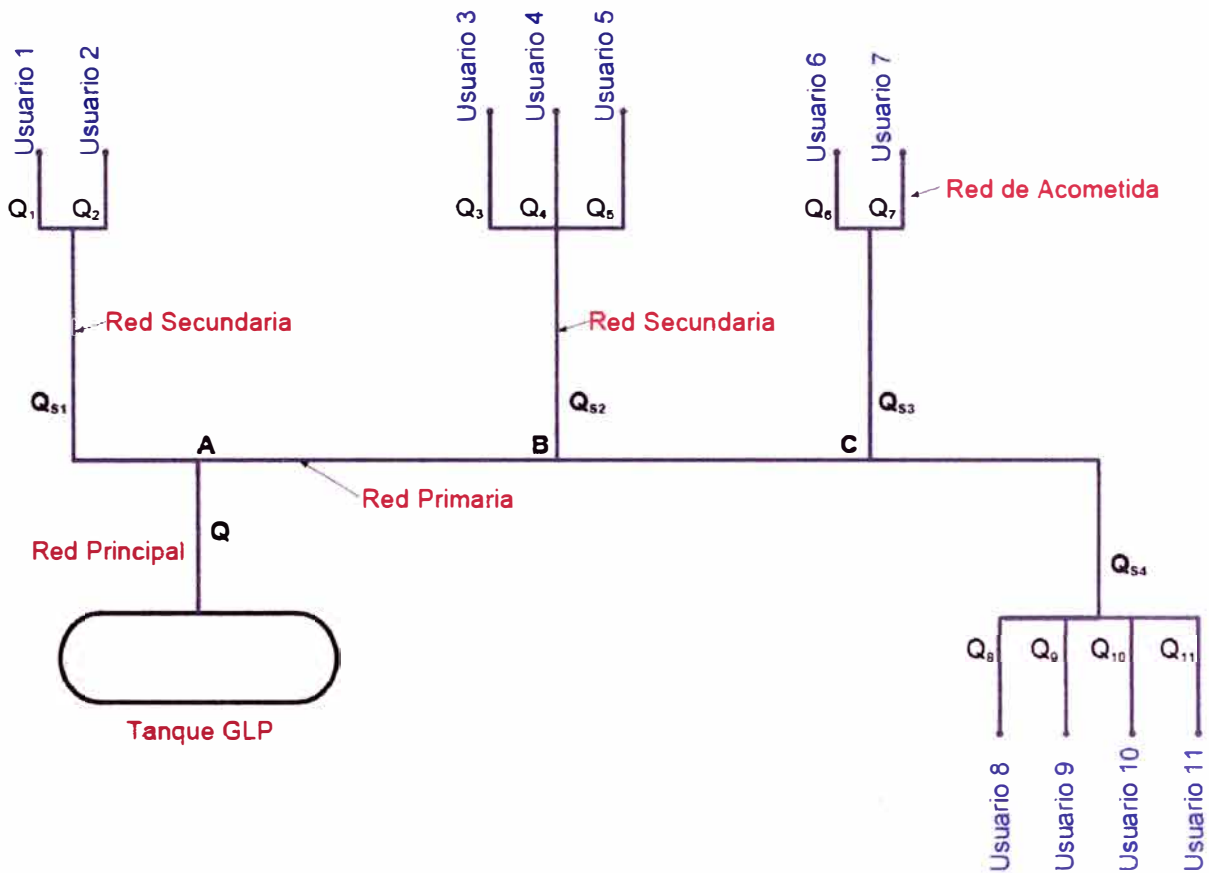
Es el correspondiente a la suma de los caudales de los ramales secundarios y primarios de una red de GLP.

4.2.3 Caudal de diseño de ramal secundario (Qs)

En una instalación de redes de GLP el caudal de diseño de un ramal secundario lo calcularemos sumando los dos consumos mayores de los usuarios conectados a la red secundaria más la mitad de los restantes.

$$\text{Siendo } Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3 \geq Q_4 : Q_s = Q_1 + Q_2 + \frac{1}{2} (Q_3 + Q_4 + \dots)$$

En la figura 4,2, se muestra un esquema de cálculo por ramales.



MODELO DE CÁLCULO DE CAUDAL POR TRAMOS
Figura 4,2

En el gráfico:

$$Q_{\text{TRAMO B-C}} = Q_{S4} + Q_{S3}$$

$$Q_{\text{TRAMO A-B}} = Q_{\text{TRAMO B-C}} + Q_{S2}$$

$$Q = Q_{S1} + Q_{\text{TRAMO A-B}}$$

4.2.4 Cálculo de la vaporización en los tanques de GLP

Los GLP se transportan y almacenan en recipientes, en estado líquido, pues en este estado ocupan un volumen unas 250 veces menor que en el gaseoso. En los recipientes, la fase líquida ocupa la parte inferior y el vapor, la superior a modo de burbuja, coexistiendo en equilibrio de presiones.

Como el consumo de GLP se hace, en general, en estado gaseoso, es necesario que los GLP pasen al estado de vapor antes de que lleguen al aparato. La vaporización puede ser natural o forzada:

1. Vaporización natural: Cuando el gas sale directamente del recipiente que lo contiene, al abrir la llave que éste lleva en su parte superior.
2. Vaporización forzada: Se produce cuando se calienta de forma artificial la fase líquida para provocar la vaporización. La vaporización forzada puede ser necesaria en algunos casos:
 - Cuando el caudal de gas requerido en la instalación es superior al que se puede obtener con vaporización natural.
 - Cuando las temperaturas ambientales son muy bajas, lo que impide que se vaporice lo suficiente.
 - Cuando se requiere una mezcla constante del GLP, ya que en la vaporización natural se provoca un cierto enriquecimiento de las fracciones pesadas (C4) en la parte que va quedando en el depósito.

4.2.4.1 Vaporización natural de los tanques de GLP

En un depósito coexisten como se ha dicho, las dos fases o estados, esto es, líquido y vapor. Cuando del depósito vamos extrayendo gas para su consumo, se va reduciendo la presión de la fase vapor rompiéndose el equilibrio entre las dos fases. Como consecuencia de ello, se produce la vaporización natural de la fase líquida para tender a recuperar el equilibrio perdido.

La presión de equilibrio es la llamada tensión de vapor, expresada en bar absoluto, por debajo de la cual el líquido se evapora (al realizarse una toma o al enfriarse) y por encima, el gas se condensa y se vuelve líquido (al calentarse o aumentar la presión). La tensión de vapor varía directamente con la temperatura a la que se encuentra el gas.

Para que se produzca la vaporización del líquido se necesita calor. A ese calor se le llama calor latente de vaporización (CLV).

La vaporización natural del GLP en el recipiente se produce primero absorbiendo calor del propio líquido y del exterior después, a través de las paredes del propio envase y precisamente de las paredes mojadas por el líquido. Al enfriarse el líquido, éste roba calor a las paredes que moja.

Realizándose una toma de gas moderada, el líquido mantiene su temperatura pues todo el calor necesario para la vaporización se va tomando del exterior. En el caso de que se solicitara del recipiente un caudal excesivo, el enfriamiento del líquido no podrá ser compensado por el calor procedente del exterior que resultará insuficiente. Si la toma de gas es de larga duración, la fase líquida puede enfriarse tanto que la presión del gas

que salga del recipiente, resulte inferior a la presión mínima del regulador situado a la salida del mismo, y como consecuencia de ello se producirá un mal funcionamiento de la instalación.

En conclusión, la capacidad de vaporización de un recipiente que contiene GLP, es directamente proporcional a:

- ✓ La superficie total del tanque
- ✓ La temperatura del medio que rodea el tanque
- ✓ El porcentaje de GLP en el recipiente
- ✓ La velocidad del viento

Es inversamente proporcional a:

- ✓ La presión relativa de salida del tanque.

A igualdad de capacidad, los depósitos de menor diámetro vaporizan más que los mayores porque con una misma cantidad de GLP, la superficie mojada es mayor.

La vaporización se ve afectada también por el tipo de depósito. Los depósitos enterrados absorben el calor de la tierra que los rodea que suele estar más caliente en invierno que el aire ambiental, pero en cambio, cuando enfrían la tierra forman hielo y aíslan el depósito dificultando la vaporización.

P Porcentaje de superficie del depósito en contacto con el líquido mojada. Para un 20 % de llenado se toma: $a = 0,336$ y para un 30 % vale 0,397.

S Superficie del depósito en m^2 . Es la superficie exterior total del depósito, valor indicado por el fabricante.

q Coeficiente de transmisión de calor a través de las paredes del depósito. Depende de la humedad relativa ambiental y del viento. Ahora bien, como valor promedio de diferentes situaciones se toma para depósitos aéreos $q = 0,014 \text{ kW/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ y para depósitos enterrados se toma $q = 0,0086 \text{ kW/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

T_e Temperatura exterior mínima media prevista, del ambiente en el que está instalado el depósito. (5° C para depósitos enterrados).

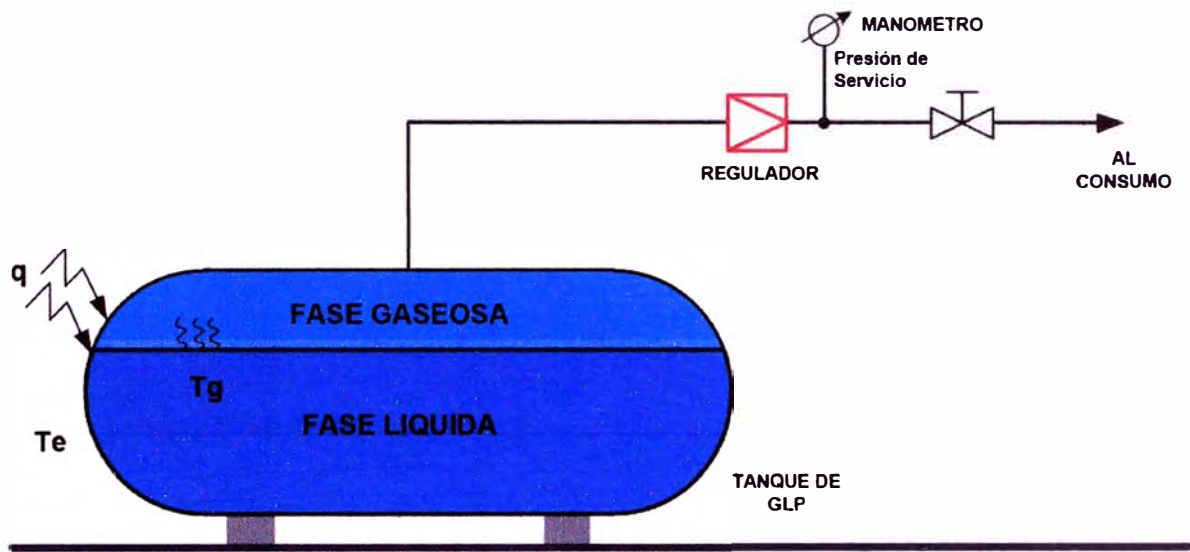
T_g Temperatura de equilibrio líquido-gas del gas en el interior del depósito. Depende de la temperatura de vaporización que se corresponde con la presión de servicio de la red. Se han tomado los valores incluidos en la cabecera de las tablas.

CLV Calor latente de vaporización del propano. Se toma un valor de 0,11 kWh/kg (94 kcal/kg).

- Presión de servicio de la red (a la salida del regulador) situado a la salida del depósito Se escogerá entre las cuatro presiones indicadas.

A las presiones indicadas (bar): --> 1,2 1,5 1,7 2,0

Les corresponde una temperatura T_g --> 26° C -22° C -20° C -17° C



VAPORIZACIÓN NATURAL EN LOS TANQUES DE GLP

Figura 4,3

- Temperaturas: Se tomará la más aproximada inferior. Por ejemplo, si la temperatura mínima media de Lima es de 15° C.
- El caudal calculado corresponde a una reserva del 20 % del depósito, que es el porcentaje mínimo para recargar el tanque de GLP. Para cualquier contenido superior al 20 %, se podrá obtener un caudal mayor al tabulado. Los valores para una reserva del 30 % se obtienen multiplicando los tabulados por 1,18.

4.2.4.3 Determinación de la capacidad volumétrica del tanque de GLP

Utilizando la fórmula vista en el apartado anterior, se puede calcular el caudal obtenible por vaporización natural para tanques, cuyas capacidades volumétricas sean estándar en el mercado, por ejemplo el mercado emplea algunas capacidades de tanques de GLP de 3.785 m^3 (1000 galones), 1.893 m^3 (500 galones), 0.946 m^3 (250 galones), etc. La condición es que la

vaporización de uno o más tanques pueda satisfacer las necesidades de requerimiento de consumo de los usuarios del centro comercial (descrito en el capítulo 4.2.1).

Con los datos obtenidos construiremos unas tablas de vaporización para cada tanque de GLP para determinar cuál es la capacidad del tanque requerido de acuerdo a los consumos.

4.2.4.4 Autonomía del sistema de GLP

Para el cálculo de la autonomía se considera que los tanques de GLP se recargan cuando están en un 20% de su capacidad nominal y se llenan hasta un porcentaje máximo de llenado indicado de acuerdo a la capacidad nominal del tanque o de los tanques a instalar (según NTP 321.123).

Para estimar la autonomía se usará la siguiente fórmula:

$$A = \frac{(\text{Capacidad del tanque en kg.}) (\% \text{máximo de llenado} - \% \text{mínimo de recarga})}{\text{Consumo diario del sistema de GLP en kg.}}$$

Donde,

- La autonomía A se expresa en días
- La Capacidad del tanque dado en Kg (se calcula multiplicando el volumen por la densidad en estado líquido).
- El “%min. GLP” es el porcentaje mínimo de GLP que se desea que exista en el tanque, para el caso el valor es de 20%.
- El “%máx. GLP” es el porcentaje máximo de GLP que por normativa se puede llenar el tanque y para encontrar este valor debemos primero

seleccionar la capacidad del tanque de GLP y luego ingresar a las tablas indicadas en la NTP 321.123.

El "Consumo diario del sistema de GLP" en Kg/día

4.2.5 Velocidad de circulación del GLP

Es éste uno de los puntos más discutidos y difíciles de concretar, habiendo encontrado diversidad de cifras indicativas de la velocidad máxima a que debe circular el gas. Usaremos las formulas indicadas por J. L. Lorenzo Becco.²

Si para líquidos (agua, por ejemplo) la cifra está concretada alrededor de 1 m/s, no debiendo ser muy lenta la velocidad para evitar el depósito de sedimentos ni demasiado rápida para que no produzca el temible «golpe de ariete» al cerrar bruscamente una llave de paso (dada la poca compresibilidad de los líquidos) y evitar los ruidos y turbulencias, en los gases que si son compresibles, la cifra puede ser más alta, aunque con un cierto límite para evitar aquellos y quizá otros inconvenientes.

Las fórmulas sencillas que ligan la sección de la tubería y, por tanto, su diámetro, con el caudal de gas a transportar y la velocidad que resulta, son:

$$- \text{Velocidad del gas : } V \frac{\text{m}}{\text{h}} = \frac{\text{Caudal } \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{\text{Sección } \text{m}^2}$$

² J. L. Lorenzo Becco. Los GLP Los gases licuados de petróleo. Pág. 302, 303 y 305.

y de aquí: Velocidad en m/s : $V \frac{m}{h} = 3,600 \frac{s}{h}$

–Sección de la tubería S (m²): $\frac{\pi D^2}{4}$ (para D en m)

Como, lógicamente, la presión de circulación es mayor que la atmosférica, el gas está comprimido y circulará un menor volumen real que el teórico o «standard».

La temperatura también influirá si es diferente a la de referencia: 15° C aunque con mucha menor incidencia.

Así, la masa específica m_0 en condiciones «standard» se transformará en una masa específica m_1 en las condiciones reales de presión absoluta H_1 y temperatura t° C, según:

$$m_1 = m_0 \cdot \frac{H_1}{H_0} \cdot \frac{T_0}{T} \quad (a)$$

Donde:

m_1 : masa específica (kg/m³) del gas a la presión absoluta: H_1 y temperatura absoluta $T=273+t$.

m_0 : masa específica del gas en las condiciones de referencia («standard» en este caso).

H_0 : presión atmosférica.

T_0 : temperatura absoluta de referencia (273 + 15 = 288° K).

T : Temperatura absoluta del gas (273+t).

La fórmula general de la velocidad del gas en un conducto:

$$V \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{Q \cdot H_0 \cdot T}{3,600 \text{ s} \cdot H_1 \cdot T_0}$$

Donde:

Q : caudal de gas en condiciones «standard» (15° C y 760 mm Hg) (m³(st)/h).

H₀ : presión atmosférica: 1,033 kg_f/cm².

T : temperatura absoluta del gas: 273+t°K (con t en °C).

S : sección de la tubería (m²).

H₁ : presión absoluta del gas (kg_f/cm²). (H₀ y H₁ pueden venir en cualquiera de las unidades de presión, pero ambas en la misma unidad, lógicamente).

T₀ : temperatura absoluta de referencia: 273+15=288° K.

Ahora bien, la (B) la podemos simplificar, si hacemos:

$$H_0 = 1.033 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$$

$$T = 273 + t$$

$$S(\text{m}^2) = (3.1416 \times D^2) / 4$$

$$T_0 = 288^\circ \text{ K}$$

Quedando de la forma:

$$V \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{Q(273 + t)(1.033 \times 4)}{H_1 \times 3,600 \times 3.1416 \times D^2 \times 288}$$

$$= 0.0000013 \frac{Q(273 + t)}{D^2 H_1} \quad \text{con D en m, y:}$$

$$V \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{1.3Q(273 + t)}{D^2 H_1}$$

Con D en mm y las demás unidades, igual que en (B).

Al dar a la temperatura t ($^{\circ}\text{C}$), valores determinados, podremos simplificar la (C), según la tabla 4,2.

Tabla 4,2

FÓRMULA DE VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN DE GAS PARA DIVERSAS TEMPERATURAS

Para t (°C):	Valor de U (m/s):
0	$354.9 \frac{Q}{D^2 H_1}$
5	$361.4 \frac{Q}{D^2 H_1}$
10	$367.9 \frac{Q}{D^2 H_1}$
15	$374.4 \frac{Q}{D^2 H_1}$
20	$380.9 \frac{Q}{D^2 H_1}$

4.3 UBICACIÓN DE LOS TANQUES DE GLP

4.3.1 Normativa vigente

La Norma Técnica Peruana (NTP) aplicable para la ubicación del tanque de GLP es la NTP 321.123, el título de esta norma es:

GAS LICUADO DE PETRÓLEO. Instalaciones para Consumidores Directos y Redes de Distribución, tercera edición, publicado el 22 de agosto del 2012.

4.3.2 Criterios para selección de la ubicación del tanque de GLP de superficie

Estos criterios están descritos en la NTP 321.123, mencionaremos los aplicables al informe, para ello se mencionaran como referencia los apartados que indica la norma.

Apartado 5.1.1 Los tanques estacionarios serán diseñados, fabricados y probados de acuerdo a Norma Técnica peruana o de acuerdo al Código ASME Sección VIII.

Apartado 5.1.4. La máxima presión de trabajo permisible (MAWP) para los tanques que almacenan GLP será de 1.7 MPa manométrica (250 psig).

Apartado 6.1.1. Los tanques deberán ser ubicados en el exterior de los edificios perfectamente nivelados, sin techo y con un espacio libre de al menos 50% del perímetro.

Apartado 6.1.2. Los tanques ubicados en el exterior de los edificios deberán ubicarse con respecto al tanque más cercano, edificio importante, grupo de edificios o líneas de propiedad adyacente sobre la cual se pueda construir, de acuerdo a la tabla 4,3 y tabla 4,4.

Apartado 6.4.11 b). Los tanques de GLP instalados en los techos deberán poseer una capacidad de agua de 7.57 m^3 (2000 galones) o menor.

Apartado 6.4.11 c). La capacidad de agua agregada de los tanques de GLP instalados en el techo o terraza de un edificio no podrá ser mayor a

15.14 m³ (4000 galones) en una ubicación. Instalaciones adicionales en el mismo techo o terraza deberán ubicarse al menos 15 m (50 pies) aparte.

TABLA 4,3
DISTANCIAS DE SEPARACIÓN ENTRE TANQUES, EDIFICIOS IMPORTANTES Y OTRAS PROPIEDADES

Capacidad de agua del tanque de almacenaje de GLP		Distancias mínimas (*)		
		Tanques en Superficie ^(b) y en Techos	Tanques Enterrados o Monticulados	Entre tanques contiguos (m)
m ³	gal	m	m	
<0.47 ^(d)	<125 ^(d)	0 ^(d)	3	0
0.47 – 0.95	125 – 250	3	3	0
>0.95 – 1.89	251 – 500	3	3	1
>1.89 – 3.78	501 – 1,000	5 ^(c)	3	1
>3.78 – 7.57	1,001 – 2,000	7.6 ^(c)	3	1
>7.57 – 113.56	2,001 – 30,000	15	15	1.5
>113.56 – 264.97	30,001 – 70,000	23	15	¼ de la suma de los diámetro de los tanques adyacentes
>264.97 – 340.68	70,001 – 90,000	30	15	
>340.68 – 454.24	90,001 – 120,000	38	15	
>454.24 – 757.08	120,001 – 200,000	61	15	
>757.08 – 3,785.41	200,001 – 1,000,000	91	15	
>3,785.41	>1,000,000	122	15	

Tabla 4,4

DISTANCIAS DE SEPARACIÓN ENTRE VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN DE
TANQUES Y ABERTURAS DE EDIFICIOS

Tipo de tanque	Intercambio o llenado directo	Distancia horizontal desde la descarga de la válvula de seguridad a la abertura por debajo de la descarga		Descarga desde la válvula de seguridad, descarga de venteo, y conexión de llenado, a la fuente externa de ignición, aberturas de aparatos de venteo directo, tomas de aire para ventilación mecánica	
		m	pie	m	Pie
ASME	Llenado Directo	1.5	5	3.0	10

Apartado 6.4.11 m). Los tanques den ubicarse en áreas donde exista libre circulación de aire; al menos a 3 m (10 pies) de aberturas de edificios (tales como ventanas y puertas) a nivel o por debajo del nivel de la válvula de seguridad del tanque, y al menos a 6.1 m (20 pies) de entradas (succión) de sistemas de ventilación mecánica y aire acondicionado, medido según la trayectoria del GLP. Según la figura 4,4.

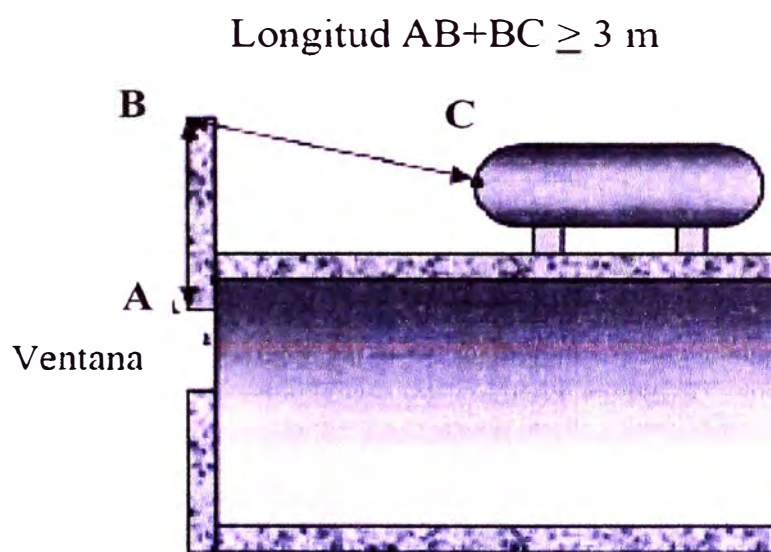
Apartado 6.21.3. No deberán ser instalados o usadas llamas abiertas, herramientas de corte o soldadura, herramientas eléctricas y extensiones de luz que podrían ser capaces de provocar ignición de GLP dentro de las áreas clasificadas especificadas, que indica que la distancia mínima es 4.6 m.

4.3.3 Aspectos de seguridad

Según el apartado 6.4.10.4, de la NTP 321.123, los tanques ubicados en establecimientos comerciales donde exista circulación permanente de

personas deberán estar protegidos mediante elementos de seguridad que impidan la manipulación de las válvulas por acción de terceros.

Según el apartado 6.4.11, de la NTP 321.123, la instalación de los tanques sobre los techos deberá ser de conocimiento del Cuerpo General de Bomberos de la localidad.



DISTANCIA DE TANQUES A DUCTOS O ABERTURAS (INSTALACIONES EN TECHOS)
Figura 4,4

4.4 EQUIPOS Y MATERIALES EMPLEADOS EN UNA INSTALACIÓN DE GLP

4.4.1 Tanque de GLP

Son recipientes destinados a contener GLP en estado líquido, bajo presión, para su almacenamiento y consumo. Pueden ser fijos o móviles según se instalen. Ver figura 4,5.

Características Generales:

- Diseñados y fabricados de acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 321.123 o de acuerdo al código ASME Sección VIII, división 1.
- Presión de diseño 1.7 MPa.
- Presión de prueba hidrostática 2.23 MPa .
- El tanque tendrá una placa grabada con los datos referidos a la fecha de construcción, fabricante, norma de fabricación, dimensiones, uso, capacidad, pruebas y certificación ASME.

Accesorios e Instrumentos:

- Medidor de volumen.
- Una Copla NPT Ø 1 ¼" Para Válvula de seguridad. 8685G Rego.
- Una Copla NPT Ø 1 ¼" Para Válvula de llenado. 7579 Rego.
- Una Copla NPT Ø ¾" Para Multiválvula. 7556 Rego. Con dos manómetros de 0-300 PSI.
- Brida para medidor de volumen.
- Una Copla NPT Ø ¾" Para Válvula de drenaje. 7590 Rego.
- Una Copla NPT Ø 1 ¼" Para Válvula de exceso de flujo 3282C Rego.
- Cuatro Patas de apoyo al piso y Dos orejas de izaje.

4.4.2 Materiales empleados en el sistema de la red de GLP

Los materiales empleados en el armado de la red de tuberías de cobre están descritos en el manual de Pro cobre referido en el anexo 4 del presente informe.

Las tuberías de cobre son de tipo L y su norma de fabricación es la Norma ASTM B-88, los diversos accesorios de la tubería (uniones, codos, tees, etc.), también se encuentran descritos en el manual de Pro cobre.

También se encuentran en el manual de Pro cobre todo lo relacionada a los aspectos técnicos referidos al armado de las tuberías, accesorios para el sostenimiento, diversas técnicas de soldadura con varillas de plata, como la capilaridad, que es el método con el que se unen las tuberías y accesorios de cobre.

4.4.3 Otros equipos

4.4.3.1 Reguladores

Es un dispositivo que permite reducir (de forma automática) la presión de entrada de un gas, que puede variar, a una menor (de salida o "regulada") pero constante, aguas abajo del punto donde está instalado, manteniéndola dentro de unos límites establecidos para un rango de caudal determinado. Pueden ser fijos o ajustables (refiriéndose a la presión de salida), ver figura 4,6. Para determinar las dimensiones correctas se determina la carga total de la instalación requerida para la alimentación y luego se selecciona además por el rango de presión de salida requerido.

4.4.3.2 Medidores de GLP

Los medidores de GLP permiten registrar el consumo de cada local para la facturación mensual, estos se eligen de acuerdo a la presión de trabajo de la red de acometida que alimentan y de la capacidad del caudal. Figura 4,7

4.4.3.3 Válvulas de alivio de presión

La válvula de alivio de presión se instala a la salida del regulador como se ve en la figura 4,8, su función es el de aliviar la presión de la línea en caso falle el regulador.



TANQUE DE GLP
Figura 4,5



REGULADOR DE PRESIÓN DE GLP
Figura 4,6



MEDIDORES DE GLP
Figura 4,7



VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN
Figura 4,8

4.5 CÁLCULO DE LA RED DE GLP

4.5.1 Normativas vigentes

Las Normas Técnicas Peruanas vigentes que se aplicarán al cálculo de la red de GLP son:

NTP 321.123, GAS LICUADO DE PETRÓLEO. Instalaciones para Consumidores Directos y Redes de Distribución.

NTP 321.121, INSTALACIONES INTERNAS DE GLP PARA CONSUMIDORES DIRECTOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN.

NTP 321.120, PRESIONES DE OPERACIÓN ADMISIBLES PARA INSTALACIONES INTERNAS DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO.

En el anexo 2 del apéndice incluimos la NTP 321.120.

4.5.2 Fórmulas para el cálculo de la red de GLP

La presión del gas en el origen o inicio de una tubería decae o pierde valor conforme avanza por efecto de una caída o pérdida de presión que se conoce como «pérdida de carga». Para conocer el valor de esta pérdida, con el fin de saber si la presión con que llega el gas al extremo o final de la tubería donde suponemos está el aparato de consumo es suficiente o no.

Las fórmulas que se emplean para calcular las pérdidas de carga y que utilizaremos son las fórmulas de RENOARD, su aplicación y condiciones de uso están registradas en la obra de J. L. Lorenzo Becco³ y son válidas si se cumplen las condiciones siguientes:

1) El cociente Q/D sea menor de 150, siendo Q el caudal transportado en m^3/h (a $15^\circ C$ y presión atmosférica) y D el diámetro interior real de la tubería en mm. (Así, a título de ejemplo, para una tubería de $\varnothing 2''$ (real de 53 mm. int.) las fórmulas que exponemos servirán si el caudal es igual o menor a $53 \times 150 = 7.950 m^3/h$.

2) El llamado «número de Reynolds» dado por: $R = T \cdot (Q/D)$ • en donde

$$T = 72,000 \text{ para propano}$$

$$Q = \text{caudal de } m^3/h$$

³ J. L. Lorenzo Becco. Los GLP Los gases licuados de petróleo. Pág. 285.

D = diámetro en mm.

Sea igual o inferior a $2 \cdot 10^6 = 2.000.000$.

Dichas fórmulas de RENOUARD para la determinación de pérdidas de carga son:

- Para presiones MEDIAS y ALTAS (de 0,05 a más de 4 bar):

$$p_A^2 - p_B^2 = 48.600 \cdot d_s \cdot L \cdot \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}} \quad \text{a)}$$

- Para presiones BAJAS (hasta 0,05 bar):

$$P_A - P_B = 232.000.000 \cdot d_s \cdot L \cdot \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}} \quad \text{b)}$$

El valor de R se puede expresar también por la fórmula:

$$R = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (V, \text{ velocidad; } D, \text{ diámetro, y } \nu, \text{ viscosidad cinemática)}$$

Siendo: En la fórmula a):

$P_A - P_B$: presiones absolutas (la relativa o de manómetro más 1 bar de la atmosférica, o 1,033 bar para ser más exactos) en bar, en el origen y el extremo, respectivamente, del tramo de tubería cuya pérdida de carga queremos hallar.

Obsérvese que dichas presiones están en esta fórmula elevadas al cuadrado y que, por tanto, lo que da la misma es la diferencia de los cuadrados de esas presiones.

En la fórmula b):

$P_A - P_B$: presiones expresadas en mm. c.a. También para el origen y el extremo, respectivamente. Su diferencia es, precisamente, el valor buscado de pérdidas de carga o diferencia de presiones.

Para ambas fórmulas:

d_s : densidad ficticia o aparente que es un valor que depende de la densidad relativa (aire = 1) del gas que se trate y de la viscosidad y compresibilidad del mismo (**). Como valor de esta densidad ficticia la NTP 321.121 especifica un valor 1.26.

L: longitud del tramo en m. Que deberá ser la longitud equivalente que incluya las caídas de presión en los accesorios de la red de tuberías, para cálculos matemáticos se puede calcular la longitud equivalente como un 20% más que la longitud real del tramo.

Q: caudal en m^3/h (medido a $15^\circ C$ y 1 bar)

D: diámetro real, en mm, de la conducción.

CAPÍTULO V

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

5.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TANQUE DE GLP

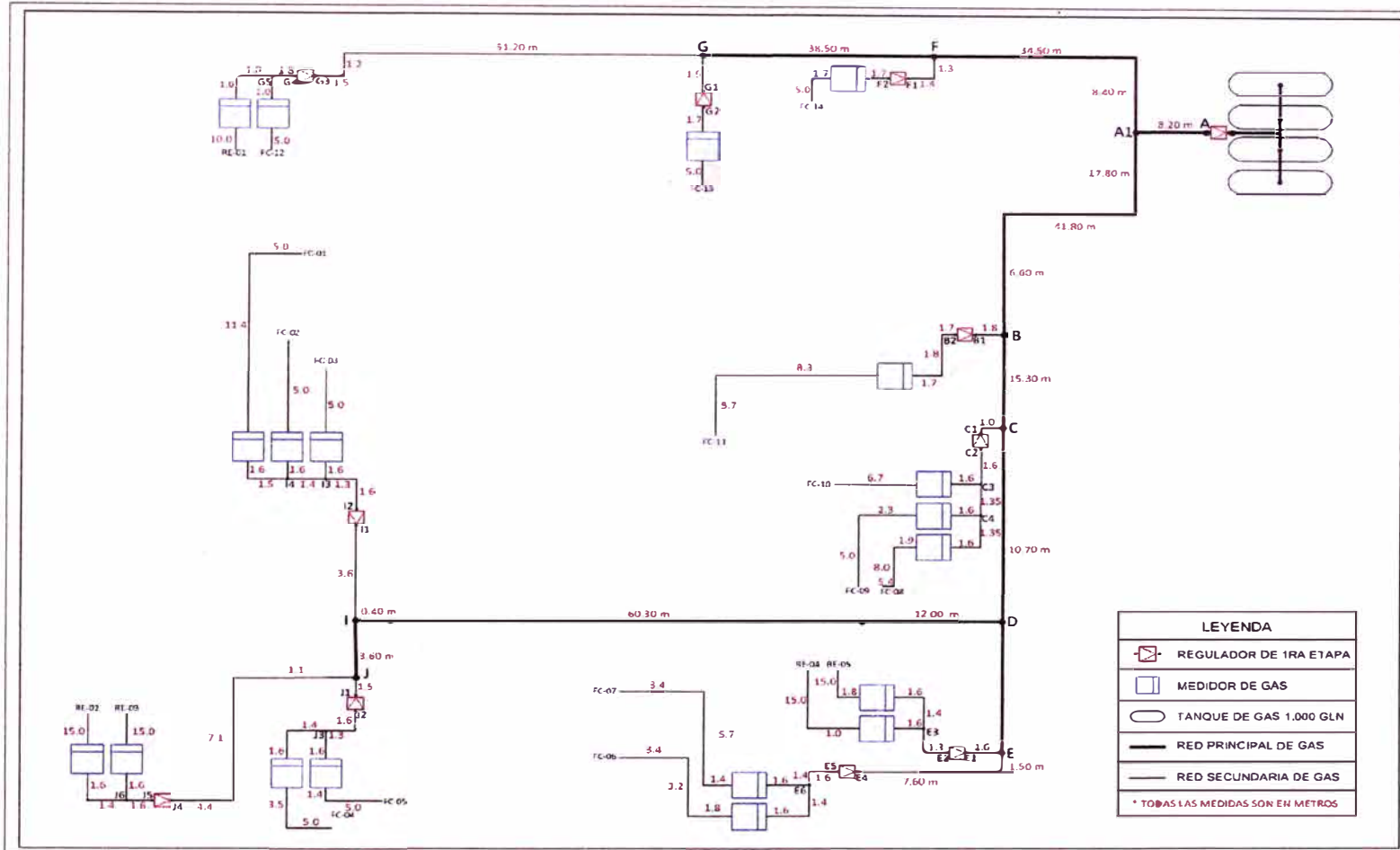
5.1.1. Cálculo del caudal de diseño

Para calcular el caudal Q en m^3/h , se dividen los valores de entrada, que son las potencias requeridas por cada local en el centro comercial en $kcal/hr$. (Indicados en la columna 2 de la tabla 3,1, página 30) entre el poder calorífico superior (PCS) del GLP ($22,265.0 kcal/m^3$), estos valores se registran en la columna 3 de la tabla 3,1.

Luego de obtener los consumos por cada usuario, calculamos el caudal de la red secundaria por tramos de acuerdo a lo indicado en el capítulo 4, numeral 4.2.3. La figura 5,1 y el plano esquemático N° 7 nos muestra el esquema distribución de la red planteada.

Caudal para el tramo (I – I₁): Este tramo recibe los consumos de los locales FC-01 ($2.54 m^3/h$), FC-02 ($2.90 m^3/h$) y FC-03 ($0.32 m^3/h$), según lo indicado en la tabla 5,1, siendo $FC-02 > FC-01 > FC-03$.

Luego el caudal de la red secundaria será igual a:



DISTRIBUCIÓN ESQUEMÁTICA DE REDES DE GLP EN EL CENTRO COMERCIAL

Figura 5,1

Suma de los consumos de los locales FC-01 y FC-02 que los dos mayores consumos de esa red, agregando la mitad del consumo del local FC-03.

Tabla 5,1

CONSUMO EN m³/h, POR TRAMOS DE RED DE ACOMETIDA

Tramo	Tipo de Red	Longitud (m)	Q (m ³ /hora)
B2 - FC11	Red de acometida	19,20	2,94
C2 - C3	Red de acometida	1,60	11,32
C3 - FC10	Red de acometida	8,30	3,62
C3 - C4	Red de acometida	1,35	9,51
C4 - FC09	Red de acometida	8,90	5,89
C4 - FC08	Red de acometida	18,25	3,62
E2 - E3	Red de acometida	1,30	4,26
E3 - RE04	Red de acometida	17,60	2,90
E3 - RE05	Red de acometida	19,80	1,36
E5 - E6	Red de acometida	3,00	4,98
E6 - FC07	Red de acometida	12,10	2,26
E6 - FC06	Red de acometida	11,40	2,72
F2 - FC14	Red de acometida	8,40	2,58
G2 - FC13	Red de acometida	6,70	1,95
G4 - G5	Red de acometida	1,80	5,93
G5 - FC12	Red de acometida	6,00	1,81
G5 - RE01	Red de acometida	12,00	4,12
I2 - I3	Red de acometida	2,90	5,60
I3 - FC03	Red de acometida	6,60	0,32
I3 - I4	Red de acometida	1,40	5,43
I4 - FC02	Red de acometida	6,60	2,90
I4 - FC01	Red de acometida	19,50	2,54
J2 - J3	Red de acometida	2,90	4,46
J3 - FC05	Red de acometida	8,00	4,07
J3 - FC04	Red de acometida	11,50	0,39
J5 - J6	Red de acometida	1,60	6,24
J6 - RE03	Red de acometida	16,60	2,17
J6 - RE02	Red de acometida	18,00	4,07

$$Q(I - I_1) = 2.90 + 2.54 + \frac{1}{2} (0.32) = 5.60 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siguiendo el mismo procedimiento se calcula el consumo para los demás tramos de redes secundarias.

$$Q(J - J_1) = 4.07 + 0.39 = 4.46 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q(J - J_4) = 4.07 + 2.17 = 6.24 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q(E - E_1) = 2.90 + 1.36 = 4.26 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q(E - E_4) = 2.72 + 2.26 = 4.98 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q(C - C_1) = 5.89 + 3.62 + \frac{1}{2} (3.62) = 11.32 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q(B - B_1) = 2.94 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q(F - F_1) = 2.58 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q(G - G_1) = 1.95 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q(G - G_3) = 4.12 + 1.81 = 5.93 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calculamos a continuación, los caudales de la red primaria:

$$Q(I - J) = Q(J - J_1) + Q(J - J_4)$$

$$Q(I - J) = 4.46 + 6.24 = 10.70 \text{ m}^3/\text{h}$$

El caudal del tramo (D - I), será igual a la suma de los caudales de la red primaria (I - J) y la red secundaria (I - I1).

$$Q(D - I) = 10.70 + 5.60 = 16.30 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siguiendo el mismo procedimiento se calcula el consumo para los demás tramos de redes primarias.

$$Q (D - E) = Q (E - E_1) + Q (E - E_4) = 4.26 + 4.98 = 9.24 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q (C - D) = Q (D - E) + Q (D - I) = 9.24 + 16.30 = 25.54 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q (B - C) = Q (C - D) + Q (C - C_1) = 25.24 + 11.32 = 36.56 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q (A_1 - B) = Q (B - C) + Q (B - B_1) = 36.56 + 2.94 = 39.50 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q (F - G) = Q (G - G_1) + Q (G - G_3) = 1.95 + 5.93 = 7.88 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q (A_1 - F) = Q (F - G) + Q (F - F_1) = 7.88 + 2.58 = 10.46 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calculo del caudal de la red principal:

$$Q (A - A_1) = Q (A_1 - B) + Q (A_1 - F) = 39.50 + 10.46 = 49.96 \text{ m}^3/\text{h}$$

También obtenemos el caudal en kg/h multiplicando el valor encontrado por la densidad del GLP en fase gaseosa (2,095 kg/ m³).

$$Q (A - A_1) = 49.96 \text{ m}^3/\text{h} * 2,095 \text{ kg/ m}^3 = 104.66 \text{ kg/ h}$$

En la tabla 5,2 se muestran los caudales por tramos de red principal, red primaria y red secundaria.

Tabla 5,2

CONSUMO EN m³/h, POR TRAMOS DE RED PRIMARIA Y SECUNDARIA

Tramo	Tipo de Red	Longitud (m)	Q (m ³ /hora)
A - A1	Red principal	8,20	49,96
A1 - B	Red primaria	66,20	39,50
B - C	Red primaria	15,30	36,56
B - B1	Red secundaria	0,80	2,94
C - D	Red primaria	10,70	25,54
C - C1	Red secundaria	1,00	11,32
D - E	Red primaria	11,20	9,24
E - E1	Red secundaria	0,60	4,26
E - E4	Red secundaria	8,10	4,98
D - I	Red primaria	72,70	16,30
I - I1	Red secundaria	3,60	5,60
I - J	Red primaria	3,60	10,70
J - J1	Red secundaria	0,50	4,46
J - J4	Red secundaria	12,60	6,24
A1 - F	Red primaria	42,90	10,46
F - G	Red primaria	38,50	7,88
F - F1	Red secundaria	0,70	2,58
G - G1	Red secundaria	1,90	1,95
G - G3	Red secundaria	51,90	5,93

5.1.2. Cálculo de capacidad de tanque de GLP

La capacidad del tanque o de los tanques de GLP, será igual a aquel que nos suministre un caudal igual o mayor al caudal de la red principal 49.96 m³/h (104.66 kg/h), cuando el tanque se encuentre a 20% de contenido de GLP en fase líquida.

Empleando la fórmula de vaporización natural de los tanques de GLP, indicado en el capítulo 4, numeral 4.2.5.2, encontraremos el área requerida del tanque de GLP.

Datos de entrada:

$Q_v =$ caudal másico de vaporización en kg/h, requerido = $Q = 104.66$ kg/h

$P =$ al 20%, se toma: $a = 0,336$

$Q = 0,014$ kW/m²°C

$T_e = 15^\circ$ C

$T_g = -26^\circ$ C a la presión de salida del regulador de 1.2 bar.

CLV = 0,11 kWh/kg (94 kcal/kg)

Reemplazando valores, determinamos el valor área del tanque de GLP en m².

$$104.66 = 0.336 * S * 0.014 * \frac{(15 - (-26))}{0.11}$$

$S = 59.69$ m².

Con el valor del área requerido del tanque de GLP, ubicamos dentro de las capacidades de tanques comerciales existentes en el mercado, cuál de ellos cumple el requerimiento.

En la tabla 5,3, se muestran las capacidades de alguno de los tanques comerciales con sus respectivos datos de volumen, área, longitud, diámetro y otros. Estos tanques son de fabricación nacional o son importados, en ambos casos los tanques tienen en los extremos cabezas semiesféricas.

Por el área del tanque de GLP requerida para la vaporización, la solución aparente es emplear un tanque de 30.28 m³ (8000 galones) que como vemos en la tabla 5,3, tiene un área de 64.76 m².

Verificamos si la solución planteada cumple con lo que la Norma Técnica Peruana Consideraciones normativas:

La norma NTP 321.123 en el apartado 6.4.11 en el inciso b) indica que los tanques de GLP instalados en techos deberán poseer una capacidad de agua de 7.57 m³ (2000 galones) o menor. Además en el inciso c) indica que la capacidad de agua agregada de los tanques de GLP instalados en el techo o terraza de un edificio no podrá ser mayor a 15.14 m³ (4000 galones) en una ubicación. Instalaciones adicionales en el mismo techo o terraza deberán ubicarse al menos 15 m (50 pies) aparte.

Tabla 5,3

CAPACIDADES NOMINALES DE TANQUES DE GLP EN EL MERCADO

Capacida de Tanques de GLP		Tipo de tanque	Longitud de tanque	Diámetro de tapas	Área tanque	Condición en el mercado
m3	Galones					
1,89	500	Cabezas semiesféricas	3.00	0.9	11.02	En stock
3,79	1000	Cabezas semiesféricas	4.85	1.00	15.39	En stock
7,57	2000	Cabezas semiesféricas	4.78	1.50	22.53	Se fabrican a la medida
15,14	4000	Cabezas semiesféricas	9.05	1.50	42.64	Se fabrican a la medida
22,71	6000	Cabezas semiesféricas	9.52	1.80	53.85	Se fabrican a la medida
30,28	8000,00	Cabezas semiesféricas	10.30	2.00	64.76	Se fabrican a la medida

Además si cumple con la solicitud del centro comercial, que es el de tener una única zona de tanques por temas de control y seguridad, por lo tanto esta opción no cumple con los requisitos del proyecto.

Por normativa no es posible instalar un tanque de 30.28 m³ (8000 galones).

La normativa nos permite instalar como máximo tanques cuya suma de volumen no sea superior a 15.14 m³ (4000 galones), la solución se puede plantear empleando 2 tanques de 7.57 m³ (2000 galones), 4 tanques de 3.79 m³ (1000 galones) y 8 tanques de 1.89 m³ (500 galones).

Analizamos la primera opción, la de emplear dos tanques de 7.57 m³ (2000 galones) de capacidad cada uno. La capacidad de vaporización de este tanque es de:

$$Q_v = 0.336 * 22.53 * 0.014 * \frac{(15 - (-26))}{0.11} = 39.50 \text{ kg/h}$$

Para cumplir con el requerimiento de consumo se requerirán:

Cantidad de tanques de 7.57 m³ = (104.66 kg/h) / (39.50 kg/h) = 2.64 tanques.

Esta opción no cumple la normativa, porque como máximo podemos instalar dos tanques de 7.57 m³ (2000 galones) de capacidad en una sola zona de tanques.

Analizamos la segunda opción que es el de emplear cuatro tanques cuyo volumen es de 3.79 m³ (1000 galones) de capacidad cada uno. La capacidad de vaporización de estos tanques es:

$$Q_v = 0.336 * 15.39 * 0.014 * \frac{(15 - (-26))}{0.11} = 26.98 \text{ kg/h}$$

Para cumplir con el requerimiento de consumo se requerirán:

Cantidad de tanques de 3.79 m³ (1000 galones) = (104.66 kg/h) / (26.98 kg/h) = 3.88 tanques.

Esta opción si cumple con el requerimiento de vaporización (instalando cuatro tanques), la NTP 321.123 al tener como máximo tanques cuya suma de volumen no sea superior a 15.14 m³ (4000 galones) y la solicitud de tener una única zona de tanques.

Analizamos la tercera opción que es el de emplear ocho tanques cuyo volumen es de 1.89 m³ (500 galones) de capacidad cada uno. La capacidad de vaporización de estos tanques es:

$$Q_v = 0.336 * 11.02 * 0.014 * \frac{(15 - (-26))}{0.11} = 19.32 \text{ kg/h}$$

Para cumplir con el requerimiento de consumo se requerirán:

Cantidad de tanques de 3.79 m³ (1000 galones) = (104.66 kg/h) / (19.32 kg/h) = 5.41 tanques.

Esta opción también cumple con el requerimiento de vaporización (instalando seis tanques), la NTP 321.123 al tener como máximo tanques cuya suma de volumen no sea superior a 15.14 m³ (4000 galones) y la solicitud de tener una única zona de tanques.

De las dos soluciones encontradas, la opción elegida para el proyecto es el de emplear 4 tanques de 3.79 m³ (1000 galones), la capacidad total

instalada será de 15.16 m³ (4000) galones. La vaporización total de los cuatro tanques de 3.79 m³ (1000 galones) de capacidad, es de 107.92 kg/h.

Las razones por las que se elige esta opción es porque cuatro tanques de 1000 galones ocupan menos área en la zona de tanques, debido a que por normativa NTP 321.123 entre tanques de gas debe existir una separación mínima y a mayor cantidad de tanques mayor distancia requerida. La otra razón es que a mayor cantidad de tanques el riesgo aumenta debido a la mayor cantidad de conexiones necesarias.

5.1.3. Cálculo de la autonomía del tanque de GLP

Para el cálculo de la autonomía se aplicará la fórmula indicada en el capítulo 4 numeral 4.2.4.4.

Datos de entrada:

Consumo en m³/h = 49.96 m³/h

Horas de trabajo de los equipos por día = 6 horas

Capacidad total de tanques instalado en m³ = 15.16 m³

% máximo de llenado para un tanque de 1000 galones = 80%. (Según NTP 321.123).

% mínimo de llenado de tanques = 20%

Densidad en fase vapor = 2.095 kg/m³

Densidad en fase líquido = 538 kg/m³

Por tanto la autonomía del sistema propuesto será de:

$$A = \frac{(15.16) (80\% - 20\%) (538)}{(49.96 * 6) (2.095)} = 7.79 \text{ días.}$$

- 5.1.4. Comprobación de que la capacidad seleccionada de tanque, cumple con los requisitos del centro comercial

La selección de los 4 tanques de 3.79 m³ (1000 galones) cada uno de capacidad, cumple el requerimiento de entregar el caudal necesario para la operación de los locales que requerirán GLP en el centro comercial. Asimismo cumple con la normativa vigente NTP 321.121.

La autonomía calculada es de 7.79 días para el reabastecimiento del GLP en los tanques; este valor cumple con el requisito inicial solicitado, que es el de operar el sistema con una autonomía mínima de 7 días.

Por lo tanto se concluye que la capacidad seleccionada del tanque de GLP, cumple con los requisitos solicitados.

5.2. UBICACIÓN DEL TANQUE DE GLP EN EL CENTRO COMERCIAL

Seleccionado la cantidad y capacidad de tanques a instalar en el proyecto, procederemos a plantear la ubicación de los tanques de gas.

- 5.2.1. Análisis de ubicación de tanque según Norma Técnica Peruana

En el capítulo 4, numeral 4.2, se mencionan los criterios que se emplearán en la ubicación de los tanques de GLP, estos criterios están referidos a la norma NTP 321.123, en el Plano N° 5 se muestra la zona de tanques cumpliendo los requisitos de la norma.

5.2.2. Consideraciones de seguridad

La instalación de los tanques sobre techos de edificios deberá ser de conocimiento del cuerpo General de Bomberos de la localidad. La instalación deberá cumplir con lo siguiente:

1. Los edificios deberán cumplir con el Reglamento Nacional de Edificaciones.
2. Los tanques de GLP instalados en techos deberán poseer una capacidad de agua de 7,57 m³ (2 000 gal) o menor.
3. La capacidad de agua agregada de los tanques de GLP no podrá ser mayor a 15,14 m³ (4000 gal). Instalaciones adicionales en el mismo techo o terraza deberán ubicarse al menos 15 m (50 pies) aparte.
4. Un tanque instalado en el techo de un edificio siempre deberá ser llenado por dos operadores, uno en los controles del vehículo que suministra el GLP y el otro en los controles del tanque.
5. Los tanques solo podrán instalarse en ubicaciones exteriores.
6. Cuando se requiera una línea de llenado hasta el tanque, ésta deberá ubicarse completamente externa al edificio.
7. La conexión de llenado, deberá ubicarse enteramente externa al edificio y quedando a la vista.
8. La conexión de llenado deberá contar con una caja de protección metálica con llave, a la cual solo podrá tener acceso personal autorizado.

9. Los tanques deberán ubicarse sobre una superficie nivelada.

10. Deberán asegurarse a la estructura del edificio.

11. Los soportes del tanque deberán estar diseñados para los mismos criterios sísmicos que el edificio.

12. El techo donde se ubique el tanque deberá ser capaz de soportar el peso del tanque lleno de agua con los márgenes de seguridad requeridos por los reglamentos locales. Se deberá contar con un documento de Garantía Estructural emitida por un Ingeniero Civil.

13. Los tanques deben ubicarse en áreas donde exista libre circulación de aire; al menos a 3m (10 pies) de aberturas de edificios (tales como ventanas y puertas) a nivel o por debajo del nivel de la válvula de seguridad del tanque, y al menos a 6.1 m (20 pies) de entradas (succión) de sistemas de ventilación mecánica y aire acondicionado, medido según la trayectoria del GLP.

5.2.3. Comprobación de que la ubicación del tanque de GLP cumple con la Norma vigente

La ubicación de los tanques según se indica en el Plano N° 5 cumple con la Norma vigente NTP 321.123.

5.3. CÁLCULO DE LA RED DE GLP PARA EL CENTRO COMERCIAL

5.3.1. Consideraciones de diseño para el cálculo de red de GLP

1. La tubería seleccionada y los accesorios serán de material cobre tipo L, los datos como los diámetros internos, caídas de presión y otros se encuentran especificados en el anexo 1, Manual de Tuberías Pro cobre.
2. Todos los accesorios deberán tener accesibilidad para facilitar la manipulación.
3. Según indica la NTP 321.121 en el capítulo 5 apartado 5.1, la máxima caída de presión cuando se utilicen reguladores de alta (el caso propuesto) y entre los reguladores de primera y segunda etapa, de un 50% de la presión manométrica inicial, siempre que la velocidad del gas sea inferior a 40 m/s.
4. La presión manométrica del GLP a la salida del regulador que alimenta la red de acometida será como máximo 0.4 bar, según se indica en la NTP 321.120 (ver anexo 2), en la figura 5,1 se indica el punto de referencia para la presión de ingreso.
5. La presión manométrica de salida en el regulador de primera etapa, luego de la alta presión en el punto A (P_A) según lo identificado en la figura N° 14, será regulada a 1.2414 bar.
6. La velocidad del gas para el proyecto será menor o igual a 7 m/s.
7. En el figura 5,1 de la página 67, se muestra el esquema de distribución de la red de GLP planteada. En el Plano N° 4 se muestra el recorrido de la misma ha sido coordinado con el centro comercial.

8. La presión atmosférica es de 1.013 bar.

5.3.2. Determinación de los diámetros de las tuberías de GLP para los diferentes ramales

Datos de ingreso:

1. Los caudales por tramos en redes de acometida, secundaria, primaria y principal están indicados en la tabla 5,2 y tabla 5,3.
2. Presión manométrica a la salida del regular de primera etapa (P_A): 1.2414 bar.
3. La longitud de cada tramo se indica en la tabla 5,2 y tabla 5,3.
4. Densidad aparente relativa GLP (D_s) = 1.26.

Calcularemos el diámetro del tramo principal A – A₁ de acuerdo a la metodología indicada en el Capítulo 4, aplicando la fórmula de Renouard:

$$p_A^2 - p_B^2 = 48.600 \cdot d_s \cdot L_e \cdot \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

Longitud de tramo A – A₁ = 8.20 m

L_e de tramo A – A₁ (20% adicional de L) = 9.84 m

$$Q_{A-A_1} = 49.96 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P_A \text{ absoluto} = 1.2414 \text{ bar} + 1.013 \text{ bar} = 2.2544 \text{ bar}$$

Asumimos para el cálculo un diámetro comercial de tubería de cobre de 26.035 mm (1 pulgada).

Calculamos según la siguiente fórmula:

$$P_{A_1}^2 = P_A^2 - 48.600 \cdot d_s \cdot L \cdot \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

$$P_{A_1}^2 = 2.2544^2 - 48.600 \cdot 1.26 \cdot 9,84 \cdot \frac{49.96^{1.82}}{26.035^{4.82}} = 5.1729 - 602.56 \cdot$$

$$0.0001856 = 4.9705$$

$$P_{A_1} \text{ absoluta} = 2.2295 \text{ bar}$$

$$P_{A_1} \text{ manométrica} = 2.2295 \text{ bar} - 1.013 \text{ bar} = 1.2165 \text{ bar}$$

$$\text{Caída de presión} = P_A \text{ manométrica} - P_{A_1} \text{ manométrica} = 1.2414 - 1.2165 = 0.0249 \text{ bar}$$

Calculamos la velocidad para el tramo A – A₁, de acuerdo a la fórmula indicada en el numeral 4.2.7.

$$V \text{ (m/s)} = 374.4 (Q/(D^2 \times H_1))$$

Datos de entrada:

$$\text{Temperatura promedio} = 15 \text{ °C}$$

$$Q_{A-A_1} = 49.96 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D_{A-A_1} = 26.035 \text{ mm}$$

$$H_1 = \text{Promedio de la presión absoluta del tramo en kg/cm}^2$$

Convertimos presiones en bar a kg/cm², multiplicando por 1.01976.

$$H_1 = ((P_{A_1} \text{ absoluta} + P_A \text{ absoluta}) \cdot 1.01976) / 2$$

$$H_1 = ((2.2544 + 2.2295) * 1.01976) / 2 = 2.2863 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando:

$$V \text{ (m/s) del tramo } A - A_1 = 374.4 (49.96 / (26.035^2 \times 2.2863)) = 12.07 \text{ m/s}$$

Este valor es superior a 7 m/s por tanto no es el adecuado. Se deberá escoger otro valor del diámetro mayor.

Se asume como segunda opción para el cálculo, un diámetro comercial de tubería de cobre de 38.227 mm (1 1/2 pulgada).

Calculamos para esta nueva opción la presión en el punto A_1 (P_{A_1})

$$p_{A_1}^2 = p_A^2 - 48.600 \cdot d_s \cdot L \cdot \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

$$P_{A_1}^2 = 2.2544^2 - 48.600 * 1.26 * 9,84 * \frac{49,96^{1.82}}{38.227^{4.82}} = 5.0648$$

$$P_{A_1} \text{ absoluta} = 2.2505 \text{ bar}$$

$$P_{A_1} \text{ manométrica} = 2.2505 \text{ bar} - 1.013 \text{ bar} = 1.2375 \text{ bar}$$

$$\text{Caída de presión} = P_A - P_{A_1} = 1.2414 - 1.2375 = 0.0039 \text{ bar}$$

Calculamos la velocidad para el tramo $A - A_1$, para el nuevo diámetro de la tubería seleccionada, de acuerdo a la fórmula indicada en el capítulo 4, numeral 4.2.7.

$$V \text{ (m/s)} = 374.4 (Q / (D^2 \times H_1))$$

Datos de entrada:

Temperatura promedio = 15 °C

$$Q_{A-A_1} = 49.96 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D_{A-A_1} = 38.227 \text{ mm}$$

$$H_1 = ((2.2544 + 2.2505) \cdot 1.01976) / 2 = 2.2970 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando:

$$V \text{ (m/s) del tramo A - A}_1 = 374.4 (49.96 / (38.227^2 \times 2.2970)) = 5.57 \text{ m/s}$$

Este valor es inferior a 7 m/s por tanto es aceptable, como se indica en el marco teórico. Al final luego de calcular matemáticamente toda la red, verificaremos si la suma de las caídas de presión no es mayor al 50% de la presión de salida del regulador de media presión (P_A).

Siguiendo el mismo procedimiento se calcula el siguiente tramo, tramo ($A_1 - B$). Asumimos para el cálculo de este tramo un diámetro comercial de tubería de cobre de 38.227 mm (1 1/2 pulgada).

Datos de entrada:

$$\text{Longitud de tramo } A_1 - B = 66.20 \text{ m}$$

$$L_e \text{ de tramo } A_1 - B \text{ (20\% adicional de L)} = 79.44 \text{ m}$$

$$Q_{A_1 - B} = 39.50 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P_{A_1} \text{ absoluto} = 2.2505 \text{ bar}$$

Calculamos según la siguiente fórmula:

$$P_B^2 = 2.2505^2 - 48.600 * 1.26 * 79.44 * \frac{39.50^{1.82}}{38.227^{4.82}} = 5.0630$$

$$P_B \text{ absoluta} = 2.2299 \text{ bar}$$

$$\text{Caída de presión tramo } A_1 - B = P_{A_1} - P_B = 0.0206 \text{ bar}$$

Calculamos la velocidad para el tramo $A_1 - B$,

$$V \text{ (m/s)} = 374.4 (Q/(D^2 \times H_1))$$

Datos de entrada:

$$\text{Temperatura promedio} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{A_1-B} = 39.50 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D_{A_1 - B} = 38.227 \text{ mm}$$

$$H_1 = ((2.2505 + 2.2299) * 1.01976) / 2 = 2.2845 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando:

$$V \text{ (m/s) del tramo } A_1 - B = 374.4 (39.50/(38.227^2 \times 2.2845)) = 4.43 \text{ m/s}$$

Este valor es inferior a 7 m/s por tanto es aceptable, como se indica en el marco teórico, al final verificaremos luego de calcular todas las caídas de presión, que la suma de estas caídas de presión no sean mayores al 50% de la presión de salida del regulador de media presión a la salida del tanque de GLP (1.2414 bar), punto A.

De igual forma calculamos para los otros tramos de la red primaria y secundaria, estos valores se muestran en la tabla 5.4.

De la tabla observamos que el acumulado de caída de presión manométrica en la red principal, red primaria y secundaria es de 11.61% y es inferior al valor indicado en la norma vigente (50%). Además se observa que el cálculo cumple con los requisitos derivados de la aplicación de la fórmula de Renouard según se indica en el numeral 4.5.2.

Tabla 5,4

CÁLCULO MATEMÁTICO DE LA RED PRIMARIA Y SECUNDARIA

Tramo	Longitud Real (m)	Longitud equivalente (m) Le	Q (m ³ /hora)	Diametro nominal tubería (pulg)	D (Diametro interior tubería (mm))	P _i absoluta (bar)	P _i manométrica (bar)	P _f abs (bar)	P _f manométrica (bar)	Var. P = P _{i rel} - P _{f rel} (bar)	% Acumulado = (P _{i rel} - P _{f rel}) / P _{i rel}	Q / D <150	R = T x Q / D <= 2 x 10 ⁶	P abs. media = (P _{i abs} - P _{f abs}) / 2 (bar)	P abs media (Kg/Cms ²)	Velocidad m/s
A - A1	8,20	9,84	49,96	1 1/2	38,227	2,2544	1,2414	2,2505	1,2375	0,0039	0,31%	1,307	94,099	2,2525	2,2970	5,57
A1 - B	66,20	79,44	39,50	1 1/2	38,227	2,2505	1,2375	2,2299	1,2169	0,0206	1,66%	1,033	74,398	2,2402	2,2845	4,43
B - C	15,30	18,36	36,56	1 1/2	38,227	2,2299	1,2169	2,2257	1,2127	0,0042	0,34%	0,956	68,860	2,2278	2,2718	4,12
B - B1	0,80	0,96	2,94	1/2	13,843	2,2299	1,2169	2,2296	1,2166	0,0003	0,02%	0,213	15,307	2,2298	2,2738	2,53
C - D	10,70	12,84	25,54	1	26,035	2,2257	1,2127	2,2160	1,2030	0,0097	0,78%	0,981	70,631	2,2209	2,2647	6,23
C - C1	1,00	1,20	11,32	1	26,035	2,2257	1,2127	2,2255	1,2125	0,0002	0,02%	0,435	31,303	2,2256	2,2696	2,75
D - E	11,20	13,44	9,24	3/4	19,939	2,2160	1,2030	2,2102	1,1972	0,0058	0,47%	0,463	33,352	2,2131	2,2568	3,85
E - E1	0,60	0,72	4,26	1/2	13,843	2,2102	1,1972	2,2098	1,1968	0,0004	0,03%	0,307	22,136	2,2100	2,2537	3,69
E - E4	8,10	9,72	4,98	1/2	13,843	2,2102	1,1972	2,2023	1,1893	0,0079	0,64%	0,360	25,904	2,2063	2,2498	4,32
D - I	72,70	87,24	16,30	1	26,035	2,2160	1,2030	2,1867	1,1737	0,0293	2,36%	0,626	45,088	2,2014	2,2448	4,01
I - I1	3,60	4,32	5,60	3/4	19,939	2,1867	1,1737	2,1859	1,1729	0,0008	0,06%	0,281	20,222	2,1863	2,2295	2,37
I - J	3,60	4,32	10,70	3/4	19,939	2,1867	1,1737	2,1842	1,1712	0,0025	0,20%	0,537	38,638	2,1855	2,2286	4,52
J - J1	0,50	0,60	4,46	1/2	13,843	2,1842	1,1712	2,1838	1,1708	0,0004	0,03%	0,322	23,219	2,1840	2,2272	3,92
J - J4	12,60	15,12	6,24	3/4	19,939	2,1842	1,1712	2,1810	1,1680	0,0032	0,26%	0,313	22,533	2,1826	2,2257	2,64
A1 - F	42,90	51,48	10,46	3/4	19,939	2,2505	1,2375	2,2230	1,2100	0,0275	2,22%	0,525	37,766	2,2368	2,2809	4,32
F - G	38,50	46,20	7,88	3/4	19,939	2,2230	1,2100	2,2081	1,1951	0,0149	1,20%	0,395	28,447	2,2156	2,2593	3,28
F - F1	0,70	0,84	2,58	1/2	13,843	2,2230	1,2100	2,2228	1,2098	0,0002	0,02%	0,186	13,423	2,2229	2,2668	2,22
G - G1	1,90	2,28	1,95	1/2	13,843	2,2081	1,1951	2,2078	1,1948	0,0003	0,02%	0,141	10,126	2,2080	2,2516	1,69
G - G3	51,90	62,28	5,93	3/4	19,939	2,2081	1,1951	2,1961	1,1831	0,0120	0,97%	0,297	21,417	2,2021	2,2456	2,49
Porcentaje de caída de presión aculudada											11,61%					

Luego de efectuado el cálculo matemático y verificado que cumple con los requisitos planteados, se procede a verificar recalculando nuevamente la red considerando la caída de presión en los accesorios de la red (codos, tees, válvulas, etc.). Para realizar el recalcu reemplazamos el valor de la longitud equivalente (L_e) que inicialmente se consideró como un 20% adicional de la longitud del tramo, por la caída real originada en los accesorios.

Recalcularemos el diámetro del tramo principal A – A₁, encontrando la longitud por caída de presión en accesorios, siendo para el cálculo:

$L_c = \text{Longitud del tramo (A – A}_1) + \text{Longitud por caída de presión en accesorios}$

Los valores de Longitud por caída de presión en accesorios se encuentran en la tabla 5,5, la longitud por caída de presión por accesorio se encuentra en el manual de Pro cobre, anexo 1, página 38.

Tabla 5,5

LONGITUD EQUIVALENTE POR CAÍDA DE PRESIÓN EN ACCESORIOS DE TUBERÍAS
DE COBRE

Ramal	Codos 90				Tee giro 90				Tee Paso Recto				Valvula				Longitud por caída presión en accesorios (m)
	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	
	0,75	0,90	1,20	2,15	1,20	1,50	1,80	3,05	0,25	0,27	0,40	0,60	0,15	0,20	0,25	0,40	
A - A1				4,30												0,40	4,70
A1 - B				4,30								0,60				0,40	5,30
B - C												1,20					1,20
C - D											0,40						0,40
D - E										0,27							0,27
D - I			4,80				1,80									0,25	6,85
I - J							1,80							0,20			2,00
A1 - F				2,15				3,05						0,20			5,40
F - G										0,27							0,27

Datos de ingreso:

L de tramo A – A₁ = 8.20 m

Caída de presión por accesorios en el tramo A – A₁ = 4.70 m

L_C real de tramo A – A₁ = 12.90 m

Q_{A-A1} = 49.96 m³/h

P_A absoluto = 1.2414 bar + 1.013 bar = 2.2544 bar

El diámetro comercial de tubería de cobre de 38.227 mm (1 1/2 pulgada)

$$P_{A1}^2 = P_A^2 - 48.600 \cdot d_s \cdot L \cdot \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

$$P_{A1}^2 = 2.2544^2 - 48.600 * 1.26 * 12.90 * \frac{49.96^{1.82}}{38.227^{4.82}}$$

$$P_{A_1} \text{ absoluta} = 2.2494 \text{ bar}$$

$$P_{A_1} \text{ manométrico} = 2.2494 \text{ bar} - 1.013 \text{ bar} = 1.2364 \text{ bar}$$

$$\text{Caída de presión} = P_A - P_{A_1} = 1.2414 - 1.2364 = 0.0050 \text{ bar}$$

Calculamos la velocidad para el tramo A – A₁ para el diámetro de 38.227 mm.

$$H_1 = ((2.2544 + 2.2494) * 1.01976) / 2 = 2.2964 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando:

$$V \text{ (m/s)} \text{ del tramo A – A}_1 = 374.4 (49.96 / (38.227^2 \times 2.2964)) = 5.57 \text{ m/s}$$

Los valores reales por tramos calculados por caída de presión considerando la caída de presión en los accesorios de las tuberías se muestran en la tabla 5,6, en el cuadro se aprecia que la caída de presión manométrica acumulada del tramo principal más los tramos primarios y secundarios es de 11.10 % de la presión inicial P_A, este valor es inferior al 50% de la presión inicial (punto A), además cumple con los requerimientos para el empleo de la fórmula de Renouard.

Tabla 5,6

CALCULO REAL DE LA RED PRINCIPAL, RED PRIMARIA Y RED SECUNDARIA

Tramo	Longitud (m)	Long. Equiv. de Acces. (m)	Longitud Equivalente Total (m) Le	Q (m ³ /hora)	Diametro nominal tubería (pulg)	D (Diametro interior tubería (mm))	P _i absoluta (bar)	P ² _{i abs} - P ² _{f abs}	Pf abs	P _i manométrica (bar)	P _f manométrica (bar)	Var. P = P _{i rel} - P _{f rel} (bar)	% Acumulado = (P _{i rel} - P _{f rel}) / P _{i rel}	Q / D <150	Número de Reynolds 'R = T x Q / D <= 2 x 10 ⁶	P abs. media = (P _{i abs} - P _{f abs}) / 2 (bar)	Pabs media (Kg/c m ²)	Velocidad (m/s)
A - A1	8,20	4,45	12,65	49,96	1 1/2	38,227	2,2544	0,022572	2,2494	1,2414	1,2364	0,0050	0,40%	1,307	94.098,9	2,2519	2,2964	5,57
A1 - B	66,20	3,05	69,25	39,50	1 1/2	38,227	2,2494	0,080577	2,2314	1,2364	1,2184	0,0180	1,45%	1,033	74.397,7	2,2404	2,2847	4,43
B - C	15,30	0,40	15,70	36,56	1 1/2	38,227	2,2314	0,015869	2,2278	1,2184	1,2148	0,0036	0,29%	0,956	68.860,2	2,2296	2,2737	4,12
B - B1	0,80	3,72	4,52	2,94	1/2	13,843	2,2314	0,006232	2,2300	1,2184	1,2170	0,0014	0,11%	0,213	15.306,7	2,2307	2,2748	2,53
C - D	10,70	0,40	11,10	25,54	1	26,035	2,2278	0,037195	2,2194	1,2148	1,2064	0,0084	0,68%	0,981	70.631,2	2,2236	2,2675	6,22
C - C1	1,00	4,70	5,70	11,32	1	26,035	2,2278	0,004343	2,2268	1,2148	1,2138	0,0010	0,08%	0,435	31.302,6	2,2273	2,2713	2,75
D - E	11,20	0,27	11,47	9,24	3/4	19,939	2,2194	0,021837	2,2145	1,2064	1,2015	0,0049	0,39%	0,463	33.352,2	2,2170	2,2608	3,85
E - E1	0,60	3,12	3,72	4,26	1/2	13,843	2,2145	0,010037	2,2122	1,2015	1,1992	0,0023	0,19%	0,307	22.135,8	2,2134	2,2571	3,68
E - E4	8,10	2,17	10,27	4,98	1/2	13,843	2,2145	0,036886	2,2062	1,2015	1,1932	0,0083	0,67%	0,360	25.903,6	2,2104	2,2540	4,32
D - I	72,70	5,30	78,00	16,30	1	26,035	2,2194	0,115473	2,1932	1,2064	1,1802	0,0262	2,11%	0,626	45.088,3	2,2063	2,2499	4,00
I - I1	3,60	3,90	7,50	5,60	3/4	19,939	2,1932	0,005744	2,1919	1,1802	1,1789	0,0013	0,10%	0,281	20.221,7	2,1926	2,2359	2,36
I - J	3,60	1,65	5,25	10,70	3/4	19,939	2,1932	0,013064	2,1902	1,1802	1,1772	0,0030	0,24%	0,537	38.637,8	2,1917	2,2350	4,51
J - J1	0,50	2,17	2,67	4,46	1/2	13,843	2,1902	0,007858	2,1884	1,1772	1,1754	0,0018	0,14%	0,322	23.219,1	2,1893	2,2326	3,91
J - J4	12,60	4,35	16,95	6,24	3/4	19,939	2,1902	0,015807	2,1866	1,1772	1,1736	0,0036	0,29%	0,313	22.532,7	2,1884	2,2316	2,63
A1 - F	42,90	2,70	45,60	10,46	3/4	19,939	2,2494	0,108856	2,2251	1,2364	1,2121	0,0243	1,96%	0,525	37.766,5	2,2373	2,2815	4,32
F - G	38,50	0,25	38,75	7,88	3/4	19,939	2,2251	0,055231	2,2127	1,2121	1,1997	0,0124	1,00%	0,395	28.447,5	2,2189	2,2627	3,28
F - F1	0,70	3,12	3,82	2,58	1/2	13,843	2,2251	0,004147	2,2242	1,2121	1,2112	0,0009	0,07%	0,186	13.422,8	2,2247	2,2686	2,22
G - G1	1,90	3,12	5,02	1,95	1/2	13,843	2,2127	0,003263	2,2120	1,1997	1,1990	0,0007	0,06%	0,141	10.126,0	2,2124	2,2561	1,69
G - G3	51,90	3,40	55,30	5,93	3/4	19,939	2,2127	0,047019	2,2020	1,1997	1,1890	0,0107	0,86%	0,297	21.417,4	2,2074	2,2510	2,48
Porcentaje de Caída de Presion Acumulada de Red Primaria y Secundaria																11,10%		

Luego de definido la red primaria y secundaria, se procede a calcular la red de acometida, de igual forma se realizará el cálculo matemático para luego recalculer con las caídas de presión en los accesorios de las tuberías y obtener los datos reales.

Como ejemplo calcularemos el tramo $C_2 - C_3$ y la derivación al local FC_{10} .

Datos de entrada:

Presión manométrica a la salida del regulador de acometida (P_{C_2}) = 0.4 bar

Presión absoluta (P_{C_2}) = 0.4 bar + 1.013 bar = 1.4130 bar

Longitud de tramo $L_{C_2 - C_3} = 1.6$ m

Caudal $Q_{C_2-C_3} = Q_{C-C_1} = 11.32$ m³/h

Se calcula el tramo, asumiendo un diámetro comercial de tubería de cobre de 26.035 mm (1 pulgada).

L_e de tramo $C_2 - C_3$ (20% adicional de L) = 1.92 m

Calculamos según la siguiente fórmula:

$$P_{C_3}^2 = 1.4130^2 - 48.600 * 1.26 * 1.92 * \frac{11.32^{1.82}}{26.035^{4.82}} = 1.9951$$

P_{C_3} absoluta = 1.4125 bar

P_{C_3} manométrica = 0.3995 bar

Caída de presión tramo $C_2 - C_3 = P_{C_2} - P_{C_3} = 0.0005$ bar

Calculamos la velocidad para el tramo A₁ - B,

$$V \text{ (m/s)} = 374.4 (Q/(D^2 \times H_1))$$

Datos de entrada:

$$H_1 = ((1.4130 + 1.4125) \times 1.01976) / 2 = 1.4407 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando:

$$V \text{ (m/s)} \text{ del tramo A}_1 - B = 374.4 (11.32/(26.035^2 \times 1.4407)) = 4.34 \text{ m/s}$$

Este valor es inferior a 7 m/s por tanto es aceptable.

Cálculo tramo C₃ – FC₁₀.

Datos de entrada:

$$P_{C_3} \text{ absoluta} = 1.4325 \text{ bar}$$

$$P_{C_3} \text{ manométrica} = 0.3995 \text{ bar}$$

$$\text{Longitud de tramo C}_3 - \text{FC}_{10} = 8.30 \text{ m}$$

$$\text{Caudal } Q_{C_3-FC_{10}} = 3.62 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se calcula el tramo, asumiendo un diámetro comercial de tubería de cobre de 13.843 mm (1/2 pulgada).

$$L_e \text{ de tramo C}_3 - \text{FC}_{10} \text{ (20\% adicional de L)} = 9.96 \text{ m}$$

Calculamos según la siguiente fórmula de Renouard:

$$P_{FC_{10}}^2 = 1.4125^2 - 48.600 * 1.26 * 9.96 * \frac{3.62^{1.82}}{13.843^{4.82}} = 1.9751$$

$$P_{FC10} \text{ absoluta} = 1.4054 \text{ bar}$$

$$P_{FC10} \text{ manométrica} = 0.3924 \text{ bar}$$

$$\text{Caída de presión tramo } C_3 - FC_{10} = 0.3995 - 0.3924 = 0.0071 \text{ bar}$$

Calculamos la velocidad para el tramo $A_1 - B$,

$$V \text{ (m/s)} = 374.4 (Q/(D^2 \times H_1))$$

Datos de entrada:

$$H_1 = ((1.4125 + 1.4054) \times 1.01976) / 2 = 1.4368 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando:

$$V \text{ (m/s) del tramo } C_3 - FC_{10} = 374.4 (3.62/(13.843^2 \times 1.4368)) = 4.93 \text{ m/s}$$

Este valor es inferior a 7 m/s por tanto es aceptable.

De igual forma calculamos para los otros tramos de la red de acometida, estos valores se muestran en la tabla 5,7.

En la tabla 5,7, del cálculo matemático, observamos que el acumulado de caída de presión manométrica en la red principal, red primaria y secundaria es de 25.25%. Además se observa que el cálculo cumple con los requisitos derivados de la aplicación de la fórmula de Renouard según se indica en el numeral 4.5.2.

Luego de efectuado el cálculo matemático de la red de acometida y verificado que cumple con los requisitos planteados, se procede a recalcular nuevamente la red considerando la caída de presión en los accesorios de la

red (codos, tees, válvulas, etc.). Para realizar el recalcu lo reemplazamos el valor de la longitud equivalente (L_e) que inicialmente se consideró como un 20% adicional de la longitud del tramo, por la caída real originada en los accesorios.

Los valores de Longitud por caída de presión en accesorios se encuentran en la tabla 5,8, la longitud por caída de presión por accesorio se encuentra en el manual de Pro cobre, anexo 1, página 38.

Los valores reales por tramos calculados por caída de presión considerando la caída de presión en los accesorios de las tuberías se muestran en la tabla 5,9, en el cuadro se aprecia que la caída de presión manométrica acumulada en la red de acometidas es de 34.52%, este valor es inferior al 50% de la presión inicial, además cumple con los requerimientos para el empleo de la fórmula de Renouard.

Se instalará 4 tanques de 3.79 m³ (1000 galones) de capacidad cada uno. En el mercado actual los tanques de esta capacidad se pueden importar o comprar localmente, los importados tienen certificación ASME, a diferencia del nacional que no tiene esta certificación.

En el anexo 3 del presente informe se encuentra un plano del tanque de 3.79 m³ (1000 galones). Las principales características de estos tanques son:

El tanque de almacenamiento para GLP de 1000 galones de capacidad, será de tipo cilíndrico horizontal de cabezales semiesféricos, estacionario, y tendrán las siguientes características:

Longitud total	5040 mm.
Diámetro	1028 mm.
Peso del tanque con agua	5.0 Toneladas.

El peso indicado es referencial para el cálculo de la resistencia estructural del área.

La construcción será de acuerdo a Normas ASME Sección VIII, División 1

El tanque deberá someterse a pruebas hidrostáticas de presión de diseño a 250 PSI y presión de prueba de 325 PSI; y pruebas radiográficas al 100% de la soldadura. En la generatriz superior dispondrán de collarines soldados de acero forjado para roscar las válvulas.

Tabla 5,7

CÁLCULO MATEMÁTICO DE LA RED DE ACOMETIDA

Tramo	Longitud Real (m)	Longitud de Cálculo (m) Le	Q (m ³ /hora)	Diametro nominal tubería (pulg)	D (Diametro interior tubería (mm))	P _i absoluta (bar)	P _f abs (bar)	P _i manométrica (bar)	P _f manométrica (bar)	Var. P = P _i rel - P _f rel (bar)	% Acumulado = (P _i rel - P _f rel) / P _i rel	Q / D <150	R = T x Q / D <= 2 x10 ⁶	P abs. media = (P _i abs - P _f abs) / 2 (bar)	P abs media (Kg/cm ²)	Velocidad (m/s)
B2 - FC11	19,20	23,04	2,94	1/2	13,843	1,4130	1,4017	0,4000	0,3887	0,0113	2,82%	0,213	15,306,7	1,4074	1,4352	4,01
C2 - C3	1,60	1,92	11,32	1	26,035	1,4130	1,4125	0,4000	0,3995	0,0005	0,13%	0,435	31,302,6	1,4127	1,4407	4,34
C3 - FC10	8,30	9,96	3,62	1/2	13,843	1,4125	1,4054	0,3995	0,3924	0,0071	1,78%	0,262	18,839,0	1,4089	1,4368	4,93
C3 - C4	1,35	1,62	9,51	3/4	19,939	1,4125	1,4113	0,3995	0,3983	0,0012	0,29%	0,477	34,333,2	1,4119	1,4398	6,22
C4 - FC09	8,90	10,68	5,89	3/4	19,939	1,4113	1,4082	0,3983	0,3952	0,0032	0,79%	0,295	21,253,9	1,4097	1,4376	3,86
C4 - FC08	18,25	21,90	3,62	3/4	19,939	1,4113	1,4086	0,3983	0,3956	0,0027	0,67%	0,182	13,079,3	1,4100	1,4378	2,37
E2 - E3	1,30	1,56	4,26	1/2	13,843	1,4130	1,4115	0,4000	0,3985	0,0015	0,37%	0,307	22,135,8	1,4123	1,4402	5,77
E3 - RE04	17,60	21,12	2,90	1/2	13,843	1,4115	1,4014	0,3985	0,3884	0,0101	2,52%	0,209	15,071,2	1,4065	1,4343	3,95
E3 - RE05	19,80	23,76	1,36	1/2	13,843	1,4115	1,4087	0,3985	0,3957	0,0028	0,71%	0,098	7,064,6	1,4101	1,4380	1,85
E5 - E6	3,00	3,60	4,98	1/2	13,843	1,4130	1,4084	0,4000	0,3954	0,0046	1,15%	0,360	25,903,6	1,4107	1,4386	6,76
E6 - FC07	12,10	14,52	2,26	1/2	13,843	1,4084	1,4040	0,3954	0,3910	0,0044	1,10%	0,164	11,774,4	1,4062	1,4340	3,08
E6 - FC06	11,40	13,68	2,72	1/2	13,843	1,4084	1,4026	0,3954	0,3896	0,0058	1,45%	0,196	14,129,3	1,4055	1,4333	3,70
F2 - FC14	8,40	10,08	2,58	1/2	13,843	1,4130	1,4091	0,4000	0,3961	0,0039	0,97%	0,186	13,422,8	1,4111	1,4389	3,50
G2 - FC13	6,70	8,04	1,95	1/2	13,843	1,4130	1,4111	0,4000	0,3981	0,0019	0,46%	0,141	10,126,0	1,4121	1,4400	2,64
G4 - G5	1,80	2,16	5,93	3/4	19,939	1,4130	1,4123	0,4000	0,3993	0,0007	0,16%	0,297	21,417,4	1,4127	1,4406	3,88
G5 - FC12	6,00	7,20	1,81	1/2	13,843	1,4123	1,4109	0,3993	0,3979	0,0015	0,36%	0,131	9,419,5	1,4116	1,4395	2,46
G5 - RE01	12,00	14,40	4,12	3/4	19,939	1,4123	1,4101	0,3993	0,3971	0,0022	0,56%	0,207	14,877,7	1,4112	1,4391	2,70
I2 - I3	2,90	3,48	5,60	3/4	19,939	1,4130	1,4121	0,4000	0,3991	0,0009	0,24%	0,281	20,221,7	1,4125	1,4404	3,66
I3 - FC03	6,60	7,92	0,32	1/2	13,843	1,4121	1,4120	0,3991	0,3990	0,0001	0,02%	0,023	1,648,4	1,4120	1,4399	0,43
I3 - I4	1,40	1,68	5,43	3/4	19,939	1,4121	1,4116	0,3991	0,3986	0,0004	0,11%	0,272	19,619,0	1,4118	1,4397	3,55
I4 - FC02	6,60	7,92	2,90	1/2	13,843	1,4116	1,4079	0,3986	0,3949	0,0038	0,94%	0,209	15,071,2	1,4097	1,4376	3,94
I4 - FC01	19,50	23,40	2,54	1/2	13,843	1,4116	1,4029	0,3986	0,3899	0,0087	2,18%	0,183	13,187,3	1,4073	1,4351	3,45
J2 - J3	2,90	3,48	4,46	1/2	13,843	1,4130	1,4094	0,4000	0,3964	0,0036	0,91%	0,322	23,219,1	1,4112	1,4391	6,06
J3 - FC05	8,00	9,60	4,07	1/2	13,843	1,4094	1,4009	0,3964	0,3879	0,0085	2,13%	0,294	21,193,9	1,4051	1,4329	5,56
J3 - FC04	11,50	13,80	0,39	1/2	13,843	1,4094	1,4092	0,3964	0,3962	0,0002	0,04%	0,028	2,025,2	1,4093	1,4371	0,53
J5 - J6	1,60	1,92	6,24	3/4	19,939	1,4130	1,4124	0,4000	0,3994	0,0006	0,16%	0,313	22,532,7	1,4127	1,4406	4,08
J6 - RE03	16,60	19,92	2,17	1/2	13,843	1,4124	1,4068	0,3994	0,3938	0,0056	1,40%	0,157	11,303,4	1,4096	1,4374	2,95
J6 - RE02	18,00	21,60	4,07	3/4	19,939	1,4124	1,4091	0,3994	0,3961	0,0033	0,82%	0,204	14,714,2	1,4107	1,4386	2,67
Porcentaje de Caída de Presion Acumulada de Red a Locatarios											25,26%					

Tabla 5,8

LONGITUD EQUIVALENTE POR CAÍDA DE PRESIÓN EN ACCESORIOS DE TUBERÍAS
DE COBRE. RED DE ACOMETIDA

Ramal	Codos 90			Codos 45			Tee Giro 90				Tee Paso recto				Valvulas			Total (m)
	1/2"	3/4"	1"	1/2"	3/4"	1"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	1/2"	3/4"	1"	
	0,60	0,75	0,90	0,40	0,45	0,55	0,90	1,20	1,50	1,80	0,20	0,25	0,27	0,40	0,12	0,15	0,20	
B2 - FC11	7,20														0,24			7,44
C2 - C3			2,70															2,70
C3 - FC10	4,80								1,50						0,24			6,54
C3 - C4												0,25						0,25
C4 - FC09		7,50						1,20								0,30		9,00
C4 - FC08		8,25										0,25				0,30		8,80
E2 - E3	1,80																	1,80
E3 - RE04	5,40						0,90								0,24			6,54
E3 - RE05	6,00										0,20				0,24			6,44
E5 - E6	1,80																	1,80
E6 - FC07	5,40						0,90								0,24			6,54
E6 - FC06	6,00										0,20				0,24			6,44
F2 - FC14	6,60														0,24			6,84
G2 - FC13	6,00														0,24			6,24
G4 - G5		3,75																3,75
G5 - FC12	5,40							1,20							0,24			6,84
G5 - RE01		11,25										0,25				0,30		11,80
I2 - I3		2,25																2,25
I3 - FC03	4,80							1,20							0,24			6,24
I3 - I4														0,27				0,27
I4 - FC02	6,00							1,20							0,24			7,44
I4 - FC01	7,20													0,27	0,24			7,71
J2 - J3	1,80																	1,80
J3 - FC05	6,00						0,90								0,24			7,14
J3 - FC04	7,20										0,20				0,24			7,64
J5 - J6		2,25																2,25
J6 - RE03	6,00							1,20							0,24			7,44
J6 - RE02		9,00										0,25				0,30		9,55

Tabla 5,9

CÁLCULO REAL DE LA RED DE ACOMETIDA

Tramo	Longitud Real (m)	Long. Equiv. por Acces. (m)	Longitud Equivalente Total (m) Le	Q (m ³ /hora)	Diámetro nominal tubería (pulg)	Diámetro interior tubería (mm)	P _i absoluta (bar)	P _i manométrica (bar)	P _f abs (bar)	P _f manométrica (bar)	Var. P = P _{i,real} - P _{f,real} (bar)	% Acumulado = (P _{i,real} - P _{f,real}) / P _{i,real}	Q/D <150	Número de Reynolds R = T x Q / D <= 2 x 10 ⁸	P abs. media = (P _{i,abs} - P _{f,abs}) / 2 (bar)	Pabs media (Kg/cm ²)	Velocidad (m/s)
B2 - FC11	19,20	7,44	26,64	2,94	1/2	13,843	1,4130	0,4000	1,3999	0,3869	0,0131	3,26%	0,213	15 306,7	1,4065	1,4343	4,01
C2 - C3	1,60	2,70	4,30	11,32	1	26,035	1,4130	0,4000	1,4118	0,3988	0,0012	0,29%	0,435	31 302,6	1,4124	1,4403	4,34
C3 - FC10	8,30	6,54	14,84	3,62	1/2	13,843	1,4118	0,3988	1,4012	0,3882	0,0106	2,65%	0,262	18 839,0	1,4065	1,4343	4,93
C3 - C4	1,35	0,25	1,60	9,51	3/4	19,939	1,4118	0,3988	1,4107	0,3977	0,0011	0,28%	0,477	34 333,2	1,4113	1,4392	6,22
C4 - FC09	8,90	9,00	17,90	5,89	3/4	19,939	1,4107	0,3977	1,4054	0,3924	0,0053	1,33%	0,295	21 253,9	1,4080	1,4359	3,86
C4 - FC08	18,25	8,80	27,05	3,62	3/4	19,939	1,4107	0,3977	1,4074	0,3944	0,0033	0,83%	0,182	13 079,3	1,4090	1,4369	2,37
E2 - E3	1,30	1,80	3,10	4,26	1/2	13,843	1,4130	0,4000	1,4100	0,3970	0,0030	0,74%	0,307	22 135,8	1,4115	1,4394	5,78
E3 - RE04	17,60	6,54	24,14	2,90	1/2	13,843	1,4100	0,3970	1,3985	0,3855	0,0115	2,88%	0,209	15 071,2	1,4043	1,4320	3,95
E3 - RE05	19,80	6,44	26,24	1,36	1/2	13,843	1,4100	0,3970	1,4069	0,3939	0,0031	0,79%	0,098	7 064,6	1,4085	1,4363	1,85
E5 - E6	3,00	1,80	4,80	4,98	1/2	13,843	1,4130	0,4000	1,4069	0,3939	0,0061	1,53%	0,360	25 903,6	1,4099	1,4378	6,77
E6 - FC07	12,10	6,54	18,64	2,26	1/2	13,843	1,4069	0,3939	1,4012	0,3882	0,0057	1,42%	0,164	11 774,4	1,4040	1,4318	3,09
E6 - FC08	11,40	6,44	17,84	2,72	1/2	13,843	1,4069	0,3939	1,3993	0,3863	0,0076	1,89%	0,196	14 129,3	1,4031	1,4308	3,71
F2 - FC14	8,40	6,84	15,24	2,58	1/2	13,843	1,4130	0,4000	1,4071	0,3941	0,0059	1,47%	0,186	13 422,8	1,4101	1,4379	3,51
G2 - FC13	6,70	6,24	12,94	1,95	1/2	13,843	1,4130	0,4000	1,4100	0,3970	0,0030	0,74%	0,141	10 126,0	1,4115	1,4394	2,64
G4 - G5	1,80	3,75	5,55	5,93	3/4	19,939	1,4130	0,4000	1,4113	0,3983	0,0017	0,42%	0,297	21 417,4	1,4122	1,4401	3,88
G5 - FC12	6,00	6,84	12,84	1,81	1/2	13,843	1,4113	0,3983	1,4087	0,3957	0,0026	0,65%	0,131	9 419,5	1,4100	1,4379	2,46
G5 - RE01	12,00	11,80	23,80	4,12	3/4	19,939	1,4113	0,3983	1,4076	0,3946	0,0037	0,92%	0,207	14 877,7	1,4095	1,4373	2,70
I2 - I3	2,90	2,25	5,15	5,60	3/4	19,939	1,4130	0,4000	1,4116	0,3986	0,0014	0,35%	0,281	20 221,7	1,4123	1,4402	3,66
I3 - FC03	6,60	6,24	12,84	0,32	1/2	13,843	1,4116	0,3986	1,4115	0,3985	0,0001	0,03%	0,023	1 648,4	1,4115	1,4394	0,43
I3 - I4	1,40	0,27	1,67	5,43	3/4	19,939	1,4116	0,3986	1,4112	0,3982	0,0004	0,11%	0,272	19 619,0	1,4114	1,4393	3,55
I4 - FC02	6,60	7,44	14,04	2,90	1/2	13,843	1,4112	0,3982	1,4045	0,3915	0,0067	1,67%	0,209	15 071,2	1,4078	1,4357	3,94
I4 - FC01	19,50	7,71	27,21	2,54	1/2	13,843	1,4112	0,3982	1,4010	0,3880	0,0102	2,54%	0,183	13 187,3	1,4061	1,4339	3,45
J2 - J3	2,90	1,80	4,70	4,46	1/2	13,843	1,4130	0,4000	1,4081	0,3951	0,0049	1,23%	0,322	23 219,1	1,4105	1,4384	6,06
J3 - FC05	8,00	7,14	15,14	4,07	1/2	13,843	1,4081	0,3951	1,3946	0,3816	0,0135	3,37%	0,294	21 193,9	1,4014	1,4291	5,57
J3 - FC04	11,50	7,64	19,14	0,39	1/2	13,843	1,4081	0,3951	1,4079	0,3949	0,0002	0,06%	0,028	2 025,2	1,4080	1,4358	0,53
J5 - J6	1,60	2,25	3,85	6,24	3/4	19,939	1,4130	0,4000	1,4117	0,3987	0,0013	0,32%	0,313	22 532,7	1,4124	1,4403	4,08
J6 - RE03	16,60	7,44	24,04	2,17	1/2	13,843	1,4117	0,3987	1,4050	0,3920	0,0068	1,69%	0,157	11 303,4	1,4083	1,4362	2,96
J6 - RE02	18,00	9,55	27,55	4,07	3/4	19,939	1,4117	0,3987	1,4075	0,3945	0,0042	1,05%	0,204	14 714,2	1,4096	1,4375	2,67
Porcentaje de Caída de Presión Acumulada												34,52%					

El tanque tendrá una placa grabada con los datos referidos a la fecha de construcción, fabricante, norma de fabricación, dimensiones, uso, capacidad, pruebas y certificación ASME.

Las conexiones serán forjadas roscadas NPT de alta presión para todos los instrumentos, accesorios e Instrumentos del tanque de GLP:

- Medidor de volumen.
- Una copla NPT Ø 1 ¼" para válvula de seguridad. 8685G Rego
- Una copla NPT Ø 1 ¼" para válvula de llenado. 7579 Rego
- Una copla NPT Ø ¾" Para multiválvula. 7556 Rego. Con dos manómetros de 0-300 PSI.
- Brida para medidor de volumen.
- Una copla NPT Ø ¾" para válvula de drenaje. 7590 Rego.
- Una copla NPT Ø 1 ¼" para válvula de exceso de flujo. 3282C Rego
- Cuatro Patas de apoyo al piso y dos orejas de izaje.

El tanque de almacenamiento deberá estar anclado a las bases de concreto u otro similar no combustible, perfectamente niveladas.

En la zona del tanque estacionario para usuario de GLP a granel deberá tener pintado frase "GAS COMBUSTIBLE NO FUMAR" en letras de imprenta perfectamente visibles, sobre fondo vivamente contrastante, cuyo tamaño guarde relación con las dimensiones de los tanques según Norma Técnica

Peruana N° 399.010, así mismo, se deberá pintar el Rombo de clasificación de riesgos y el número UN 1075.

5.3.2.1. Materiales empleados en el sistema de la red de GLP

El material de la tubería de cobre empleada es de cobre tipo L, todas las especificaciones de este material, como sus accesorios y las técnicas de armado se encuentran en el catálogo de Pro cobre, incluido en el anexo 1 del presente informe.

5.3.2.2. Otros equipos

5.3.2.2.1. Reguladores

La función del regulador es entregar un flujo constante de GLP a la presión de funcionamiento de los aparatos de consumo, sin importar las variaciones de presión en el tanque, que va desde la más baja, como 1.0 bar hasta 7bar. Además, el regulador debe suministrar la misma presión de consumo de los equipos, sin importar la carga variable producida por el uso intermitente de los aparatos. La correcta elección del regulador sobre la base de la presión de salida y al flujo que se necesita, es fundamental para el buen funcionamiento de un sistema.

Las marcas y modelos de los reguladores usados para reducir la presión en las líneas de transporte de GLP desde el tanque estacionario hasta los puntos de consumo, son muy variadas y extensas, entre las marcas de reguladores más conocidos en el mercado nacional tenemos a REGO y FISHER, ambos de procedencia Americana. Los reguladores que emplearemos por haber mayor stock en el mercado serán de la marca

REGO. En el anexo 5 se encuentran especificaciones de los mismos según el catálogo del fabricante. Los reguladores se seleccionan por la presión y potencia de operación.

Selección del regulador a la salida del tanque, punto A, regulador marca REGO

Datos de entrada: P_A manométrica = 1.2414 bar (18 PSI)

Caudal tramo A – A₁ = 49.96 m³/hr

Poder calorífico superior (PCS) GLP = 22,265 Kcal/m³

Potencia que alimenta el regulador = PCS * Q_{A-A1}

Potencia que alimenta el regulador = 22,265 * 49.96 = 1,112,359.4 Kcal/hr

1 Kcal = 3.968 BTU, luego:

Potencia que alimenta el regulador = 1,112,359.4 * 3.968 = 4,413,842 Btu/hr

Según el catálogo (ver anexo 5), el regulador seleccionado será marca REGO N° Parte X1584VN, cuyas características son:

Presión manométrica de regulación: entre 0.02 bar a 2.07 bar (3 a 30 Psi)

Capacidad de potencia: 7,000,000 de Btu/hr

Rango de presión manométrica recomendado de descarga del regulador:
1.38 bar (20 Psi)

Para la alimentación a los locales, antes de los medidores de GLP, el regulador seleccionado será de acuerdo a lo siguiente:

Por estandarización seleccionaremos un solo modelo de regulador, para seleccionar se tomará el caso con mayor consumo.

La presión de salida del regulador antes de los medidores es: 0.4 bar

El mayor consumo se registra en el tramo $C_2 - C_3$ igual a $11.32 \text{ m}^3/\text{hr}$

La potencia requerida del regulador = $11.32 * 22,265 * 3.968 = 1,000,093$
Btu/hr

Del catálogo REGO del anexo 5, seleccionamos el regulador con N° Parte 597 FA.

características son:

Presión manométrica de regulación: entre 0.07 bar a 1.03 bar (1 a 15 Psi)

Capacidad de potencia: 1,750,000 de Btu/hr

Rango de presión manométrica recomendado de descarga del regulador:
0.69 bar (10 Psi).

5.3.2.2.2. Medidores de GLP

Los medidores de GLP mas empleados para esta aplicación son los medidores American Meters de procedencia Americana, la función de un contador de GLP, es medir volumétricamente el GLP entregado que pasa a través del mismo hacia los equipos que consumen el GLP. Hay varios modelos y se seleccionan por la presión de trabajo y por el caudal. El medidor seleccionado es el:

ELSTER AMERICAN METER AC-250

Presión máxima de operación: 0.69 bar (10 PSI)

Flujo de operación a 0.345 bar: 18.8 m³/hr

En el anexo 4 se encuentran las especificaciones del medidor seleccionado.

5.3.2.2.3. Válvulas de alivio de presión

Diseñadas para utilización como válvulas de alivio en reguladores de primera etapa que cumplen con la excepción NFPA 58 punto 2.5.7.5 el cuál dice: Reguladores de primera etapa con una capacidad superior a 500,000 Btu/hr podrán tener una válvula de alivio de presión adicional.

Selección de válvula de alivio, para la selección nos remitimos al anexo 6 en donde se encuentran las características de las válvulas de alivio, éstas se seleccionan por la presión de salida (descarga) del regulador.

Para el regulador a la salida del tanque cuya presión manométrica de salida es de 1.2414 bar (18 Psi), seleccionamos la válvula de alivio REGO N° parte 3139-38, según el anexo 6.

Para el regulador que alimenta a los locales cuya presión manométrica de salida es de 0.4 (5.8 Psi), Seleccionamos la válvula de alivio REGO N° parte 3139-18.

5.3.3. Comprobación de que el sistema de tanque y red de tuberías seleccionados cumplen con los requerimientos de diseño

La capacidad de los tanques cumple con los requerimientos de los usuarios que requieren GLP en el centro comercial.

Los tanques se ubican de acuerdo a la Norma Técnica Peruana vigente y éstos se ubican en una sola zona de tanques.

Las redes de gas, han sido diseñados considerando que la alimentación a cada local, cumpla con el requisito de entregar el caudal requerido a la presión de trabajo adecuada, cumpliendo la normativa vigente. Los demás accesorios y equipos de red han sido seleccionados de acuerdo a catálogos de equipos existentes en el mercado nacional.

5.4. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TANQUES Y RED DE GLP PARA EL CENTRO COMERCIAL

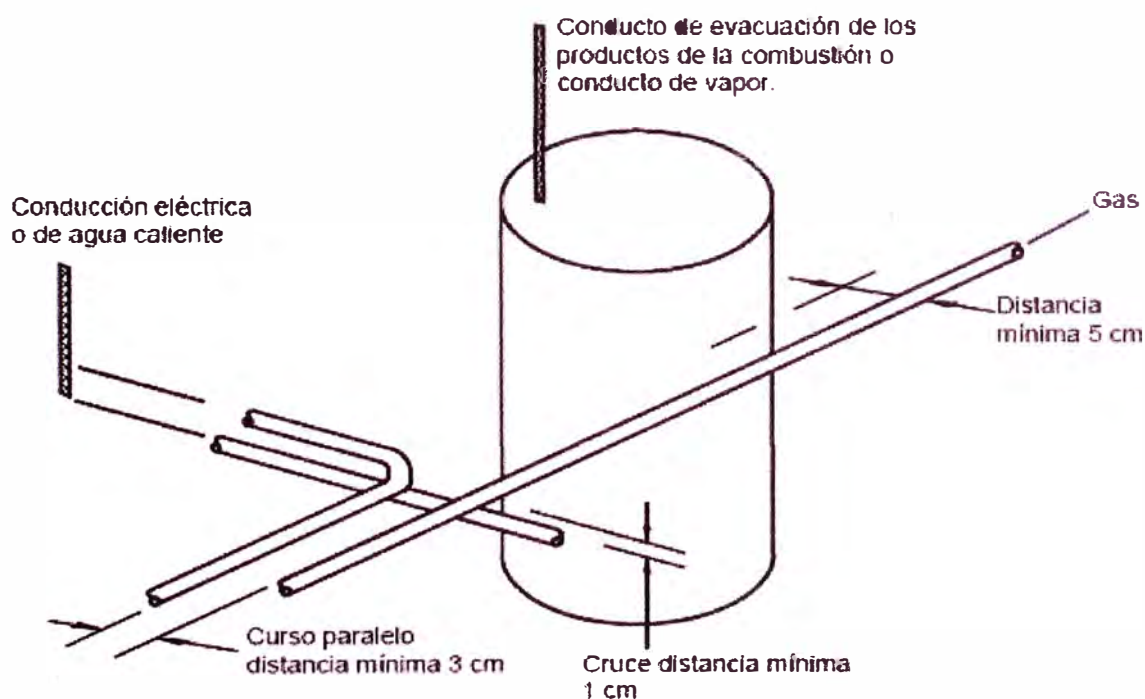
El Plan de implementación incluye la programación de los trabajos a realizar, los permisos de Ley para operar el sistema de tanques y red de GLP, los costos proyectados y el plan de seguridad.

Hay varios aspectos a considerar en el montaje, como hemos mencionado la técnica de armado y soporte de las tuberías, la encontramos en el manual de Pro cobre anexo al presente informe como anexo 1. El montaje deberá realizarse con técnicos con experiencia en el armado y luego de la ejecución de verá realizarse la prueba de hermeticidad con aire o nitrógeno a 1.5 veces la presión de trabajo, un modelo del formato de pruebas de hermeticidad se encuentra en el anexo 7.

Debido a que en el recorrido proyectado para la red, esta puede cruzarse o ir paralelo a otras líneas como las eléctricas, es fundamental considerar las distancias que debe tener las tuberías por donde circule el GLP con respecto a otras redes, éstas distancias se indican en la figura 5,2.

5.4.1. Permisos de ley para la operación del sistema de tanques y redes de GLP en el centro comercial.

Son varios los reglamentos y normas técnicas que rigen la actividad de los agentes que pertenecen a la cadena de comercialización de GLP. Entre las principales normas de comercialización y de seguridad que regulan las actividades de los Consumidores Directos de GLP, Redes de Distribución de GLP y Locales de Venta de GLP, se encuentran:



DETALLE DE INSTALACIÓN DE LA RED DE GLP CON RESPECTO A TUBERÍAS DE OTROS SERVICIOS
Figura 5,2

(i) Reglamento para la Comercialización de GLP aprobado por el Decreto Supremo N° 01-94-EM: Esta norma aprueba las obligaciones de los agentes dentro de la cadena de comercialización de GLP, el régimen de intercambio

de cilindros, las disposiciones sobre la calidad del producto; así como algunas condiciones de seguridad que deben someterse las instalaciones para el almacenamiento, envasado, transporte y venta al público, así como las instalaciones de los consumidores directos. En esta norma se establece la obligatoriedad que tienen todos los agentes de la cadena de comercialización de inscribirse en el Registro de Hidrocarburos para poder operar en el mercado.

(ii) Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Transportes de Gas Licuado de Petróleo aprobado por el Decreto Supremo N° 027-94-EM: Esta norma regula las condiciones de seguridad que deben cumplir todas las instalaciones y transporte de Gas Licuado de Petróleo.

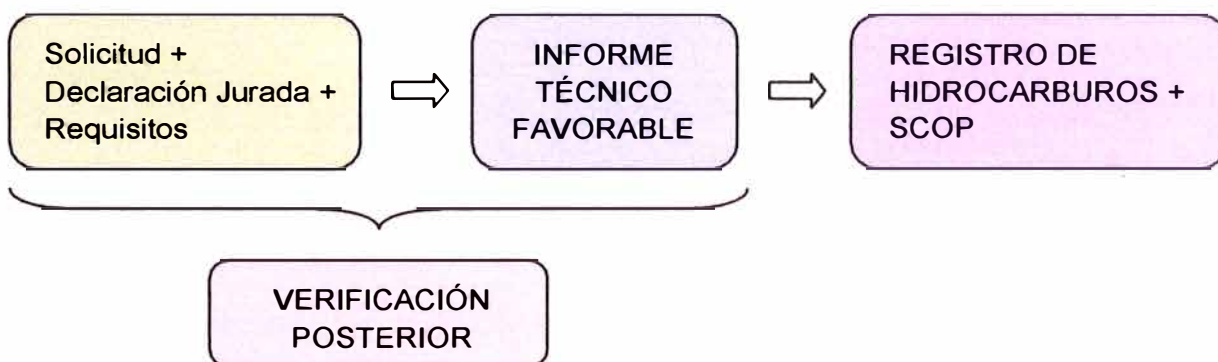
(iii) Decreto que Supremo que modifica el Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de GLP aprobado por el Decreto Supremo N° 065-77 2008-EM: A través de esta norma se modificaron diversos requisitos aplicables, entre otros, a los Locales de Venta de GLP y se dispuso, en el artículo 19°, que los requisitos técnicos y de seguridad para las instalaciones de Consumidores Directos de GLP y Redes de Distribución de GLP se registrarán de acuerdo a la NTP 321.123 (GAS LICUADO DE PETRÓLEO - Instalaciones para Consumidores Directos y Redes de Distribución).

(iv) Norma Técnica Peruana 321.123-2009: Gas Licuado de Petróleo: Instalaciones para Consumidores Directos y Redes de Distribución. Esta norma define el campo de aplicación de las instalaciones de GLP de Consumidores Directos y Redes de Distribución de GLP, desde la toma de carga y retorno de vapor, hasta la salida de los reguladores de alta presión.

Asimismo, regula diversas condiciones técnicas y de seguridad las citadas instalaciones.

Con la finalidad de optimizar el procedimiento para obtener el Registro de Hidrocarburos, teniendo en cuenta que ahora OSINERGMIN estaba a cargo del mismo, se aprobó recientemente el nuevo Reglamento del Registro de Hidrocarburos a través de la Resolución de Consejo Directivo N° 191-2011-OS/CD vigente a partir del 21 de noviembre de 2011.

Una de las principales modificaciones de este nuevo reglamento es que se elimina la aprobación del Informe Técnico Favorable (ITF) y se regula un procedimiento único para la obtención del citado Registro, de acuerdo al siguiente detalle mostrado en la figura 5,3.



PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO DE OBTENCIÓN DE PERMISOS

Figura 5,3

Como se ha mencionado este nuevo reglamento obedece a que OSINERGMIN tiene como estrategia la simplificación y optimización de la obtención del Registro de Hidrocarburos de todos los agentes de la cadena de comercialización de hidrocarburos, conforme al mandato dispuesto en el

Decreto Supremo N° 004-2010-EM que traslada el Registro de Hidrocarburos a esta Entidad.

5.4.2. Cronograma de ejecución de obra del sistema de tanques y redes de GLP del centro comercial

El cronograma de obra lo presentamos en el anexo N° 8.

5.4.3. Costo del proyecto de implementación del sistema de tanques y redes de GLP del centro comercial

El costo del proyecto se indica en el anexo 9.

5.4.4. Plan de seguridad

El sistema de tanques y redes de GLP deberá contar con un Plan de seguridad, el cuál detallamos, información adicional se encuentra en el anexo 10.

La instalación deberá contar al menos con un extintor, la capacidad de carga mínima deberá ser de 9 Kg. de polvo químico seco (PQS) para fuegos de clase ABC, comprobada por laboratorio. La inspección, mantenimiento, recarga y prueba Hidrostática de extintores de regirá por la NTP 350.043-1 y será realizada por empresas autorizadas que cumplan con poseer el equipamiento indicado en la NTP 833.026-1.

En la zona de tanques deberá pintarse la frase "GAS COMBUSTIBLE, NO FUMAR", rombo NFPA y numeración de naciones Unidas (U.N.).

Acciones a seguir en caso de:

INCENDIOS

En caso de que el incendio se produzca, se debe evitar que el fuego se extienda rápida y libremente, es decir solamente deberá causar el menor daño posible.

El fuego de GLP no deberá ser apagado hasta que la fuente de gas que se está quemando sea cortada.

En caso de incendios, estas son las indicaciones mínimas que se deben considerar:

- La Brigada de Emergencia intentará extinguir el fuego (siempre y cuando no sea una fuga encendida), o contener las llamas para que no se expandan, con los medios disponibles como extintores, arena, agua, etc.
- Se deberá proveer de caminos u otro medio de acceso para equipos de emergencia, como equipos del cuerpo de bomberos.
- Se solicitará la presencia de Bomberos en áreas próximas a centros urbanos, para ello se dispondrá en lugares visibles los números telefónicos de emergencias, a efectos de obtener una pronta respuesta al acontecimiento.
- La brigada de emergencia realizará, instruirá e implementará el plan de seguridad.

- FUGAS

Estas indicaciones son las más generales que existen para el caso de fugas:

- Detener el paso de personas y vehículos a una distancia de 100 m. de la zona de ocurrencia de la emergencia.
 - Evacuar a las personas que se encuentren a menos de 100 m. de la fuga de gas.
 - Movilizar el extintor y el equipo que fuera necesario para el control de la misma.
 - Rociar, de ser posible, agua en forma de neblina (chorro niebla) para dispersar los vapores de GLP.
 - Cortar toda posible fuente de ignición. No accionar interruptores eléctricos.
 - Sofocar cualquier llama abierta que exista en las inmediaciones.
- RIESGOS DEL PRODUCTO GLP

Las características físico-químicas de los GLP, los convierten en productos que generan riesgos. Al igual que cualquier fuente de energía, su manejo, uso e incluso residuo (mala combustión), también presenta situaciones de riesgo.

Desde el punto de vista físico hay que distinguir los dos estados en los que se presenta: como líquido y como gas.

En ambos estados existe un buen conocimiento del comportamiento del producto y de la tecnología para su control, por lo que los aspectos relacionados con la seguridad están muy desarrollados.

A continuación un breve repaso a algunos peligros inherentes:

- El principal peligro potencial del GLP es el fuego. Esto deriva de su característica de alta inflamabilidad y en casos extremos puede combinarse con la característica de presión; que nos conduce el fenómeno BLEVE (Explosión de Vapores en Expansión y Líquidos en Ebullición).
- También puede surgir un peligro potencial en el punto de consumo si los productos de la combustión no se dispersan en la atmósfera y se permite la acumulación de monóxido de carbono (CO). Los métodos de ventilación influirán en la dispersión del CO.
- El “esnifado” de GLP, esto es, la inhalación intencionada del vapor de GLP, a parte de la capacidad asfixiante que tiene, puede tener un efecto narcotizante, que podría llegar a producir lesiones.
- El GLP líquido puede causar quemaduras si se pone en contacto con la piel. El propano con un punto de ebullición bajo, puede ser más peligroso en este aspecto que el butano, el cual, en condiciones frías, es más lento en evaporarse y dispersarse.
- Siendo el vapor de GLP más pesado que el aire, puede en caso de escape, acumularse en espacios reducidos y en zonas bajas. Los métodos de ventilación influirán en el movimiento y la dispersión del vapor de GLP.
- Un escape de GLP líquido es considerado mucho más peligroso en cuanto a que al convertirse en fase gaseosa (vapor), su volumen se multiplica por un factor superior a 200. Siendo más pesado que el aire, el vapor tenderá a posarse próximo al suelo con el riesgo de que pueda encontrar una fuente de ignición mientras se mantiene dentro de sus límites de inflamabilidad.

- El GLP líquido tiene un alto coeficiente de expansión térmica, y por lo tanto, los envases y los depósitos deberán tener un espacio vacío que permita la expansión del líquido cuando incrementa la temperatura.
- Como hemos indicado anteriormente, el GLP es un líquido incoloro e inodoro y no es fácilmente visible en su estado gaseoso. Por ello se adiciona un odorizante distintivo antes de su distribución. En aplicaciones especiales que requieren un GLP inodoro, como son aerosoles propelentes, se deben adoptar otras medidas alternativas de seguridad.

LLAMADAS DE EMERGENCIA

En caso de incendio o emergencias, llamar:

BOMBEROS

COMPAÑÍA DE BOMBEROS VOLUNTARIOS MIRAFLORES N°28

Av. Mariscal Cáceres No 172

Teléfonos: 445 7447 / 242 5823

AMBULANCIAS

ALERTA MÉDICA	225-404
CRUZ ROJA	265 8783
CRUZ VERDE	372-6025
CLAVE 5	467-5171
DEFENSA CIVIL LIMA	315-1558/59
CENTRAL DE EMERGENCIAS	115
CENTRAL TELEFONICA	225-9898
EMERGENCIAS PNP	475-2995/225-0220/225-0402
ESCUADRON DE EMERGENCIA CENTRO 1	428-5636

EDEX (ESCUADRON DE DESACTIVACIÓN)

EXPLOSIVOS

431-3106 ANEXO 219

URGENCIAS MÉDICAS (HOSPITALES)

MILITAR CENTRAL (EMERGENCIA)

219-3516

HOSPITAL PNP (EMERGENCIA)

261-8455

EDGARDO REBAGLIATTI (EMERGENCIA)

265-4955

CONCLUSIONES

1.- El diseño e implementación de un sistema de tanques y redes de distribución de GLP para un centro comercial, ha sido posible realizarlo, empleando los conocimientos de ingeniería, cumpliendo las normas vigentes para el sector, seleccionando los materiales adecuados de mercado y confeccionando un adecuado plan de implementación.

2.- El objetivo secundario de calcular la capacidad del tanque de GLP ha sido cumplido. La solución para el problema planteado del abastecimiento de GLP a los consumidores del centro comercial, dieron por resultado la instalación de 4 tanques de 3.79 m^3 (1000 galones) cada uno de capacidad. La autonomía calculada es de 7.79 días para el reabastecimiento del GLP en los tanques; valor superior al requisito inicial solicitado, que es el de operar el sistema con una autonomía mínima de 7 días. Por lo tanto se concluye que la capacidad seleccionada del tanque de GLP, cumple con los requisitos solicitados.

3.- El objetivo secundario de determinar la ubicación del tanque de GLP ha sido cumplido, la ubicación planteada cumple con la normativa vigente NTP 321.121. La ubicación de los mismos se indica en el Plano N° 5.

4.- El objetivo secundario de diseñar la red de GLP ha sido cumplido. La velocidad máxima encontrada está en el tramo $E_5 - E_6$, este valor es de 6.77 m/s, inferior al límite superior considerado para el proyecto (7 m/s). La presión de suministro en el punto de acometida a cada local se encuentra dentro de los límites requeridos por los clientes, entre 0.35 bar a 0.4 bar. Las redes de gas, han sido calculadas según se indican en las tablas 5,6 y 5,9 considerando que la alimentación a cada local, cumpla con el requisito de entregar el caudal requerido a la presión de trabajo adecuada, que la velocidad del GLP no sea mayor a 7 m/s, además que cumplan con los requisitos para la aplicación de la fórmula de Renouard según se indica en el capítulo 4 numeral 4.5.2.

La caída de presión acumulada en la red de acometida, según se indica en la tabla 5,9 es de 34.52%. La caída de presión acumulada en la red principal, red primaria y red secundaria, según se indica en la tabla 5,6 es de 11.10%.

La caída de presión acumulada de todo el sistema es de 45.62%, inferior al 50% requerido por la Norma Técnica Peruana NTP 321.123 (capítulo 5, apartado 5.1).

Los demás accesorios y equipos de red han sido seleccionados de acuerdo a catálogos de equipos existentes en el mercado nacional.

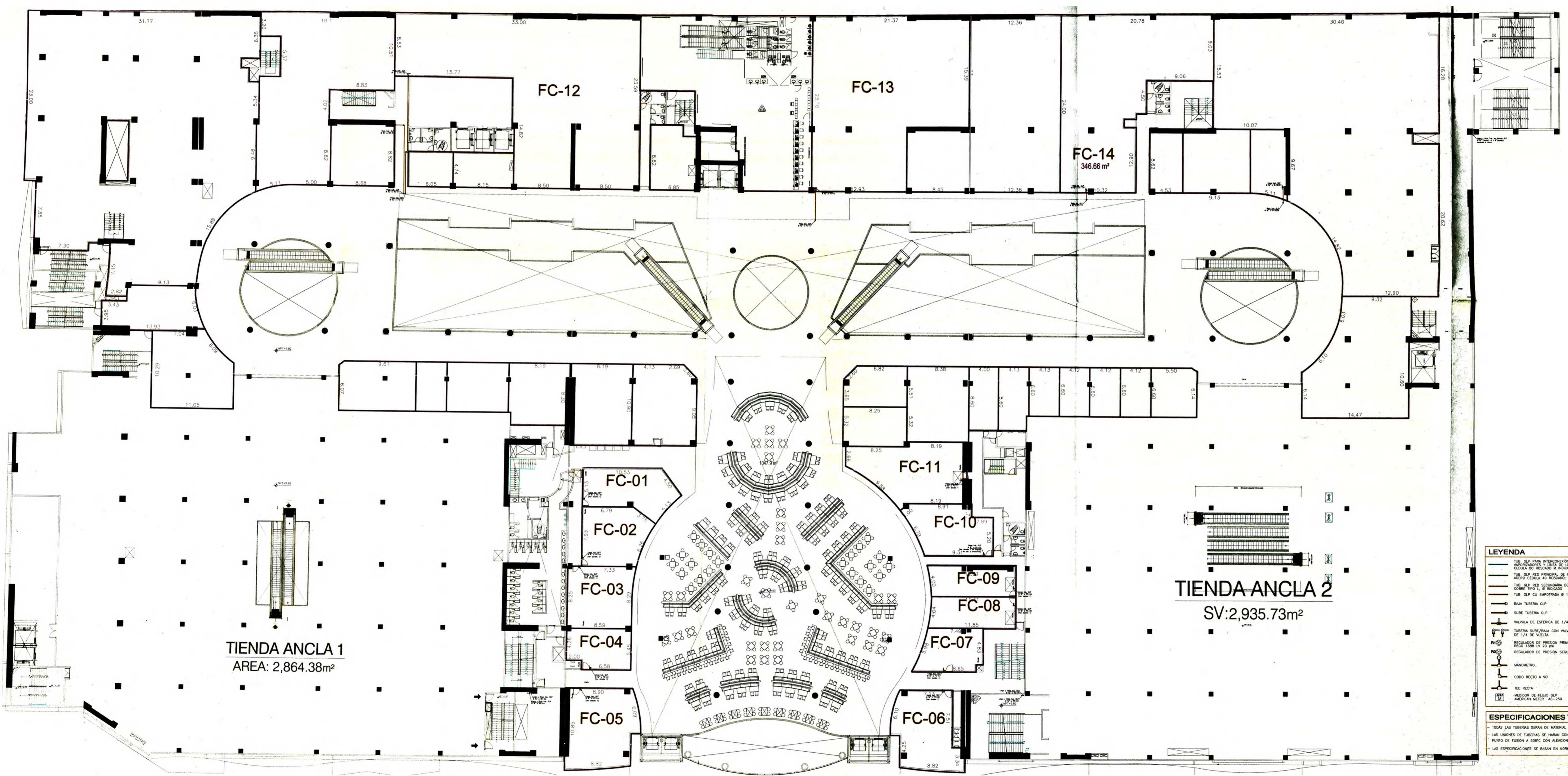
5.- El objetivo secundario de desarrollar el Plan de implementación del diseño propuesto, ha sido cumplido. Se incluye en el apéndice, anexo 8 el cronograma de los trabajos que se realizarán para el montaje de los equipos y tuberías, el tiempo estimado es de 40 días. El costo de la implementación

del sistema de tanques y redes de distribución de GLP para el centro comercial en estudio, es de S/. 200,472.36 más el I.G.V., calculado a la fecha de presentación del presente informe, el detalle se encuentra en el apéndice, anexo 9. El plan de seguridad ha sido detallado en el capítulo 5, numeral 5.4.4, también se ha incluido material adicional de seguridad en el apéndice, anexo 8.

BIBLIOGRAFÍA

1. J. L. Lorenzo Becco, Los G.L.P. Los gases licuados de petróleo. Repsol Butano. Madrid, 1989.
2. J. Gustavo Caballero Mabarak,. Manual de cálculos para la Ingeniería en gas. México, 1996.
3. José Emilio López Sopeña. Manual de instalaciones de GLP. CEPSA ELF Gas S.A., 2001.
4. Repsol Gas. Manual de formación técnica de instalaciones de GLP, diseño de una instalación.
5. Pro cobre. Manual de tuberías de cobre
6. NFPA 54 – 1996. Código del Gas combustible de los Estados Unidos de Norte América.
7. NTP 321.123, GAS LICUADO DE PETRÓLEO. Instalaciones para Consumidores Directos y Redes de Distribución. Lima, 2012
8. NTP 321.121, Instalaciones internas de GLP para consumidores directos y redes de distribución. Lima, 2008.

9. NTP 321.120, presiones de operación admisibles para instalaciones internas de gas Licuado de Petróleo. Lima, 2007.



LEYENDA

- TUB. GLP PARA INTERCONEXIÓN DE TANQUES, VAPORIZADORES Y LÍNEA DE LLENADO. ACERO AZULADO 60 RIGIDIDAD 90 INDICADO
- TUB. GLP RED PRINCIPAL DE CONSUMO GLP
- TUB. GLP RED SECUNDARIA DE CONSUMO
- TUB. GLP CUI EMPUJADA Ø 1/2", 3/4"
- BALSA TUBERÍA GLP
- SUBE TUBERÍA GLP
- VALVULA DE ESFERICA DE 1/4 DE VUELTA
- TUBERÍA SUBE/BAJA CON VALVULA ESFERICA DE 1/4 DE VUELTA
- REGULADOR DE PRESION PRIMERA ETAPA. PRESION 1588 KPa (23 PSI)
- REGULADOR DE PRESION SEGUNDA ETAPA
- MANOMETRO
- CODIGO RECTO A 90°
- TEE RECTA
- WESIDOR DE FILLO GLP AMERICAN METER AC-250

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- TODAS LAS TUBERIAS SERAN DE MATERIAL COBRE TIPO L
- LAS UNIONES DE TUBERIAS SE HARAN CON SOLDADURA FUERTE PUNTO DE FUSION A 535°C CON ALEACION DE PLATA AL 15%
- LAS ESPECIFICACIONES SE BASAN EN NORMAS TECNICAS ASTM B-88

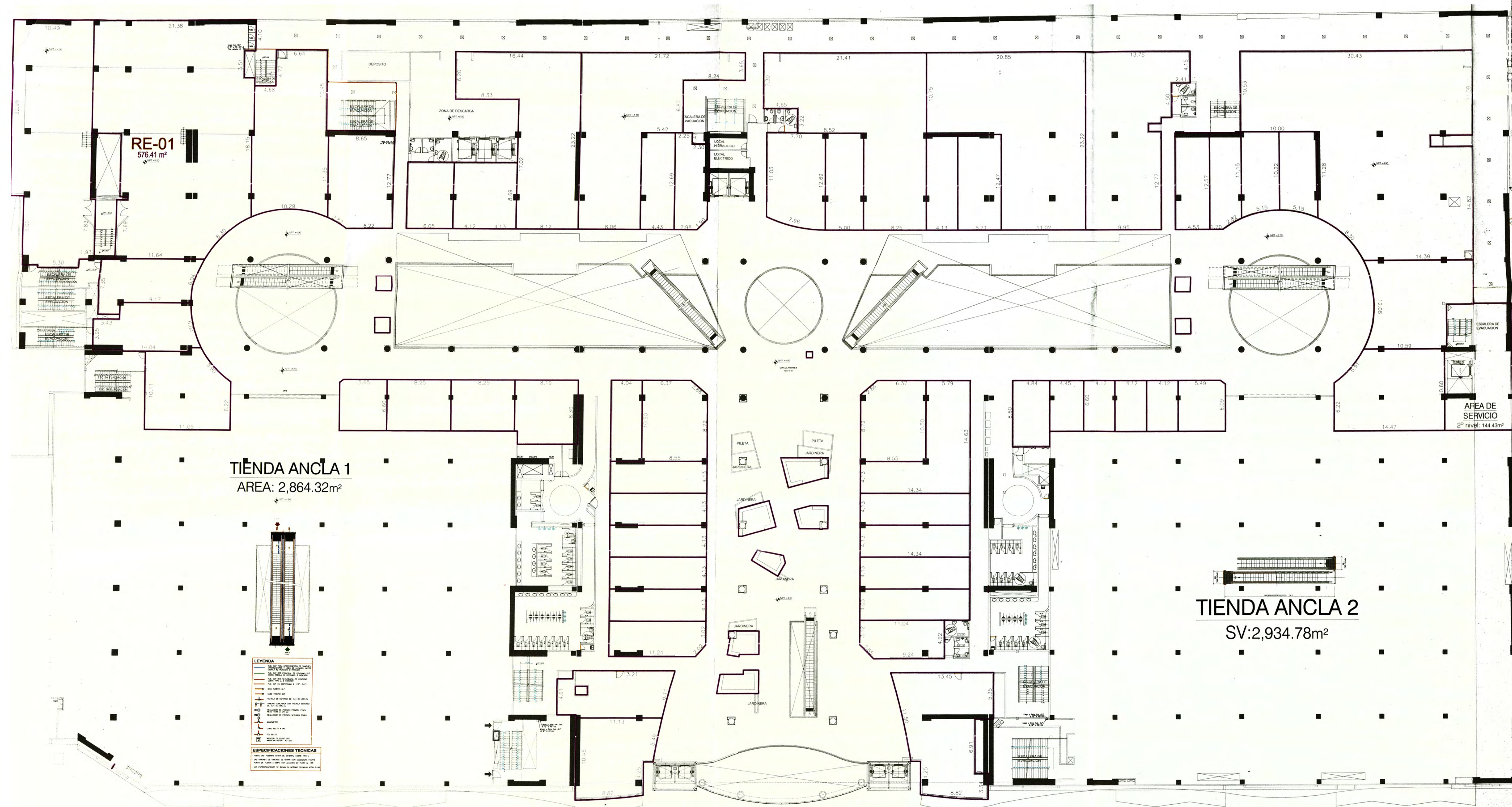
OBSERVACIONES:

PROYECTO:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TANQUES Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GLP

DIBUJO: RTA

ESCALA DIBUJO:
 INDICADA

PLANO:
01
 DE : TERCER NIVEL



RE-01
576.41 m²

TIENDA ANCLA 1
AREA: 2,864.32m²

TIENDA ANCLA 2
SV: 2,934.78m²

LEYENDA

- TUB. GLP PARA INTERCONEXION DE TANQUES, MANOMETROS Y LINEA DE LLENADO, ACERO CEDAIA RO ROSGADO, Ø INDICADO
- TUB. GLP RED PRINCIPAL DE CONSUMO, GLP ACERO CEDAIA RO ROSGADO, Ø INDICADO
- TUB. GLP RED SECUNDARIA DE CONSUMO, COBRE TIPO L, Ø INDICADO
- TUB. GLP CU EMPOTRADA Ø 1/2", 3/4"
- Baja tubería GLP
- Sube tubería GLP
- VALVULA DE ESFERICA DE 1/4 DE VUELTA
- TUBERIA SUPER/BABA CON VALVULA ESFERICA DE 1/4 DE VUELTA
- REGULADOR DE PRESION PRIMERA ETAPA, REDUC 1588 LV 20 PSI
- REGULADOR DE PRESION SEGUNDA ETAPA
- MANOMETRO
- CODO RECTO A 90°
- TEE RECTA
- MEZCLOR DE FLEJO GLP AMERICAN METER AC-250

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- TODAS LAS TUBERIAS SERAN DE MATERIAL COBRE TIPO L
- LAS UNIONES DE TUBERIAS SE HARAN CON SOLDADURA FUERTE
- PUNTO DE FUSION A 538°C CON ALICATA DE PLATA AL 15%
- LAS ESPECIFICACIONES SE BASAN EN NORMAS TECNICAS ASTM B-88

LEYENDA

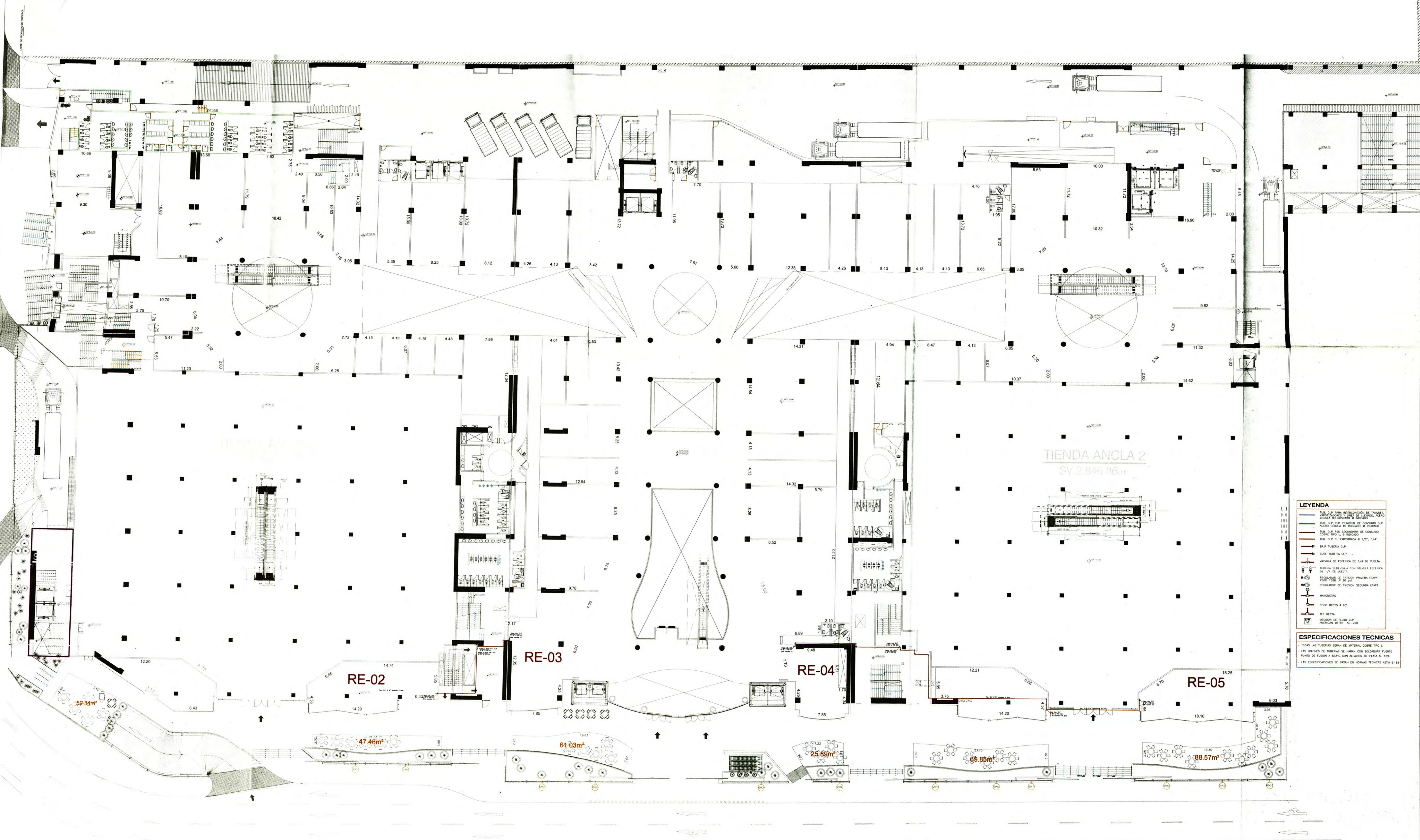
- ESPECIFICACIONES TECNICAS

PROYECTO:
DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TANQUES Y REDES DE DISTRIBUCION DE GLP

DIBUJO:
RTA

ESCALA DIBUJO:
INDICADA

PLANO:
02
DE: SEGUNDO NIVEL



LEYENDA

- TUB. GLP PARA INTERCONEXION DE TANQUES, VENTILADORES, Y LINEA DE CILINDRO, ACERO CERRADO ROZADO 8" INDICADO
- TUB. GLP REO SERVICIOS DE COMERCIO GLP ACERO CERRADO 40" ROZADO, 8" INDICADO
- TUB. GLP REO SERVICIOS DE COMERCIO COMO: TPO L, B INDICADO
- TUB. GLP C/1 EMPUJONA 8" 1/2", 3/4"
- VALV. TUBERIA GLP
- VALV. TUBERIA GLP
- VALV. DE ESPERA DE 1/4 DE VUELTA
- TUBERIA SUB/VALV. CON VALV. ESTEREA DE 1/4 DE VUELTA
- REGULADOR DE PRESION PRIMERA ETAPA REG. TAMB. IV 20 PSI
- REGULADOR DE PRESION SEGUNDA ETAPA
- MANOMETRO
- COUDO RECTO A 90°
- TEE RECTA
- MEJOR DE FLUJO GLP AMERICAN METER 40-250

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- TODAS LAS TUBERIAS SON DE MATERIAL COMO: TPO L
- LAS UNIONES DE TUBERIAS SE HARAN CON SOLDADURA FUERTE PUNTO DE FUSION A 580°C CON ALEACION DE PLATA AL 15%
- LAS ESPECIFICACIONES SE BASAN EN NORMAS TECNICAS ASTM 8-88

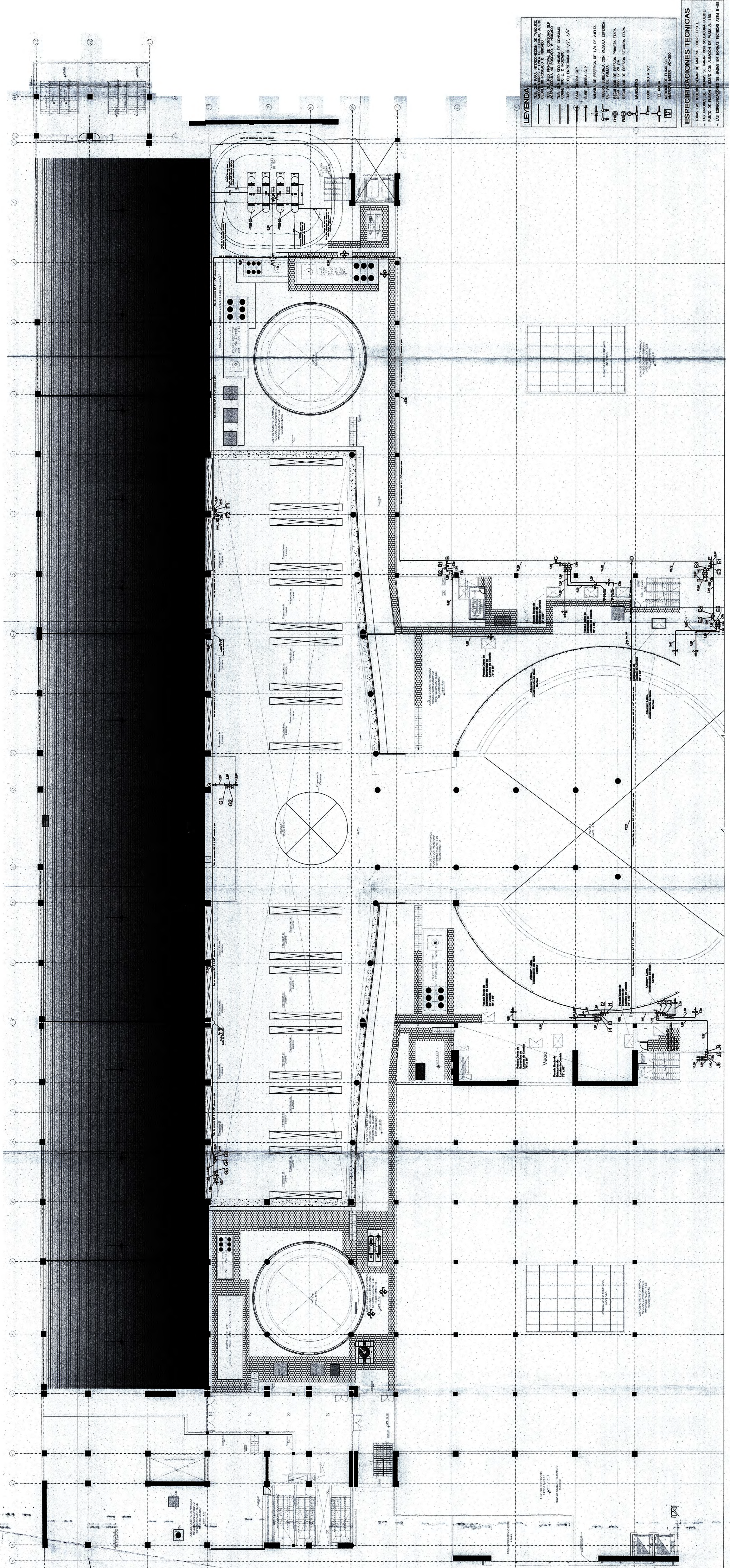
PROYECTO:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TANQUES Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GLP

DIBUJO:
RTA

ESCALA DIBUJO:
INDICADA

PLANO:
03
 DE : PRIMER NIVEL

OBSERVACIONES:

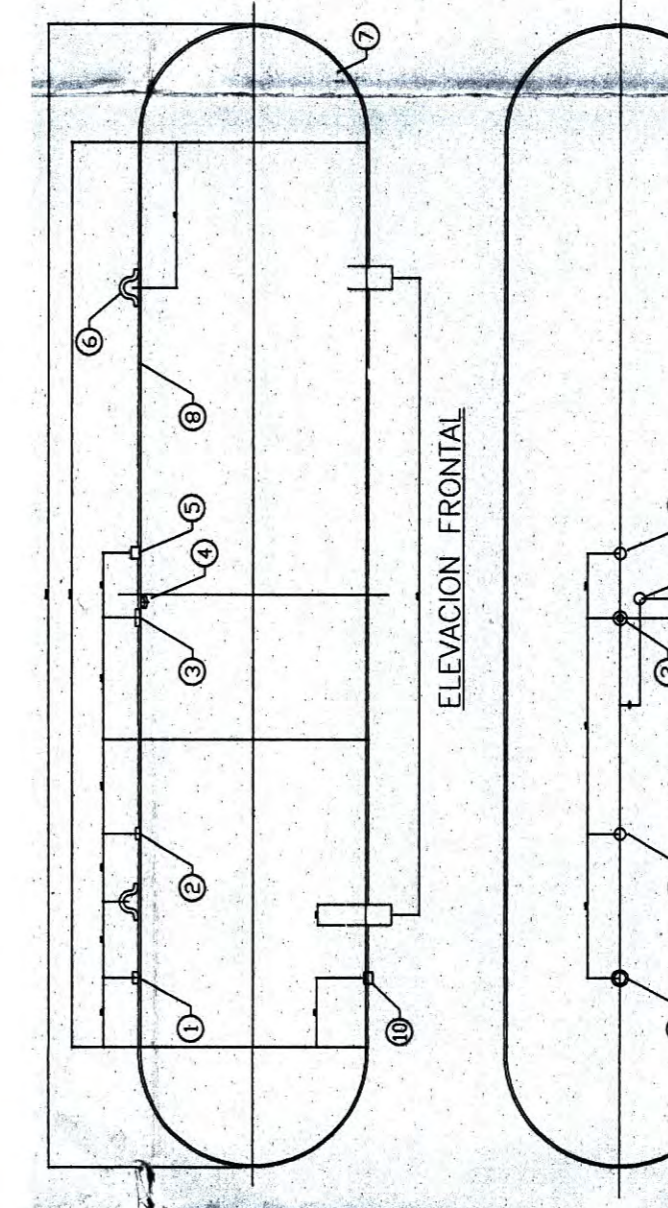


LEYENDA

Línea con símbolo de válvula: Válvula de seguridad
 Línea con símbolo de medidor: Medidor de flujo
 Línea con símbolo de tubería: Tubería de gas
 Línea con símbolo de tubería: Tubería de agua
 Línea con símbolo de tubería: Tubería de drenaje
 Línea con símbolo de tubería: Tubería de ventilación
 Línea con símbolo de tubería: Tubería de electricidad
 Línea con símbolo de tubería: Tubería de agua fría
 Línea con símbolo de tubería: Tubería de agua caliente

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

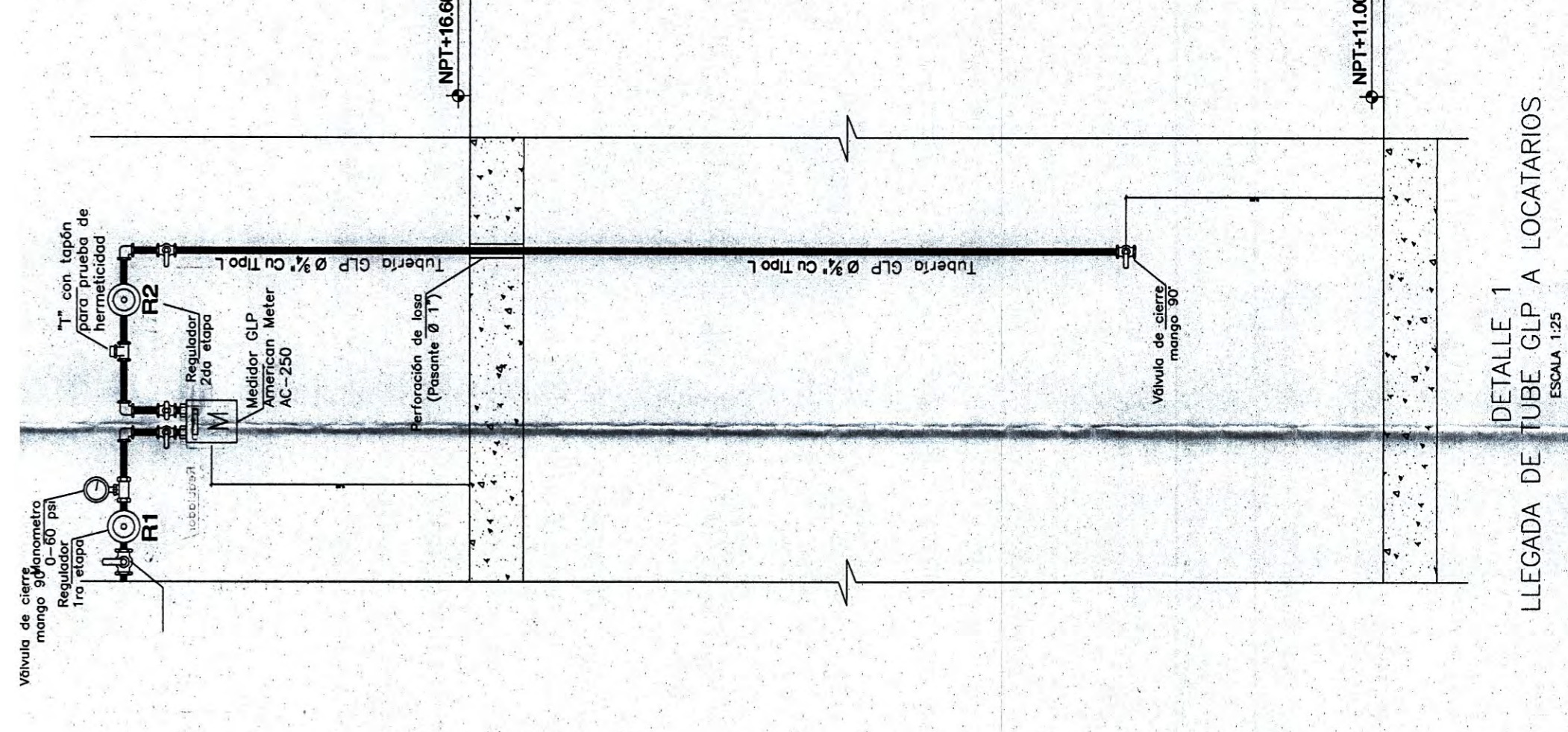
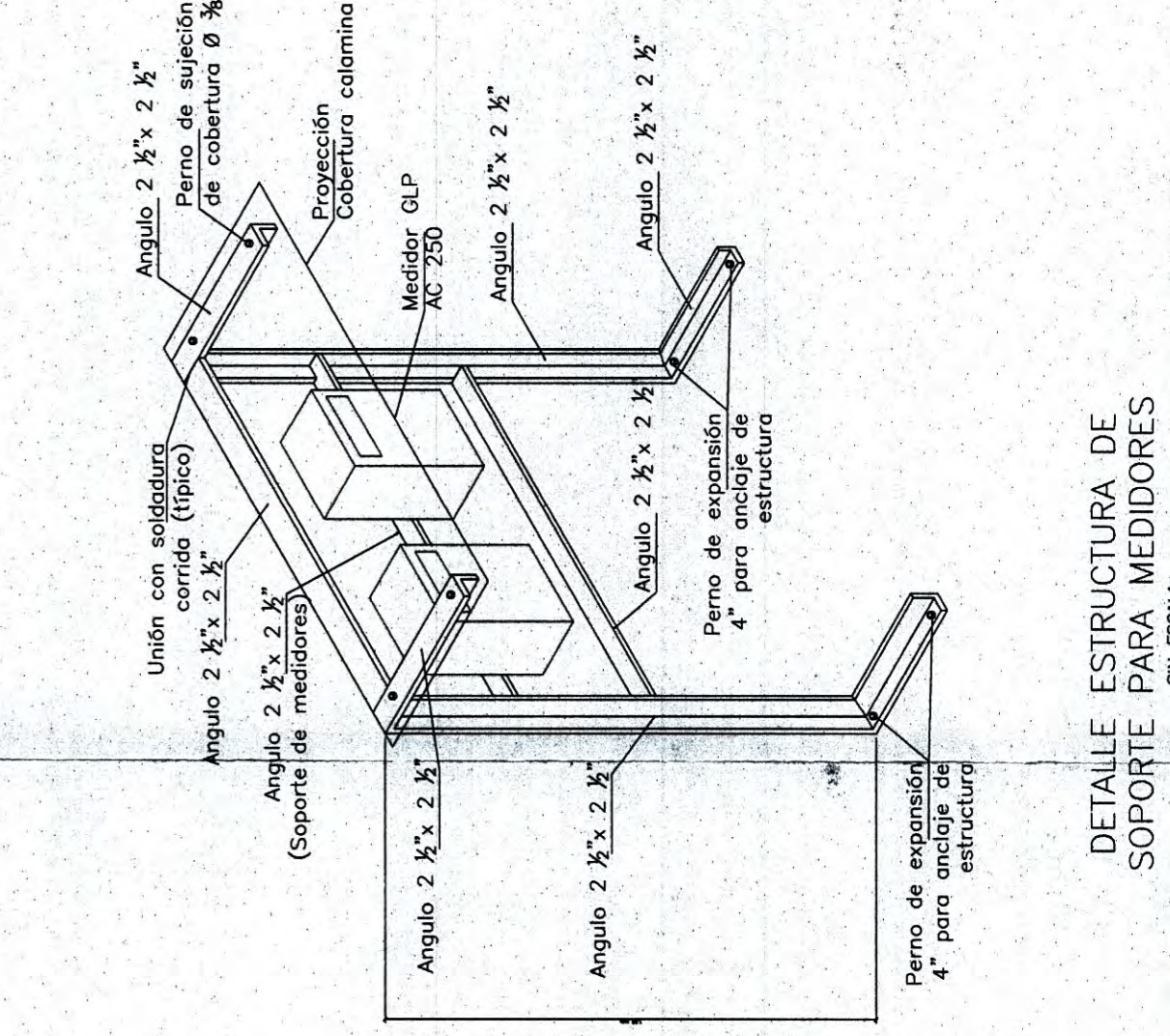
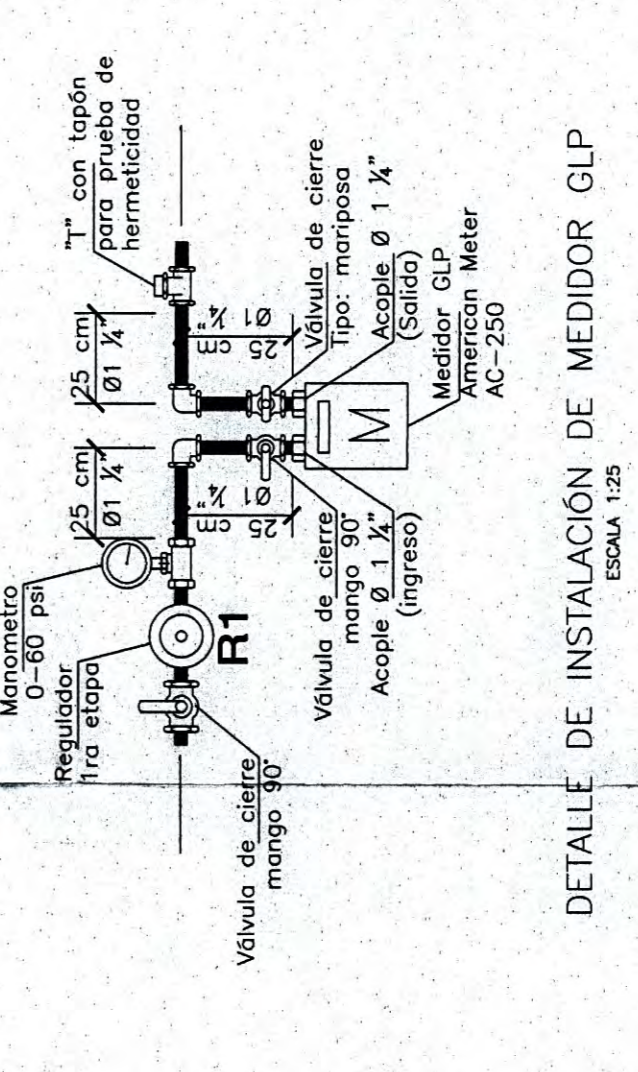
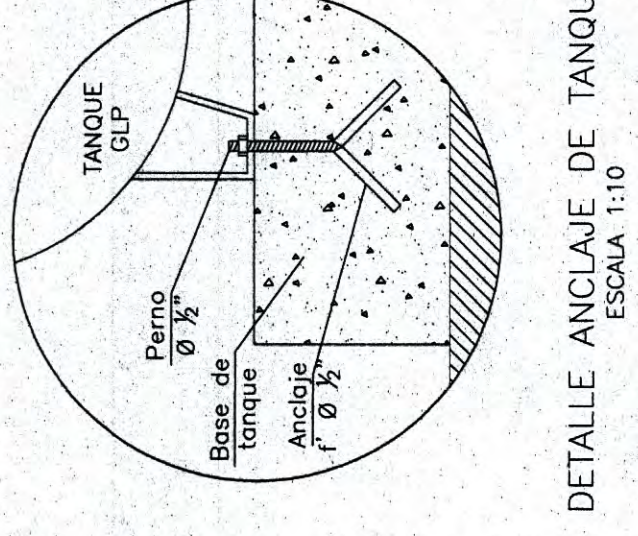
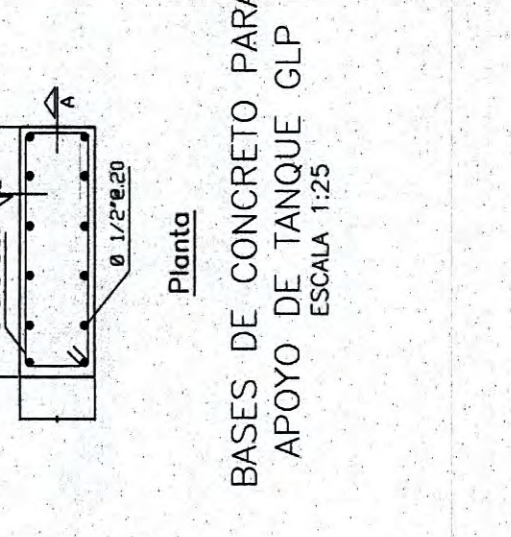
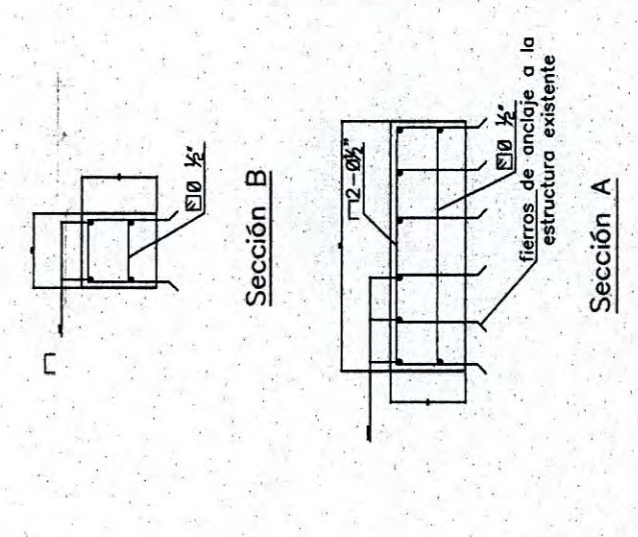
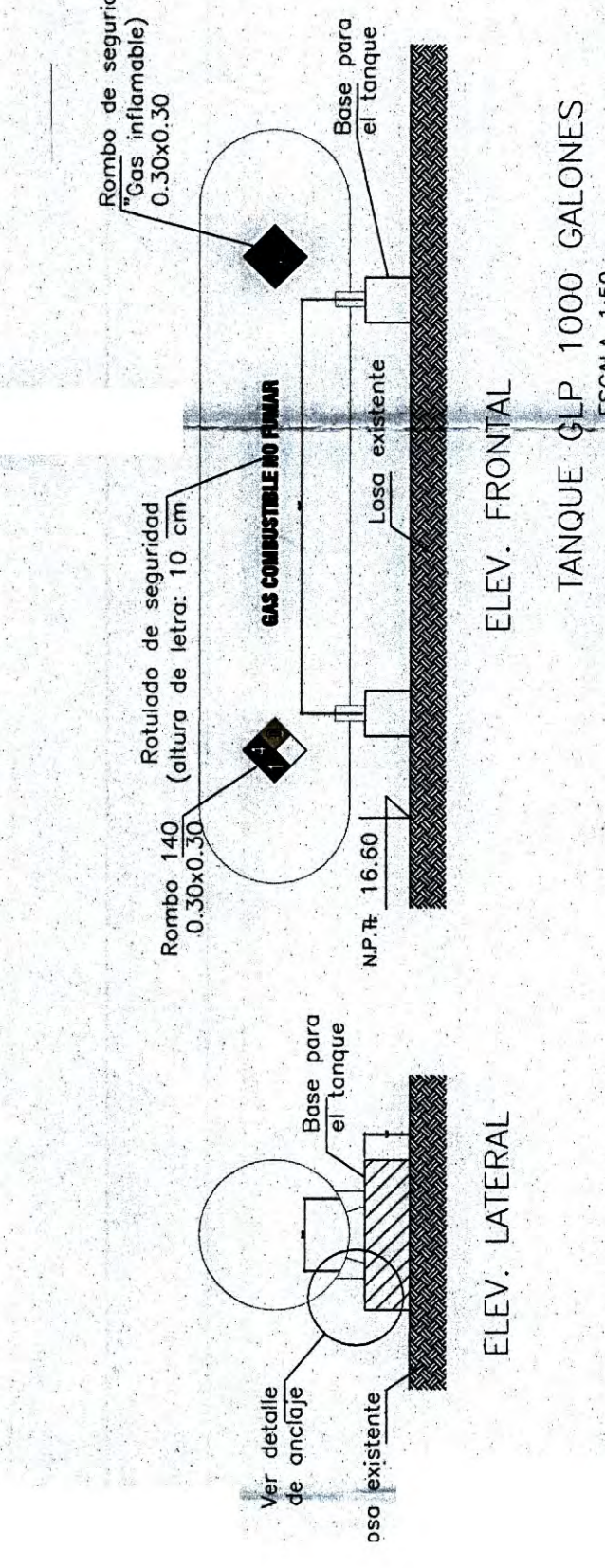
TUBERÍA: TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO PARA GAS (ASTM A 106) PARA GAS Y TUBERÍA DE ALUMINUM BRASS (ASTM B 111) PARA AGUA.
 VALVULAS: VALVULAS DE SEGURIDAD DE 1/2" DE MUELTA, VALVULAS DE CIERRE TIPO MANSIONA (CERRADO POR DEFECTO) PARA GAS Y VALVULAS DE CIERRE TIPO MANSIONA (CERRADO POR DEFECTO) PARA AGUA.
 MEDIDORES: MEDIDORES DE FLOWMETER TIPO MANSIONA (CERRADO POR DEFECTO) PARA GAS Y MEDIDORES DE FLOWMETER TIPO MANSIONA (CERRADO POR DEFECTO) PARA AGUA.
 TUBERÍA DE DRENAJE: TUBERÍA DE DRENAJE TIPO MANSIONA (CERRADO POR DEFECTO) PARA AGUA.
 TUBERÍA DE VENTILACIÓN: TUBERÍA DE VENTILACIÓN TIPO MANSIONA (CERRADO POR DEFECTO) PARA AGUA.
 TUBERÍA DE ELECTRICIDAD: TUBERÍA DE ELECTRICIDAD TIPO MANSIONA (CERRADO POR DEFECTO) PARA AGUA.
 TUBERÍA DE AGUA FRÍA: TUBERÍA DE AGUA FRÍA TIPO MANSIONA (CERRADO POR DEFECTO) PARA AGUA.
 TUBERÍA DE AGUA CALIENTE: TUBERÍA DE AGUA CALIENTE TIPO MANSIONA (CERRADO POR DEFECTO) PARA AGUA.



TANQUE GLP 1000 GALONES

ESCALA 1:20

ITEM	DESCRIPCIÓN	ACCESORIOS	CÓDIGO
1	Copie NPT 8 1/2" x 300 lbs.	Válvula de seguridad	84542_RESD
2	Copie NPT 8 1/2" x 300 lbs.	Válvula de drenaje	7390_REDO
3	Copie NPT 8 1/2" x 300 lbs.	Medidor de volumen	2435_REDO
4	Copie NPT 8 1/2" x 300 lbs.	Válvula de drenaje	7390_REDO
5	Copie NPT 8 1/2" x 300 lbs.	Válvula de drenaje	7390_REDO
6	Válvula 8 1/2"	Orotaje de 1/2"	SA-285-56-C
7	Plancha 5.00 mm 1/2"		SA-114-C
8	Plancha 6.00 mm 1/2"		SA-114-C
9	Plancha 6.00 mm 1/2"		SA-114-C
10	Copie NPT 8 1/2" x 300 lbs.	Patas de apoyo	



sumo GLP Ø 1 1/2" adosada a piso

Tubo de conexión GLP Ø 1 1/2" adosada a piso

Radio de 6.10 mts. alrededor del tanque. Distancia mínima a equipos de aire acondicionado

Dentro de esta área (3 mts. alrededor del tanque) no debe existir ninguna abertura (ductos, puertas o ventanas)

LIMITE DE PROPIEDAD CON LOTE VECINO



8.40

A1

10

7

17.80

Tanque GLP 1000 glns

8.20

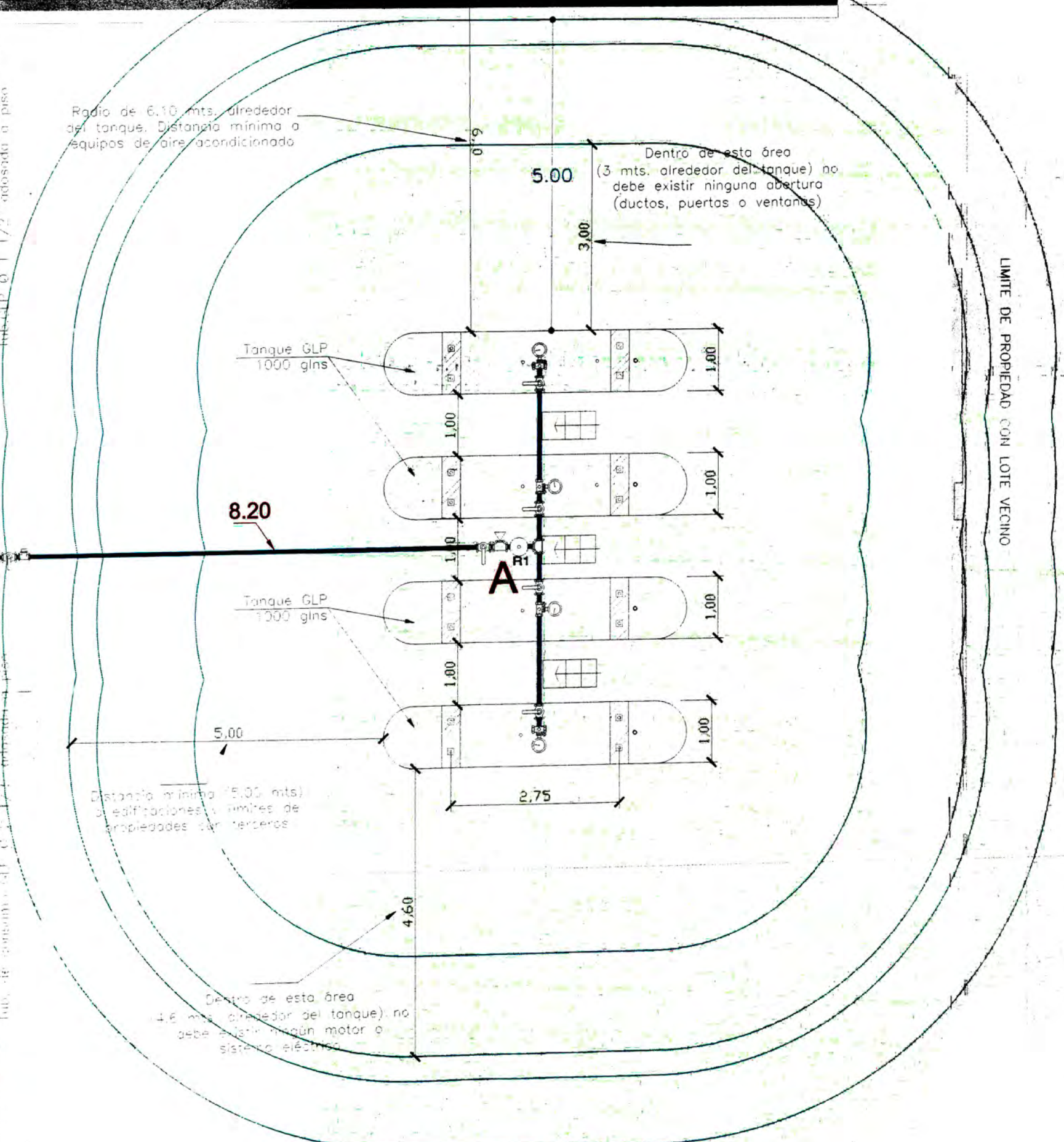
Tanque GLP 1000 glns

A

R1

Distancia mínima (5.00 mts) a edificaciones y límites de propiedades con terceros

Dentro de esta área (4.6 mts. alrededor del tanque) no debe existir ningún motor o sistema eléctrico



OBSERVACIONES:

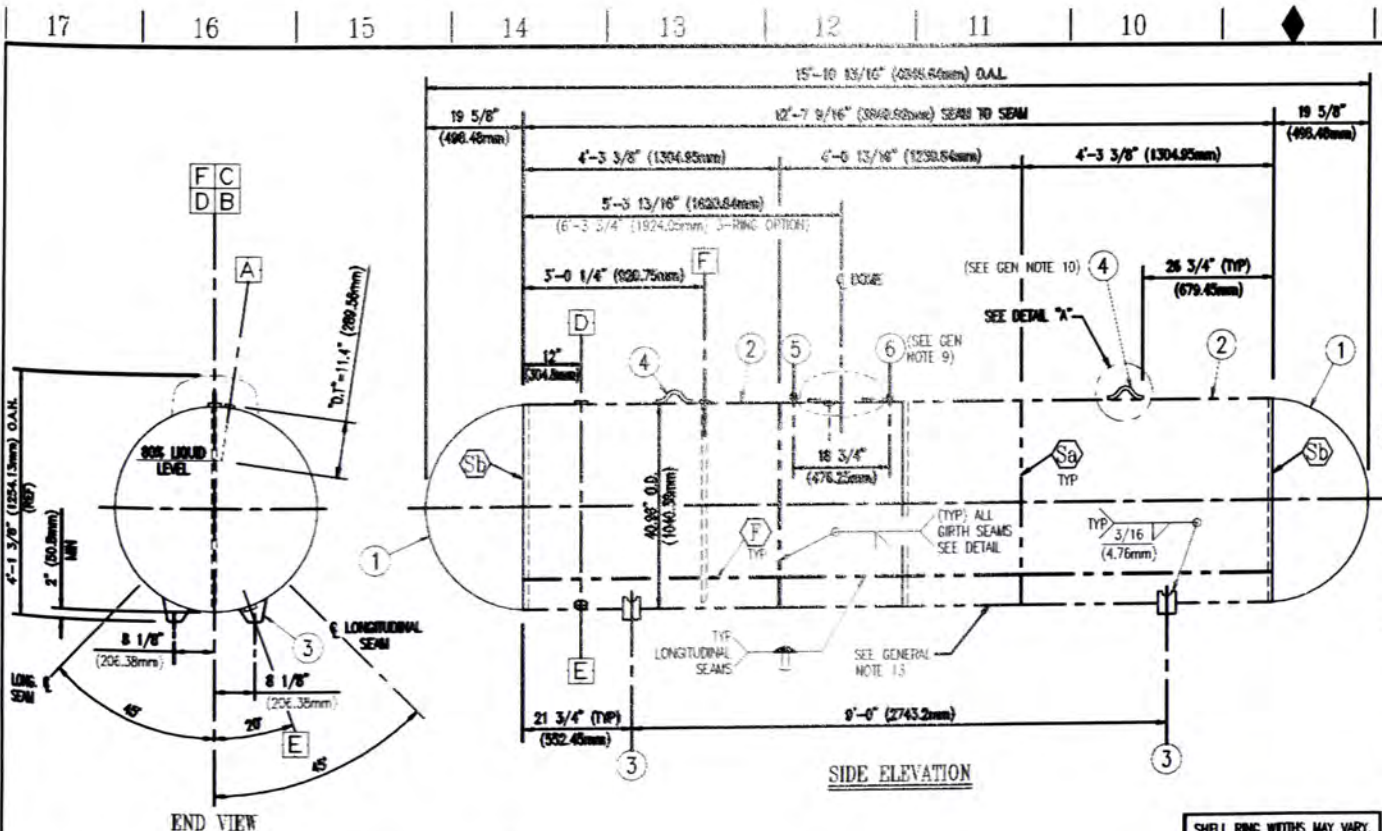
PROYECTO:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN
DE UN SISTEMA
DE TANQUES Y REDES
DE DISTRIBUCIÓN DE GLP

DIBUJO:
RTA

ESCALA DIBUJO:
INDICADA

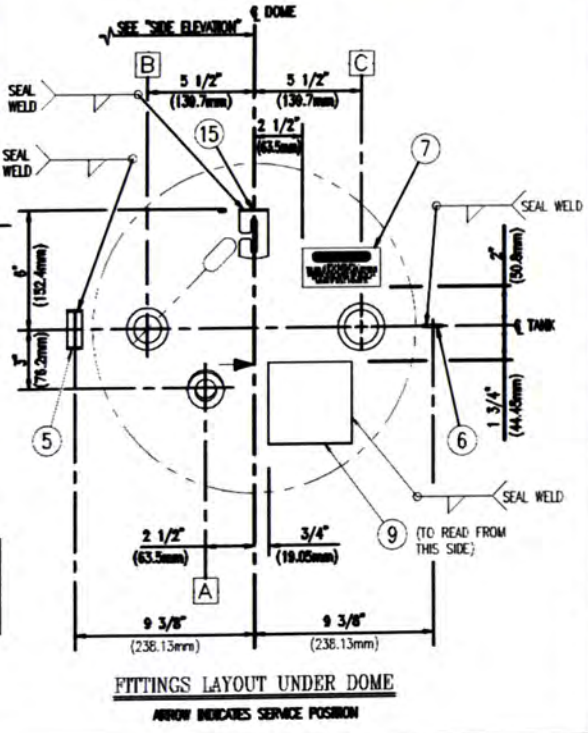
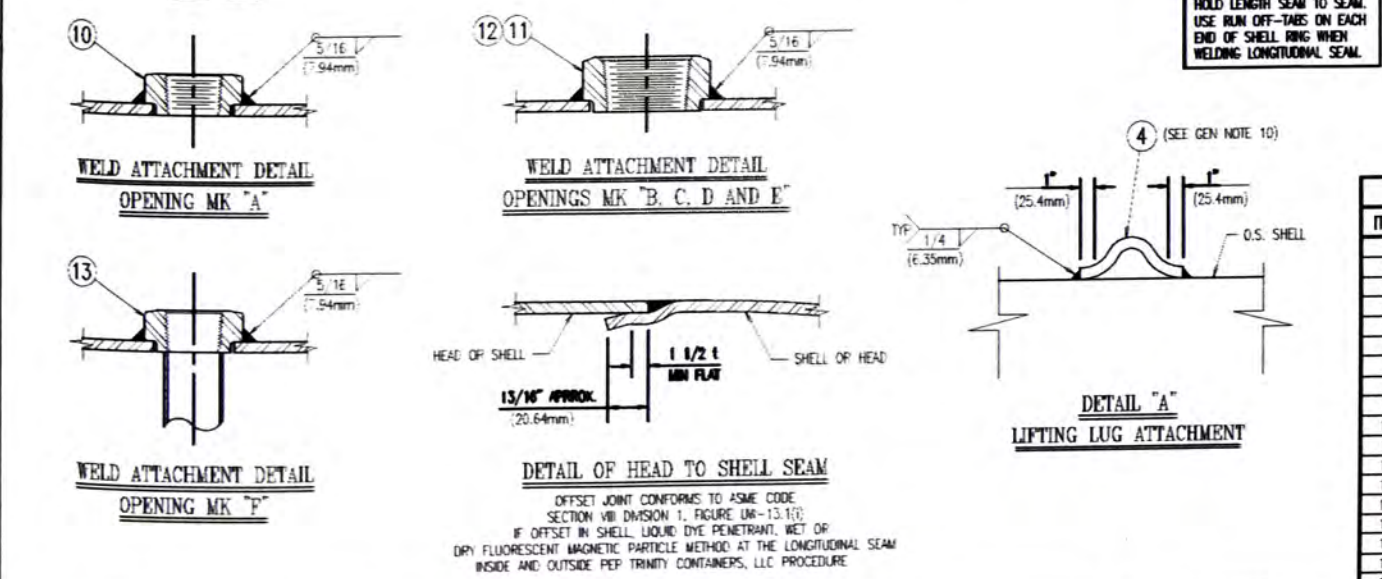
PLANO:
05
DE: ZONA TANQUES

OBSERVACIONES:



LINE	ITEM 18 PART NO	QUANTITY	PAINT COLOR
01	2710001	5.62 LBS./2.55 kg	WHITE 01
02	2710002	5.62 LBS./2.55 kg	ALUM 02
03	2710003	5.62 LBS./2.55 kg	TAN 03
04	2710004	5.62 LBS./2.55 kg	MOSS GREEN 04
05	2710005	5.62 LBS./2.55 kg	SAGE GREEN 05
25	2710045	5.62 LBS./2.55 kg	LIGHT GRAY 25

- ### CONSTRUCTION NOTES
- TANK CONFORMS TO THE LATEST EDITION, LATEST REVISION OF THE ASME CODE FOR PRESSURE VESSELS, SECTION VIII DIVISION 1, NPFA 58, TRIC DOCKET 1.
 - POSTWELD HEAT TREAT: NOT REQUIRED.
 - RADIOGRAPH: X-RAY REQUIRED PER ASME CODE. (SEE LEGEND)
 - JOINT EFFICIENCY: SHELL LONG SEAM ----- 100%
GIRTH SEAMS ----- 80%
HEADS: ONE PIECE HEMI WITH OFFSET JOINT TO SHELL ----- 80%
 - CORROSION ALLOWANCE: HEADS ----- 0, SHELL ----- 0.
 - MAXIMUM ALLOWABLE WORKING PRESSURE: 250 PSI (1.72 Mpa) AT 125°F (51.7°C); EXTERNAL: 0
 - MAXIMUM PRESSURE NEW: 250 PSI (1.72 Mpa) AT 125°F (51.7°C) LIMITED BY HEADS AND SHELL. MDMT: -20°F (-28.8°C) AT 250 PSIG (1.72 Mpa).
 - HYDROSTATIC TEST PRESSURE: 400 PSI (2.76 Mpa) (MIN).
 - MAXIMUM ALLOWABLE STRESS AT 125°F (51.7°C): HEADS ----- 15,700 PSI SHELL ----- 21,400 PSI
 - WELDING AND WELDING MATERIALS SHALL BE ACCORDING TO APPROVED TRINITY CONTAINERS, LLC PROCEDURES: WM-DT002
WM-DT004
WM-DT320
 - DIMENSIONS GIVEN ON A CURVED SURFACE ARE ALONG OUTSIDE CURVATURE.
 - MAXIMUM WELD REINFORCEMENT INSIDE AND OUTSIDE IS AS LISTED:
LONGITUDINAL JOINTS: 3/32" (2.38mm)
CIRCUMFERENTIAL (HEAD TO SHELL): 3/32" (2.38mm)
CIRCUMFERENTIAL (SHELL TO SHELL): 5/32" (3.97mm)
 - VESSEL SHALL BE CLEANED INSIDE AND OUTSIDE, FREE OF DIRT, GREASE, DEBRIS, LOOSE MILL SCALE, WELD SPATTER, ETC.
 - THIS VESSEL WILL HAVE THE FITTINGS INSTALLED AND AIR TESTED IN ACCORDANCE WITH APPROVED TRINITY CONTAINERS, LLC STANDARD Q5-LP-B.
 - DIMENSION TOLERANCES PER TRINITY CONTAINERS, LLC STANDARD DRAWING 1711190015.
 - VESSEL FINISH: APPLY POWDER COATING PER CS-4005 & CA-4002.
 - THIS VESSEL IS TO BE VACUUM PURGED IN ACCORDANCE WITH APPROVED TRINITY CONTAINERS, LLC PROCEDURES.
 - ESTIMATED WEIGHT: 1,729 LBS. (784.3 kg)



- ### MATERIAL SPECIFICATIONS
- HEADS: ----- SA285C OR SA414C
SHELL: ----- SA455
STRUCTURAL: ----- P-1, SA36 OR EQUAL
COUPLINGS: ----- SA105 OR EQUAL
INTERNAL PIPE: ----- A120, P-1 OR EQUAL
- ### GENERAL NOTES
- OPENING "T": PROVIDE WITH WITHDRAWAL TUBE ASSEMBLED PER 1711220004.
 - OPENINGS "A, B, C, D, E AND F" ARE SET FLUSH.
 - VALVE KIT (ITEM 16) SHALL BE SHIPPED INSTALLED ON TANK.
 - INSTALL FLOAT GAUGE WITH ARM SET 45° OFF AXIS OF TANK AS INDICATED IN FITTING LAYOUT.
 - OUTSIDE SURFACE AREA IS 173 SQ. FT. (16.1 SQ. M.), MINIMUM RELIEF REQUIRED FOR LPG IS 3,670 SCFM.
 - TAG KIT (ITEM 8) MUST BE WIRED TO MULTIVALVE PRIOR TO SHIPMENT. SERIAL NUMBER TAG (ONLY) TO BE REMOVED BEFORE SHIPPING.
 - VALVE MANUFACTURER INSTRUCTIONS ARE TO BE SENT WITH TANK TO CUSTOMER.
 - NAMEPLATES:
- 171129007 WILL BE USED IF VESSEL IS FABRICATED IN THE USA.
- 171129047 WILL BE USED IF VESSEL IS FABRICATED IN MEXICO.
 - SEAL WELD HINGE (ITEM 5) AND KEEPER (ITEM 6) TO VESSEL.
 - SHOP TO VERIFY THAT AT LEAST 1" OF EACH LEG OF THE LIFTING LUG IS IN CONTACT WITH THE VESSEL BEFORE SEAL WELDING TO THE VESSEL.
 - OPENING "E" HEX HEAD PLUG MUST BE INSTALLED IN ACCORDANCE WITH TRINITY CONTAINERS, LLC QUALITY ASSURANCE STANDARD Q5-LP-B.
 - THIS DRAWING WILL SUPERSEDE DT-1-1000.
 - FOR TANKS BUILT IN MEXICO:
THE SHOP HAS THE OPTION TO USE (3) SHELL RINGS. THE SHOP WILL USE PART NUMBERS 1711050005-03, IN PLACE OF ITEM 2. LONGITUDINAL ARE SEAMS TO BE ALTERNATED, QUANTITY OF 3.
SHOP WILL REFERENCE PUNCH PLATE DRAWINGS 1711190085 & 1711190086 IN LIEU OF 1711190026.

PARTS LIST

ITEM	PART NO.	QTY	DESCRIPTION
1	1711010003	2	HEAD, HEMI, 40.96" OD (1040.38mm) x 0.202" (5.13mm) MIN. THR.
2	1711050005-01	2	SHELL RING, 0.238" (6.05mm) THR x 76 1/4" (1936.75mm) LG
3	1711180002	4	LEG, SUPPORT, 3 1/2" (88.9mm)
4	1711150002	2	LUG, LIFTING, DOMESTIC
5	1711190001	1	HINGE, TANK, HOT DIPPED GALV. G-30 STL
6	1711190003	1	KEEPER, TANK, HOT DIPPED GALV. G-30 STL
7	0908001	1	DECAL, "NOTICE" TR-7391
8	0907001	1	KIT, TAG (SEE GENERAL NOTE 6)
9	1711290007	1	NAMEPLATE (SEE GENERAL NOTE 8)
10	1711240001	1	COUPLING, FLANGED, 3/4" (19.05mm)
11	1711240002	1	COUPLING, FLANGED, 1" (25.4mm)
12	1711240003	3	COUPLING, FLANGED, 1 1/4" (31.75mm)
13	1711220004	1	WITHDRAWAL TUBE, 40.96" (1040.38mm) OD
14	1801250530001	1	PLUG, 1 1/4" (31.75mm) MNPT
15	1711190004	1	BRACKET, REGULATOR
16	0907008	1	VALVE KIT, REGO OR CAVAGNA (SEE GENERAL NOTE 3)
17	230806004	1	FLOAT GAUGE, ROCHESTER OR TAYLOR (SEE GENERAL NOTE 4)
18	SEE LINE CHART		COATING (SEE CONSTRUCTION NOTE 16)

PLANO 06

MARK	QTY	SIZE	DESCRIPTION	SERVICE	ITEM	PROJ	WELD	ATTACH FIG.	GEN. NOTES
F	1	3/4"	COUPLING, FLANGED	LIQUID OUT	13	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	1,2
E	1	1 1/4"	COUPLING, FLANGED	LIQUID (PLUGGED)	12, 14	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	2
D	1	1 1/4"	COUPLING, FLANGED	RELIEF VALVE	12	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	2,5
C	1	1 1/4"	COUPLING, FLANGED	FILL	12	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	2
B	1	1"	COUPLING, FLANGED	FLOAT GAUGE	11	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	2,4
A	1	3/4"	COUPLING, FLANGED	MULTIVALVE	10	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	2,6

X-RAY LEGEND

⊕ FULL OF RADIOGRAPHIC PER WRITTEN PROCEDURES
⊗ SPOT REQUIRED PER UW-11(a)(5)(b)
⊙ SPOT PER UW-11(b)

TRINITY CONTAINERS, LLC

THE DRAWINGS AND THE INFORMATION SHOWN THEREON ARE COPYRIGHTED BY TRINITY CONTAINERS, LLC (2009) AND THE SOLE PROPERTY OF TRINITY CONTAINERS, LLC. NEITHER THE DRAWINGS NOR SUCH INFORMATION IS TO BE USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT WAS SPECIFICALLY FURNISHED FROM TRINITY CONTAINERS, LLC. NOR IS ANY REPRODUCTION AUTHORIZED WITHOUT WRITTEN PERMISSION.

DRAWN: BBN 6-9-06
CHKD: JF 6-9-06
APPD: JCP 6-9-06

TANK, HORIZONTAL DOMESTIC
40.96" OD (1040.38mm), 1000 NOM WG
(3785 l), 250 PSI (1.72 Mpa)
TRINITY CONTAINERS, LLC STANDARD A/G PROPANE FOR NON-CORROSIVE SERVICE

DRAWING NO: 0074001100001
SHEET 1 of 1
REV: F
DATE: 1-30-02

REFERENCE DRAWING LIST

MARK	QTY	DESCRIPTION
F	1	NAMEPLATE
E	1	WITHDRAWAL TUBE
D	1	PUNCH LAYOUT
C	1	TOLERANCE CHART
B	1	REGULATOR BRACKET
A	1	KEEPER
	1	TANK HINGE
	1	LEG, SUPPORT
	1	LIFTING LUG
	1	WARRANTY TAG
	1	LP GAS DECAL

SCHEDULE OF OPENINGS

MARK	QTY	SIZE	DESCRIPTION	SERVICE	ITEM	PROJ	WELD	ATTACH FIG.	GEN. NOTES
F	1	3/4"	COUPLING, FLANGED	LIQUID OUT	13	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	1,2
E	1	1 1/4"	COUPLING, FLANGED	LIQUID (PLUGGED)	12, 14	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	2
D	1	1 1/4"	COUPLING, FLANGED	RELIEF VALVE	12	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	2,5
C	1	1 1/4"	COUPLING, FLANGED	FILL	12	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	2
B	1	1"	COUPLING, FLANGED	FLOAT GAUGE	11	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	2,4
A	1	3/4"	COUPLING, FLANGED	MULTIVALVE	10	TO SUIT	5/16	16.2 (c)	2,6

TRINITY CONTAINERS, LLC

06

DE: TANQUE

PROYECTO

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TANQUES Y REDES DE DISTRIBUCION DE GLP

DELAJO

RTA

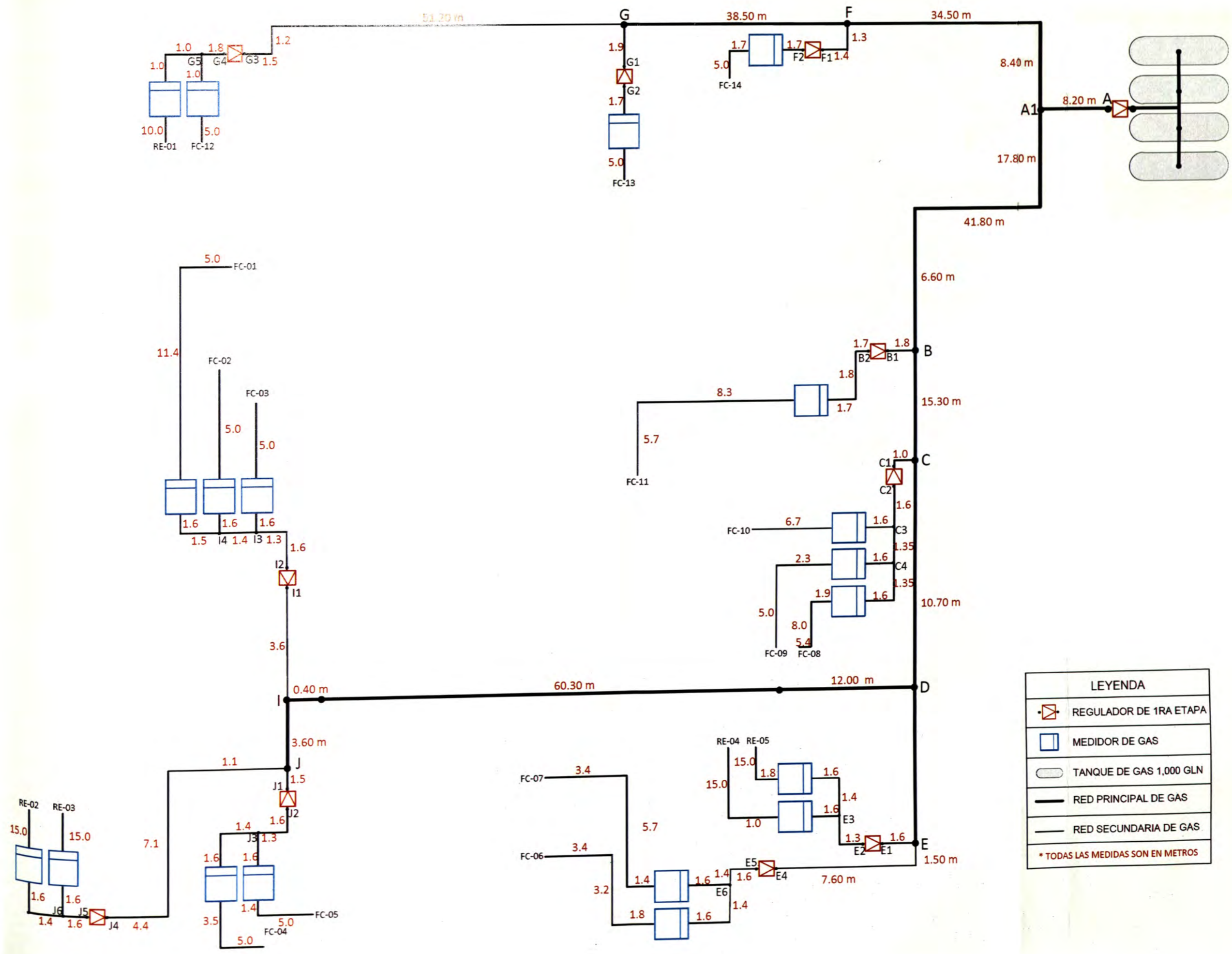
ESCALA DELAJO

INDICADA

PLANO

06

DE: TANQUE



LEYENDA	
	REGULADOR DE 1RA ETAPA
	MEDIDOR DE GAS
	TANQUE DE GAS 1,000 GLN
	RED PRINCIPAL DE GAS
	RED SECUNDARIA DE GAS
* TODAS LAS MEDIDAS SON EN METROS	

OBSERVACIONES:

PROYECTO:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN
DE UN SISTEMA
DE TANQUES Y REDES
DE DISTRIBUCIÓN DE GLP

DELLJO:
RTA

ESCALA DIBUJO:
INDICADA

PLANO:

07

DE : ZONA TANQUES

ANEXO 1

Manual de Tubería de Cobre



Propiedades

Aplicaciones

Técnicas de Soldadura

INDICE

INTRODUCCION	2
El descubrimiento del cobre	2
El cobre perdura	2
El cobre hoy en día	2

TUBERIA DE COBRE

I. TUBOS ESTANDAR	4
Tipos de tubos de cobre	4
Propiedades	4
Identificación del tubo de cobre	4
II. SELECCION DEL TUBO CORRECTO	5
Ventajas del tubo de cobre	5
Recomendaciones para las aplicaciones	6
III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION	7
Dimensionamiento de sistemas de presión	7
Valores nominales de presión/resistencia al reventamiento	9
Sistemas de calefacción	10
Sistemas de descongelamiento de nieve	11
Sistemas de tubería de gas medicinal no combustible	11
Sistemas de riego y aspersión agrícola	12
Sistemas de energía solar	13
Consideraciones generales	13

TRABAJAR CON TUBOS DE COBRE

IV. DOBLADO	18
Consideraciones generales	18
V. ENSAMBLADO	19
Introducción	19
Conexiones	19
Soldaduras	19

Fundentes	20
VI. JUNTAS SOLDADAS	21
Introducción	21
Medición y corte	21
Escariado	21
Limpieza	22
Aplicación del fundente	22
Ensamble y soporte	23
Calentamiento	23
Aplicación de soldadura	24
Enfriar y limpiar	25
Pruebas	25

VII. JUNTAS SOLDADAS CON PLATA	26
Introducción	26
Metales de relleno	26
Fundentes	27
Ensamble	27
Aplicación de calor y soldadura	27
Juntas horizontales y verticales	28
Remoción de residuos	28
Sugerencias generales	28
Pruebas	28

ANEXO. SOLDADURAS CON ESTAÑO Y CON PLATA .	29
Introducción	29
Purgado	29
Información general	30

DATOS TECNICOS

Tabla de conversiones	32
Tablas 1-11	32-40

INTRODUCCION

El descubrimiento del cobre

Desde que nuestros antepasados descubrieron el cobre, el metal rojo ha servido constantemente para el avance de la civilización. Al explorar antiguas ruinas, los arqueólogos descubrieron que este resistente metal resultó de gran beneficio para la humanidad. Herramientas para la artesanía y la agricultura, armas para la caza y artículos para uso doméstico y decorativo, se forjaron a partir del cobre en las primeras civilizaciones.

Los artesanos que construyeron la gran pirámide del faraón egipcio Keops, moldearon tubo de cobre para transportar agua hasta el baño real. Un residuo de este tubo se desenterró hace algunos años en estado aún utilizable, lo que constituye un testimonio de la durabilidad y resistencia a la corrosión.

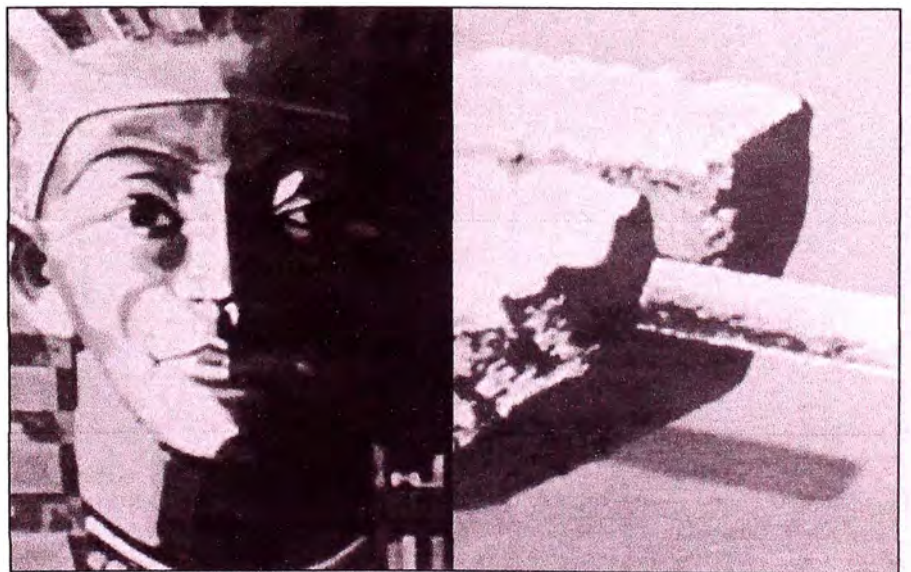
El cobre perdura

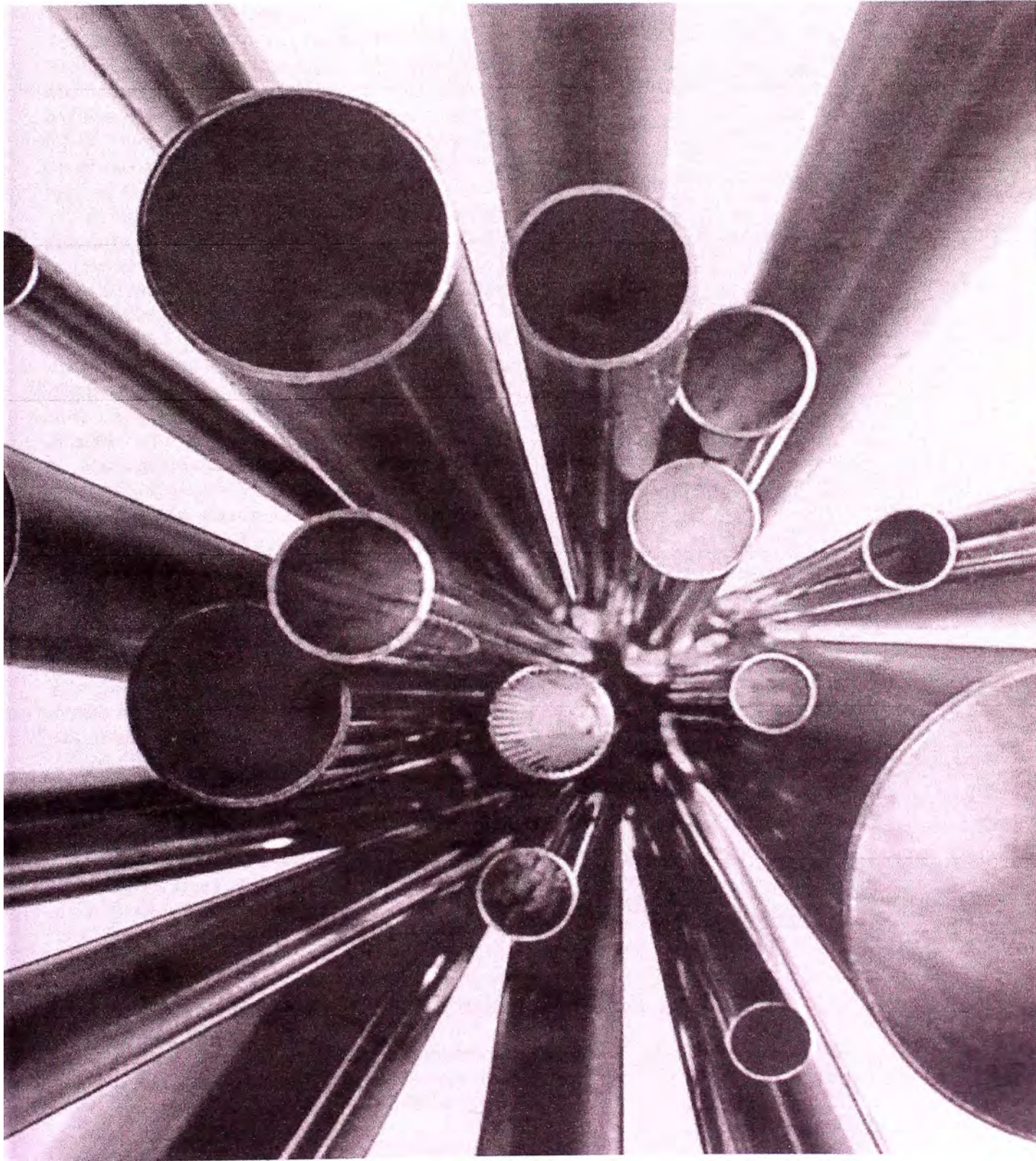
En la tecnología moderna, al aceptar que ningún material es superior al cobre para conducir agua, se ha reconfirmado a éste como el material principal para tales fines. La tubería de cobre ha confirmado su reputación como material ligero, fuerte y resistente a la corrosión, con años de servicio dentro y fuera del país. Sirve para todo tipo de construcciones: residenciales, grandes edificios de departamentos, construcciones industriales, comerciales y de oficinas.

El cobre hoy en día

En la actualidad, el tubo de cobre para instalaciones hidráulicas, calefacción y acondicionamiento del aire, se consigue en temples estirado y recocido (conocidos en el mercado como «rígido» y «flexible»), en una amplia gama de diámetros y espesores de pared. Así también accesorios prefabricados para cualquier aplicación de diseño. Las uniones son sencillas, confiables y económicas, lo que se traduce en grandes ventajas para la elección de tubería de cobre.

Cinco mil años después de Keops, se sigue desarrollando el uso del cobre, hoy en día, la industria del cobre busca ampliar la aplicación de tubería de cobre en sistemas hidráulicos para nuevas instalaciones o para remodelaciones residenciales, edificios industriales y comerciales.





1

Tipos de tubos de cobre

El tubo de cobre, por su durabilidad, es la mejor elección para sistemas hidráulicos, calefacción, refrigeración, etc. En México la fabricación de tubos se rige por especificaciones establecidas por la NMX Serie W, NOM y por la American Society for Testing and Materials (ASTM), las cuales constituyen la base de la información que se presenta en este manual.

El tubo que se suministra de acuerdo con las normas de la ASTM está hecho con cobre de una pureza mínima de 99.90% y desoxidado con fósforo, conocido como C12200 (cobre Núm. 122) o cobre DHP*; también se usan otros tipos de cobre.

La **tabla 1** (pag. 32) identifica los tres tipos estándar de tubos de cobre y sus aplicaciones más comunes; indica también la norma ASTM correspondiente para cada tipo, uso, longitudes, diámetros y temple disponibles en el mercado.

Los tubos tipo K, L, M y el tubo de gas medicinal se especifican por medio de diámetros estándar ASTM, con un diámetro exterior real siempre 1/8" mayor que la indicada en el tamaño estándar. Cada tipo representa una serie de diámetros con diferentes espesores de pared. El tubo tipo K tiene paredes más gruesas que el tipo L, y las paredes del tipo L también son más gruesas que las tipo M, para cualquier diámetro dado. Los diámetros interiores dependen del tamaño del tubo y del espesor de pared.

El tubo de cobre para aplicaciones en instalaciones de aire acondicionado, refrigeración (ACR) y gas natural (tipo G), se especifica mediante el diámetro exterior real.

El «temple» describe la resistencia y dureza del tubo. En el mercado, el tubo estirado en frío se refiere a menudo como tubo «rígido» y el recocido como tubo «flexible». Aunque el tubo estirado también se provee en un «temple flexible», no lo cubre la norma B88 de la ASTM. Este temple especial de dureza y resistencia intermedias puede especificarse para aplicaciones que requieren flexionarse. El tubo rígido puede unirse mediante soldadura común o soldadura fuerte (con plata), utilizando conexiones capilares.

El tubo flexible puede unirse mediante las mismas técnicas o también por medio de conexiones tipo flare 45° y de compresión. Asimismo, es factible expandir

el extremo de un tubo de modo que pueda unirse a otro mediante soldadura común o soldadura con plata sin una conexión capilar, el cual es un procedimiento que puede resultar eficiente y económico en muchas instalaciones.

Propiedades

En la **tabla 2** (pag. 33), se presentan las dimensiones y otras características físicas de los tubos tipo K, L, y M. Los tres tipos se usan en aplicaciones con o sin presión dentro del rango de sus respectivas presiones de trabajo, de acuerdo con la descripción de la tabla ya mencionada. Las dimensiones y las características físicas del tubo ACR se indican en la **tabla 2a** (pag. 33).

Identificación del tubo de cobre

El tubo de cobre tipo K, L, M y para gas medicinal, debe marcarse de manera permanente (grabarse) de acuerdo con las especificaciones que lo rigen para indicar:

- Tipo de tubo
- Nombre o marca comercial del fabricante
- País de origen

El tubo rígido, además de las marcas de grabado, lleva impresa esta información sobre un color que distingue su tipo (**tabla 1**, pag. 32). Los tubos ACR flexibles solo llevan marca grabada y el tubo ACR rígido además de la marca de color, tiene la marca grabada.

*Cobre desoxidado con alto contenido residual de fósforo

II. SELECCION DEL TUBO CORRECTO

Ventajas del tubo de cobre

El tubo de cobre, por fuerte y resistente a la corrosión es, sin duda, la mejor elección de los contratistas modernos para instalaciones hidráulicas, de calefacción

y de refrigeración en edificios residenciales y comerciales. Son siete las razones principales para tal preferencia:

1. El cobre es económico. La combinación del manejo, maleabilidad y fácil unión permiten ahorrar tiempo, material y costos a largo plazo. Su desempeño y confiabilidad a largo plazo representan menos reclamaciones y convierte al cobre en el material ideal y económico para tuberías.

2. El cobre es ligero. En instalaciones, la tubería de cobre que se requiere es de un espesor mucho menor que los tubos de hierro o roscados del mismo diámetro interior, por lo que cuesta menos transportarlo, es más fácil de manejar y ocupa menos espacio.

3. El cobre es maleable. Ya que el tubo de cobre se puede doblar y formar a la medida, se pueden evitar, muchas veces los codos y uniones y se puede ajustar a cualquier contorno o ángulo. Con tubos flexibles se requiere mucho menos espacio en pared y techo, esto es muy importante en proyectos de renovación o modernización.

4. El cobre es fácil de unir. Los tubos de cobre se pueden unir con conexiones capilares, las cuales permiten ahorrar material y producir uniones lisas, limpias, fuertes y libres de fugas.

5. El cobre es seguro. El tubo de cobre no se quema ni mantiene la combustión, además de que no produce gases tóxicos. Por lo tanto, no propaga el fuego a través de pisos, muros y techos. No producen compuestos orgánicos volátiles en la instalación.

6. El cobre es confiable. El tubo de cobre se fabrica con una composición bien definida de acuerdo a las normas y se marca con una identificación indeleble para que el usuario sepa el tipo de tubo y quién lo fabricó. El tubo de cobre es aceptado prácticamente por cualquier reglamento para sistemas hidráulicos.

Nota: No acepte tubos de cobre que no tengan identificado al fabricante en la superficie del tubo.

7. El cobre es resistente a la corrosión. Su excelente resistencia a la corrosión y a la formación de depósitos, asegura que el tubo de cobre ofrezca un servicio sin problemas, que se refleja en la preferencia de los clientes.

II. SELECCION DEL TUBO CORRECTO

Recomendaciones para las aplicaciones

Es responsabilidad del diseñador elegir el tipo de tubo de cobre que se usará en una aplicación en particular. Con frecuencia, la resistencia, maleabilidad y otros factores comunes determinan la elección. Los reglamentos para instalaciones hidráulicas determinan qué tipo de tubería es posible usar. Una vez tomada la decisión, es útil conocer qué tipo de tubo ha funcionado y cuál puede servir con buenos resultados de manera económica en las siguientes aplicaciones:

Servicios de agua subterráneos. Utilice el tipo M rígido para tubos rectos con conexiones y el tipo L flexible en donde sea más conveniente librar un obstáculo.

Sistemas de distribución de agua. Utilice el tipo M para instalaciones subterráneas, ocultas o visibles.

Conductos principales de agua refrigerada. Utilice el tipo M en todos los diámetros. El tipo L, donde se permite, puede utilizarse en diámetros de 1 1/4" y más grandes; sin embargo, las uniones deben efectuarse con conexiones a presión unidas mediante soldadura.

Sistemas de drenaje y ventilación. Utilice el tipo M para líneas de agua residual, de suelo y de ventilación subterráneo o visible, así como para drenajes y las bajadas pluviales de techos en los edificios.

Calefacción. Para paneles radiantes y calefacción por medio de agua, así como para sistemas de fusión de nieve, recurra al tipo L flexible, en el que los serpentines se forman en el sitio o se prefabrican, y tipo M, donde se utilicen tramos rectos. Para el calentamiento de agua y vapor de baja presión, utilice el tipo M para todos los diámetros. En líneas de retorno de condensado, el tipo L se utiliza con buenos resultados.

Calefacción solar. Vea la sección de Calefacción. En cuanto a información sobre instalaciones y colectores solares, consulte a Procobre México.

Servicios de petróleo, gas LP y gas natural. Utilice tubos de cobre de acuerdo a los reglamentos locales.

Sistemas medicinales no inflamables. Utilice tubos para gas medicinal del tipo K o L, para el uso de gas medicinal deberá cumplir con las pruebas de limpieza según las normas: CGA-G-41 (Asociación de Gas Comprimido), CSA-Z 3051 (Canadian Standards Association) y NFPA-99C (National Fire Protection Association).

Sistemas de aire acondicionado y refrigeración.

El cobre es el material indicado para el uso de refrigerantes. Utilice el tipo ACR o los que se especifiquen.

Sistemas de bombas térmicas de fuente terrestre. Utilice el tipo L o ACR cuando los serpentines del suelo se prefabrican o se ajustan en la obra, o el que se especifique.

Sistemas de aspersión contra incendio. Utilice el tipo M rígido. Donde se requiere doblar el tubo, se recomienda el tipo K o L. Los tipos K, L y M son todos aceptados por la NFPA.

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

Dimensionamiento de sistemas de presión

El diseño de un sistema de suministro de agua con tubería de cobre implica determinar el tamaño mínimo del tubo para cada parte del sistema total, equilibrando las interrelaciones de seis parámetros principales de diseño:

- Presión principal disponible.
- Presión requerida en los diferentes accesorios.
- Pérdidas de presión estática debido a la altura.
- Consumo de agua (litros por minuto o galones por minuto) en el sistema total y en cada una de sus partes.
- Pérdidas de presión debido a la fricción del flujo de agua en el sistema.
- Limitaciones de la velocidad basadas en el ruido y en la erosión.

El diseño y el dimensionamiento siempre deben apegarse a los reglamentos vigentes. Sin embargo, en el análisis final, el diseño también debe reflejar el juicio y los resultados de los cálculos de ingeniería; muchos reglamentos, especialmente los de diseño, incluyen datos y guías de diseño para dimensionar los sistemas de distribución de agua, así como ejemplos que muestran como se aplican.

Sistemas pequeños. Los sistemas de distribución residenciales se pueden dimensionar por lo general sin dificultad con base en la experiencia y en los requerimientos de los reglamentos aplicables, como en los casos de otras instalaciones pequeñas similares. En tales situaciones, no es necesario el estudio detallado de los seis parámetros de diseño anteriores. En general, las tuberías principales que alimentan las líneas de distribución pueden dimensionarse de la manera siguiente:

- Una tubería principal de 1/2" puede alimentar hasta tres líneas de 3/8",
- Una tubería principal de 3/4" puede alimentar hasta 3 líneas de 1/2" y
- Una tubería principal de 1" puede alimentar hasta 3 líneas de 3/4".

El dimensionamiento de sistemas de distribución más complejos requiere un análisis detallado de cada uno de los parámetros que se enlistaron anteriormente.

Presión. En cada elemento del sistema de distribución debe haber una presión mínima de 8 psi (0.56 kg/cm²) para que éste funcione de manera adecuada, salvo en los casos de que algunos requieran una presión mínima mayor para su correcta operación, por ejemplo:

Válvula de limpieza automática para inodoros de corte y de chorro de sifón	25 psi (1.75 kg/cm ²)
Válvulas de limpieza automática para inodoros y mingitorios	15 psi (1.05 kg/cm ²)
Grifo de manguera, llave de manguera e hidrante de pared	10 psi (0.70 kg/cm ²)

Es posible que los reglamentos y las prácticas locales difieran de lo anterior, por lo que debe consultarse siempre, todo lo relativo a los requerimientos de presión mínima. La presión de agua máxima disponible para alimentar a cada elemento depende de la presión de servicio hidráulica en el punto donde empieza el sistema de distribución del edificio (un segmento o zona de éste). Esta presión depende de la presión principal local, de los límites impuestos por los códigos locales, de la presión que desea el diseñador del sistema o de una combinación de las anteriores.

En cualquier caso, la presión no debe ser mayor a 80 psi (5.62 kg/cm²). Sin embargo, la presión total del agua no siempre está disponible en cada elemento debido a las pérdidas de presión inherentes en el sistema, las cuales incluyen: las correspondientes al flujo que pasa por el medidor de agua, las pérdidas estáticas al subir el agua a grandes alturas en el sistema, así como las pérdidas por fricción que se producen en el flujo a través de las tuberías, conexiones, válvulas y equipo.

Parte de la presión de servicio se pierde de inmediato en el flujo a través del medidor de agua, si existe alguno. La presión que se pierde depende de la relación entre el flujo y el tamaño del tubo. Las curvas y las tablas de diseño que muestran estas relaciones aparecen en la mayoría de los reglamentos de modelos y pueden conseguirse con los fabricantes de medidores.

Parte de la presión principal se pierde también al elevar el agua hasta el elemento más alto del sistema. La diferencia de altura se mide desde el medidor, o cualquier otro punto que represente el inicio del sistema (el segmento o zona) que se está considerando.

Las pérdidas por fricción en el sistema, al igual que las pérdidas a través del medidor del agua, dependen fundamentalmente del flujo del agua que circula por el sistema y del tamaño de la tubería. Para determinarlas, es necesario calcular primero la demanda de agua y, consecuentemente, el flujo del sistema.

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

Demanda de agua. Cada elemento en el sistema representa cierta demanda de agua. A continuación se muestran unos ejemplos de la demanda de agua aproximada en litros por minuto (lpm):

WC con fluxómetro	30.00
Mingitorio con fluxómetro	30.00
WC Tanque bajo	15.00
Mingitorio Llave.....	9.00
Regadera	12.00
Fregadero	12.00
Lavadero	12.00
Bidet	9.00
Lavabo	6.00

Al agregar números como los anteriores para cubrir todos los elementos en un sistema de distribución del edificio completo, se obtendría la demanda total de consumo de agua en lpm, si todos los elementos operaran al mismo tiempo, lo cual, desde luego, no ocurre. Una estimación razonable de la demanda se basa en el grado en el que varios muebles del edificio podrían realmente utilizarse en forma simultánea. Los investigadores en el Instituto Nacional de Normas y Tecnología de los Estados Unidos estudiaron este asunto hace algunos años; aplicaron la teoría de probabilidad y observaciones de campo al problema de la vida real del uso simultáneo de elementos de instalaciones hidráulicas.

El resultado fue un sistema para estimar la demanda total de agua que se basa en suposiciones razonables acerca de la probabilidad del uso simultáneo de muebles. De este estudio proviene el concepto de unidades mueble. A cada tipo de mueble se le asigna un valor de unidad de mueble que refleja:

1. Su demanda de agua, esto es, el flujo en el mueble cuando éste se utiliza.
2. La duración de tiempo promedio del flujo cuando se emplea el mueble.
3. La frecuencia con la que probablemente se use el mueble.

Los valores de unidad mueble asignados varían en cada región. Consulte los valores que se utilizan en los reglamentos hidráulicos locales.

El total de los valores de unidad de elemento para todos los elementos en el sistema, o para cualquier parte del sistema de distribución, representa una medida

de la carga que la combinación de elementos produce en el sistema hidráulico y en el sistema de alimentación. Este total de unidades de elemento puede traducirse en una demanda de agua máxima esperada que sigue el procedimiento preestablecido por su reglamento local.

Tenga presente que los cálculos de demanda que acaban de describirse, se aplican a elementos que se usan de manera intermitente. A esto debe añadirse la demanda real en lpm para cualesquiera de los elementos que se diseñan para operar de manera continua cuando se están utilizando; por ejemplo, los sistemas de aire acondicionado, los sistemas de riego en jardines y las conexiones de manguera.

Pérdidas de presión debido a la fricción. La presión disponible para llevar el agua a través del sistema de distribución (o una parte de éste) es la presión principal menos:

1. La pérdida de presión en el medidor.
2. La presión necesaria para elevar el agua hasta el elemento más alto (pérdida de presión estática).
3. La pérdida de presión en las conexiones.

La presión disponible que queda debe adecuarse para superar las pérdidas de presión debido a la fricción que encuentra el flujo de la demanda total (elementos de uso intermitente más continuo) a través del sistema de distribución y sus diversas partes. La operación final consiste entonces en elegir los diámetros de los tubos de acuerdo con las pérdidas de presión debidas a la fricción.

En la práctica real, la operación de diseño quizás requiera repetir los pasos para reajustar la presión, velocidad y tamaño, con el fin de alcanzar el mejor balance de la presión principal, el tamaño del tubo, la velocidad y la presión disponible en los elementos, de acuerdo con el flujo de diseño que se requiere en las diferentes partes del sistema.

La **tabla 5** (pag. 36-37) muestra la relación entre el flujo, la caída de presión debido a la fricción, la velocidad y el tamaño del tubo de cobre para agua, tipo K, L y M. Estos son los datos que se requieren para completar el cálculo del dimensionamiento. Para diámetros de tubo por arriba de 1/4", casi no hay diferencia entre los tres tipos de tubo en términos de las pérdidas de presión, lo cual se debe a que la diferencia en el área la sección transversal de estos tipos se vuelve insignificante a medida que aumenta el tamaño del tubo.

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

Los valores de pérdida de presión en la **tabla 5** (pag. 36-37) se dan en kg/cm² por metro de tubería, de acuerdo al tipo de tubo y diámetro nominal. Al medir la longitud de un sistema o de cualquiera de sus partes, debe medirse la longitud total de tubo, y para estimaciones cercanas, debe considerarse un valor adicional como tolerancia relativa a las pérdidas de fricción que ocurren como consecuencia de las válvulas y las conexiones en la línea. La **tabla 6** (pag. 38) muestra estas tolerancias para diversos diámetros, tipos de válvulas y conexiones.

Use velocidades inferiores a 2.5 mts por segundo cuando las temperaturas excedan los 60°C y en los casos en que se recurra a tubos con diámetros de 1/2" y valores menores para protegerlo contra la turbulencia local de alta velocidad debida a errores humanos (por ejemplo, protuberancias en los extremos de los tubos que no se escarearon de manera adecuada o un número inusual de cambios abruptos en la dirección de flujo). Las condiciones localmente agresivas del agua pueden combinarse con estas dos consideraciones y producir problemas de erosión, si las velocidades son demasiado elevadas.

La **tabla 5** (pag. 36-37) aplica sólo para tubos de cobre y no debe utilizarse con otros materiales hidráulicos. Otros materiales requieren tolerancias adicionales para la corrosión, incrustaciones y picaduras que no son necesarias en el caso del cobre. Lo anterior se debe a que el cobre mantiene por lo general una superficie interna lisa a lo largo de su vida de servicio.

Valores nominales de presión/resistencia al reventamiento

Como en el caso de todos los materiales, la presión interna permisible para cualquier tubo de cobre en servicio se basa en la fórmula utilizada en el código de la American Society of Mechanical Engineers para tubería a presión (ASME B31):

donde:

$$P = \frac{2S(t_{\min} - C)}{D_{\max} - 0.8(t_{\min} - C)}$$

P = presión permisible (psi)

S = máximo esfuerzo permisible por tensión (psi)

t_{min} = espesor mínimo de la pared (pulgadas)

D_{máx} = diámetro exterior (pulgadas)

C = una constante

Para el tubo de cobre, debido a la resistencia superior a la corrosión de este material, el código V31 permite que el factor C sea 0, así la fórmula se vuelve:

$$P = \frac{2St_{\min}}{D_{\max} - 0.8t_{\min}}$$

El valor de **S** en la fórmula es la resistencia de diseño permisible (ASME B31) para servicio continuo a largo plazo del material del tubo. Ésta es sólo una pequeña fracción de la resistencia a la tensión final del cobre o de la resistencia al reventamiento del tubo de cobre. Muchos años de experiencia, de servicio y pruebas han confirmado su seguridad. El valor del esfuerzo permisible depende de la temperatura de servicio y del temple del tubo, estirado o recocado.

En la **tabla 2b** (pag. 34-35), las presiones de trabajo internas nominales se muestran para el tubo de cobre flexible y rígido, tipo K, L y M, en el caso de temperaturas de servicio de 10° a 205°C. Los valores nominales para el tubo estirado pueden utilizarse en sistemas soldados y en sistemas que utilizan uniones mecánicas diseñadas de manera correcta. Algunos fabricantes de conexiones proporcionan información acerca de la resistencia de estos últimos.

Cuando se usa soldadura común o soldadura con plomo para unir tubos, deben considerarse los valores nominales de recocado; el calor utilizado en estos procesos de unión podría recocer (ablandar) el tubo rígido. Por esta razón, los valores nominales recocidos se presentan en la **tabla 2b** (pag. 34-35) para el tipo M y para tubos ACR.

Al diseñar un sistema hidráulico, también es necesario considerar los valores nominales de las uniones, debido a que el menor de los dos valores nominales (tubo o conexión) definirá la instalación. La mayor parte de los sistemas de tubería se unen mediante soldadura común o soldadura con plata. En la **tabla 3** (pag. 35) se presentan las presiones de trabajo interno nominales para tales uniones. Estos valores nominales son para tubos tipo K, L y M con conexiones a presión unidas por soldadura estándar. En sistemas de tubos soldados, la resistencia nominal de la unión muchas veces la define el diseño de la instalación.

En el caso de la soldadura con plata recurra a los valores del tubo recocado que se encuentran en la **tabla 2b** (pag. 34-35), ya que al soldar con plata se ablanda

(recuece) el tubo cerca de las uniones (la zona afectada por el calor).

Los valores nominales de las uniones a temperaturas de vapor saturado se muestran en la **tabla 3** (pag. 35).

La presión a la cual el tubo de cobre estallaría, es 5 veces más que la presión de trabajo nominal. Compare los valores reales de la **tabla 2b** (pag. 34-35) con las presiones de trabajo nominales que se encuentran en la **tabla 2** (pag. 33). Los valores nominales de presión de trabajo muy conservadores proporcionan una seguridad adicional en cuanto a que los sistemas presurizados operarán exitosamente durante largos periodos. Las presiones de reventamiento mucho mayores que se miden en las pruebas, indican que los tubos son capaces de soportar variaciones de presión impredecibles que ocurren durante la larga vida del sistema en servicio. Se aplicaron principios conservadores similares al llegar a las presiones de trabajo de uniones soldadas con plata y con soldadura común. Los esfuerzos permisibles para las uniones con soldadura común aseguran la integridad de la unión bajo carga nominal máxima en periodos extendidos de tiempo. La resistencia a corto plazo y las presiones de reventamiento para uniones soldadas de manera común son muchas veces superiores. Además, los márgenes de seguridad se multiplicaron al calcular las intensidades de la unión.

Sistemas de calefacción

El tubo de cobre es popular en los sistemas de calefacción tanto en edificios nuevos como en los remodelados. Los contratistas han aprendido a través de la experiencia que, considerando todos los factores, el tubo de cobre sigue siendo superior a cualquier otro material sustituto. Las ventajas del tubo de cobre: peso ligero, selección de temple, confiabilidad a largo plazo, facilidad de unión, flexión y manejo son de importancia fundamental.

Por ejemplo, para el caso en que son importantes la rigidez y la apariencia, se recomienda el tubo rígido. El tubo flexible resulta particularmente adecuado para paneles de calefacción, fusión de nieve e interconexiones cortas entre radiadores, con líneas y dispositivos similares. Con tubos ya sea recocidos o flexibles (vea tubos normalizados), la necesidad de conexiones se reduce a un mínimo, ahorrando de manera considerable el trabajo y el material de instalación.

Los sistemas de calefacción de agua caliente y circulación a presión proporcionan un calentamiento uniforme y una respuesta rápida a cambios en la carga de calefacción, requieren poco mantenimiento y es posible dividirlos fácilmente por zonas para ofrecer diferentes niveles de temperatura en los edificios. Estos sistemas utilizan diámetros de tubo más pequeños y económicos con uniones soldadas y requieren poco espacio de instalación. Además, en combinación con el sistema de calefacción, donde lo permiten los reglamentos, el agua caliente habitacional puede calentarse de manera directa, lo que elimina la necesidad de un calentador de agua independiente.

Líneas de retorno de calentamiento por vapor.

En sistemas de calefacción por vapor, en especial las líneas de retorno, las características sobresalientes de resistencia a la corrosión y de antioxidación del tubo de cobre aseguran el servicio y mantenimiento sin problemas de trampas, válvulas y otros dispositivos. En líneas de retorno de condensado y de agua caliente, se recomienda que los últimos 60 cms sea el doble del tamaño que el resto de la línea, por ejemplo, si la línea de retorno es de 1", hay que aumentarla a 2".

Calefacción por medio de paneles radiantes. Una aplicación moderna de un principio antiguo, es la calefacción por medio de paneles radiantes y que, puede utilizarse con buenos resultados en los diferentes tipos de estructura. En los sistemas de paneles, el agua caliente, a baja temperatura, circula a través de serpentines o mallas de tubo de cobre, que ahogadas en un piso de concreto o en un techo de yeso, calientan las superficies y el aire. Los sistemas de paneles ofrecen una calefacción uniforme, una fuente térmica invisible para el uso completo del área del piso, son de fácil limpieza y eliminan las corrientes de aire que conducen polvo.

El tubo de cobre es el material ideal para paneles de piso y techo, debido a su bajo peso, longitudes, resistencia a la corrosión, y facilidad de flexión, unión y manejo. El tubo flexible en serpentines se usa en recorridos de calefacción sinuosos, puesto que se dobla fácilmente y las uniones se reducen a un mínimo. El tubo rígido se utiliza para tuberías principales, tubos ascendentes, calefactores y serpentines de calefacción tipo rejilla.

La ubicación del panel de calefacción no es relevante para la comodidad de los ocupantes de la habitación, aunque depende de la arquitectura y las características

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

térmicas de la misma. Las instalaciones de piso tienen la ventaja de un costo inicial bajo y resultan particularmente adecuadas para garajes, escuelas e iglesias; por lo general, se diseñan para operar a una temperatura máxima de 32°C en la superficie. Con una temperatura mayor, los ocupantes pudieran sentirse incómodos. Los paneles de techo pueden operarse a temperaturas de superficie y niveles de salida térmica más altos que los paneles de piso. Los paneles de calefacción responden con rapidez a los cambios en la carga térmica, tienen un almacenamiento térmico bajo y sólo requieren un sistema de control simple.

Los diámetros de los tubos de los serpentines térmicos afectan de manera significativa la hidráulica del sistema de calefacción, y no son relevantes, desde el punto de vista de la emisión térmica del panel. En serpentines de piso sinuoso de 3/8", 1/2" y 3/4", se usa por lo general tubo flexible con un espaciamiento @ de 9" o 12". En instalaciones de panel de techo, los serpentines sinuosos se forman con tubos flexibles de 3/8", @ de 4" o 6". Por lo general, se usan uniones soldadas.

Sistemas de descongelamiento de nieve

Los sistemas para derretir nieve, instalados en paseos, calzadas, plataformas de carga y otras áreas pavimentadas, son medios eficientes y económicos para el retiro de la nieve, aguanieve e hielo. Para calentar la superficie, se hace circular una solución de 50% agua y 50% de anticongelante (del tipo glicol de etileno), a través del tubo de cobre empotrado en la capa de concreto o de asfalto. Se pueden lograr ahorros considerables en instalaciones de plantas industriales que disponen de fuentes de calor residual.

En general, la instalación de anillos para derretir nieve es similar a la de los anillos de calefacción de paneles de piso. La selección de un patrón sinuoso o de rejilla para cualquier sistema depende en gran parte de las condiciones de forma, tamaño e instalación. Las rejillas son ideales para áreas cuadradas y rectangulares; los serpentines se prefieren por lo general para las áreas irregulares. La pérdida menor de presión con una configuración de rejilla permite el uso de tubos de diámetros más pequeños ahorrando costos en el material. Un mayor ahorro se logra a menudo con una combinación de anillos de serpentín y de rejilla.

El tubo de cobre flexible es conveniente para los

anillos de serpentín y para los de rejilla; el temple rígido es mejor para los anillos de rejilla grandes y para los conductos principales. El tubo flexible facilita la instalación de anillos serpentines debido a la mayor longitud por sección y a su flexibilidad, las cuales reducen el número de juntas al mínimo. La temperatura de la solución que pasa por los anillos para derretir la nieve, debe ser de 49°C a 55°C. Para obtener un efecto térmico de 100 BTU/hr ft² para derretir la nieve con un tubo de cobre espaciado a 30 cm en concreto (o 25 cm en la capa de asfalto) se necesitará un máximo de 42.5 mts de tubo de 1/2" u 85 mts de tubo 3/4". Para lograr una transferencia de calor de 200 BTU/hr ft² de área de nieve, se necesitará un máximo de 18 mts de tubo de 1/2" o 45 mts de tubo de 3/4".

En el concreto se debe colocar el tubo cerca de 1 1/4" a 1 1/2" debajo de la superficie y se debe reforzar con una malla de alambre. En asfalto, el tubo se debe cubrir con una capa de asfalto de un espesor mínimo de 1 1/2". El tubo se debe poner con cuidado en grava compactada, piedra triturada o base de concreto. Se debe dejar un espacio libre para el movimiento lateral donde el tubo entra y sale del concreto o asfalto.

Los mismos tipos de calefactores y bombas de recirculación disponibles para instalaciones de calefacción radiante pueden usarse para los paneles de descongelamiento de nieve. Los paneles también se pueden conectar a un sistema de calefacción de espacio de un edificio, si el sistema tiene suficiente capacidad para la carga adicional, se deben tomar las medidas adecuadas contra el congelamiento.

Sistemas de tubería de gas medicinal no combustible

Las normas de seguridad para el oxígeno y otros gases medicinales requieren el uso de tubos de cobre tipo K o L. Se tienen que cumplir unos requisitos especiales de limpieza, ya que el oxígeno bajo presión puede causar la combustión espontánea de algunos aceites orgánicos (el residuo de aceite de lubricación usado durante la fabricación del tubo), y para la seguridad de los pacientes que reciben gases medicinales.

Los fabricantes deben suministrar los tubos de cobre para las líneas de gas medicinal en excelentes condiciones, limpios, tapados o encapsulados. Se debe tener cuidado cuando se quitan los casquillos y se instala el

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN

tubo para prevenir la contaminación del sistema. El instalador debe cerciorarse, al igual que el departamento de inspección, que se hayan cumplido los requisitos de limpieza del reglamento.

Instalación y prueba de los sistemas de tubería de gas medicinal

1. Antes de la instalación, toda la tubería, las válvulas, las conexiones y los otros componentes para los sistemas de gas medicinal no combustible, se deben limpiar por completo, de aceite, grasa y otros materiales fácilmente oxidables, como si se preparara para un servicio de oxígeno. Se tendrá especial cuidado en el almacenamiento y manejo. Dichos materiales se deben encapsular o tapar para prevenir que se contaminen de nuevo antes del ensamble final. Y justo antes del ensamble final, se debe examinar el interior del material para asegurarse que no esté contaminado.

- Los materiales se pueden preparar en una instalación equipada para limpiarlos, lavarlos y purgarlos, o se pueden preparar en sitio. No se debe utilizar el tricloroetileno en ninguna operación de limpieza en sitio, y el tetracloruro de carbono en ninguna limpieza en general.
- Los materiales preparados en el sitio del trabajo se deben limpiar en una solución de un limpiador alcalino, como carbonato de sodio o fosfato trisódico, y agua caliente (proporción de 1/2 kg por 12 litros de agua). Tal vez sea necesario limpiar el material con un cepillo para asegurar una limpieza completa. Después de lavarse, los materiales se deben enjuagar por completo en agua caliente y limpia.

2. Todas las juntas de tubería soldadas con plata se deben efectuar usando materiales de relleno.

- Para las juntas de cobre con cobre se debe usar un metal de relleno, cobre fosforado (serie BCuP) sin fundente.
- La soldadura entre metales diferentes, como cobre y plata, se debe efectuar usando un fundente apropiado con un metal de relleno de cobre fosforado (serie BCuP) o uno de plata (serie BAg). Aplique el fundente con moderación sólo al tubo limpio, de manera que evite dejar cualquier exceso dentro de las conexiones terminadas. Es aceptable el uso de barras que ya llevan un fundente para la soldadura con plata.

(NOTA: Asegure una ventilación adecuada. Algunos metales de relleno de la serie BAg contienen

cadmio, que cuando se calienta durante la aplicación puede producir humos tóxicos).

- Durante el proceso de soldar, se debe purgar el sistema de manera continua con nitrógeno seco y libre de aceite para prevenir la formación de escamas dentro de la tubería. La purga se debe mantener hasta que la junta esté fría al tacto.
 - Se debe limpiar el exterior de todos los tubos, juntas y conexiones con agua caliente después del ensamble para quitar cualquier exceso de fundente y permitir una inspección visual clara de las conexiones soldadas.
 - Se debe efectuar una inspección visual de cada junta soldada para asegurar que la aleación ha fluido totalmente alrededor de la junta en la unión del tubo con la conexión. Donde se haya usado fundente, asegúrese de que el residuo de fundente solidificado no haya formado un sello temporal que podría retener la presión de prueba.
3. Las juntas roscadas en sistemas de tubería deben estañarse o sellarse con cinta de politetrafluoroetileno (cinta teflón) u otro sellador apropiado para servicios de oxígeno. Los selladores se deben aplicar sólo a las roscas macho.

Sistemas de riego y aspersión agrícola

Los sistemas de riego son una necesidad en áreas agrícolas áridas y los de aspersión se están usando cada vez más para mantenimiento de áreas verdes. Sin importar el tipo o tamaño del sistema, muchas instalaciones exitosas certifican que el cobre es el material ideal para la tubería de estos sistemas.

Con ayuda de las gráficas de caída de presión en función de la velocidad, que se muestran en la **tabla 5** (pag. 36-37), y de las instrucciones contenidas en el manual de los fabricantes de bombas y aspersores, los instaladores pueden diseñar un sistema de riego con tubos de cobre para césped, sembradíos o campos de golf.

Las líneas del sistema se deben colocar a una profundidad considerable para evitar algún daño mecánico a causa de las herramientas y deben perforarse para drenar libremente. Donde existe el peligro de un congelamiento, el sistema debe instalarse con una profundidad necesaria que no le afecte el frío extremo.

La expansión y contracción no deben ser un problema mientras las líneas no estén ancladas de manera rígida.

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

Sistemas de energía solar

Los sistemas de energía solar para calentar el agua doméstica y para la calefacción de espacios se basan en agregar un colector al sistema de calefacción para capturar la energía solar. Por lo general, esto implica simplemente extender el sistema de calefacción hasta el techo de la casa, en donde se le incorpora un colector solar.

El cobre es el material ideal para sistemas de energía solar porque:

- Tiene la mejor conductividad térmica de todos los metales de ingeniería.
- Es altamente resistente a la corrosión atmosférica y acuosa.
- Es fácil de fabricar y de ensamblar al soldarlo.
- Es utilizado para los sistemas hidráulicos y para los techos desde que se empezaron a usar metales para ese tipo de aplicaciones.

Las ventajas térmicas del cobre se reflejan en que unas láminas más delgadas de cobre pueden acumular la misma cantidad de calor que la mayoría de las láminas de aluminio o acero de un calibre mucho mayor, por lo que, los tubos de cobre de un colector pueden espaciarse más.

La resistencia del cobre a la corrosión atmosférica está demostrada por su aplicación en techos y botaguas, a menos que sea atacado por los gases de escape de óxido del sulfuro o de nitrógeno de instalaciones o industrias de proceso. El cobre ha soportado décadas -incluso siglos- de exposición a la intemperie.

De igual manera, el cobre resiste la corrosión por agua caliente. Si los tubos están dimensionados e instalados correctamente para mantener el flujo por debajo de 2.5 mts por segundo, los sistemas de tubería de cobre para agua caliente son prácticos y cien por ciento resistentes a la corrosión.

La facilidad con que se ensamblan los sistemas hidráulicos de cobre con soldadura, está más que reconocida, al igual que los fabricados de lámina de cobre por su facilidad y simplicidad.

Consideraciones generales

En un manual de este tipo no es posible cubrir todas las variables que un diseñador de sistemas hidráulicos deberá considerar. Sin embargo, los siguientes temas pueden ser de gran ayuda para elaborar especificacio-

nes de trabajo:

Liras de dilatación. El tubo de cobre, como todos los materiales de tubería, se dilata y contrae con los cambios de temperatura. Por lo tanto, en un sistema de tubería de cobre sujeto a excesivos cambios de temperatura, una línea larga tiende a colapsarse o doblarse cuando se dilata a menos que, se haya construido con una compensación dentro del sistema. También pueden ocurrir severos esfuerzos en las conexiones. Tales esfuerzos, colapsos o dobleces se previenen usando juntas de expansión o instalando compensaciones, doblados en «U», serpentines o arreglos similares en el ensamble de tuberías. Estos segmentos de tubo de forma especial pueden asimilar las dilataciones y contracciones sin esfuerzo excesivo.

Cuando las tuberías de cobre conducen fluidos a temperaturas diferentes a las del medio ambiente sufren este fenómeno, por lo que se debe considerar y prevenir durante su colocación y fijación (ya sean empotradas o visibles). Primeramente se observa cuánto se dilata o contrae la tubería; si este movimiento no es excesivo se preverá su fijación y aislamiento, y cuando éste sea mayor, se diseñará la curva de dilatación que contrarreste el movimiento.

El coeficiente de dilatación térmica del cobre es del $16.5 \times 10^{-6} \text{ m}^{\circ}\text{C}$ de 20°C a 100°C , lo que significa que un metro de tubo se alarga 1.650 mm, cuando su temperatura aumenta 100°C , por lo tanto, es necesario tomar en cuenta este factor en el montaje de tuberías de cobre.

Las variaciones de longitud se obtienen de la siguiente fórmula:

$$DL = 0.0017 \times L \times t$$

donde:

DL = variación de longitud (mm)

L = longitud inicial del tubo (mm)

t = diferencia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Se considera como diferencia de temperatura, la que existe entre la temperatura ambiente en el momento del montaje y la temperatura máxima de servicio.

Dado que en una instalación de agua caliente o de calefacción es improbable que el agua circule a más de 80°C y que la temperatura de la tubería fuera de servi-

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACION

Dilatación lineal del tubo de cobre $16.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. La dilatación térmica del cobre es de aproximadamente vez y media

$\Delta^{\circ}\text{C}$	Longitud del tramo en metros									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	0.165	0.330	0.495	0.660	0.850	0.990	1.115	1.320	1.485	1.650
20	0.330	0.660	0.990	1.320	1.650	1.980	2.310	2.640	2.970	3.300
30	0.495	0.990	1.485	1.980	2.475	2.970	3.465	3.960	4.455	4.950
40	0.660	1.320	1.980	2.640	3.300	3.960	4.620	5.280	5.940	6.600
50	0.825	1.650	2.475	3.300	4.125	4.950	5.775	6.600	7.425	8.250
60	0.990	1.980	2.970	3.960	4.950	5.940	6.930	7.920	8.910	9.900
70	1.155	2.310	3.465	4.620	5.775	6.930	8.085	9.240	10.395	11.550
80	1.320	2.640	3.960	5.280	6.600	7.920	9.240	10.560	11.880	13.200
90	1.485	2.970	4.455	5.940	7.425	8.910	10.395	11.880	13.365	14.850
100	1.650	3.300	4.950	6.600	8.250	9.900	11.500	13.200	14.850	16.500

cio (temperatura ambiente en el interior) sea inferior a 20°C , se puede aplicar para este intervalo de temperaturas la siguiente regla: la dilatación de un metro de cobre será, aproximadamente de un milímetro.

Como las tuberías están expuestas a variaciones de temperatura, deben estar sujetas adecuadamente, de manera que se puedan dilatar y contraer con los cambios de temperatura. Esto se logra fijando las tuberías mediante abrazaderas, evitando empotramientos rígidos.

La **tabla 7** (pag. 38) indica los radios necesarios para las liras de dilatación, descritos con la **figura 1**. Las longitudes compensadas de dilatación se pueden estimar con la **tabla 7**. Alternativamente, la longitud necesaria de tubo en un codo de dilatación o de compensación se puede calcular con la fórmula:

$$L = \frac{1}{12} \left(\frac{3E}{P} \right)^{1/2} (d_o e)^{1/2}$$

donde:

- L** = longitud desarrollada en el codo de dilatación o compensación (pies), ver tabla de conversiones (pag. 32), como se muestra en la tabla 7 (pag. 38)
- E** = módulo de elasticidad del cobre (psi)
- P** = esfuerzo permisible del material flexionado (psi)
- d_o** = diámetro exterior del tubo (pulgadas)
- e** = cantidad de dilatación a ser absorbida (pulgadas)

Para tubo de cobre recocido:

$$E = 17.000.000 \text{ psi}$$

$$P = 6.000 \text{ psi}$$

Así, la longitud desarrollada por **L** es:

$$L = 7,68 (d_o e)^{1/2}$$

Soportes de tubos. Debido a su rigidez se prefiere el tubo rígido para tubería expuesta. A menos que se indique de otra manera, el tubo rígido requiere un soporte para líneas horizontales con intervalos aproximadamente de 2.4 mts para diámetros de 1" y menores, e intervalos de 3 mts para diámetros más grandes.

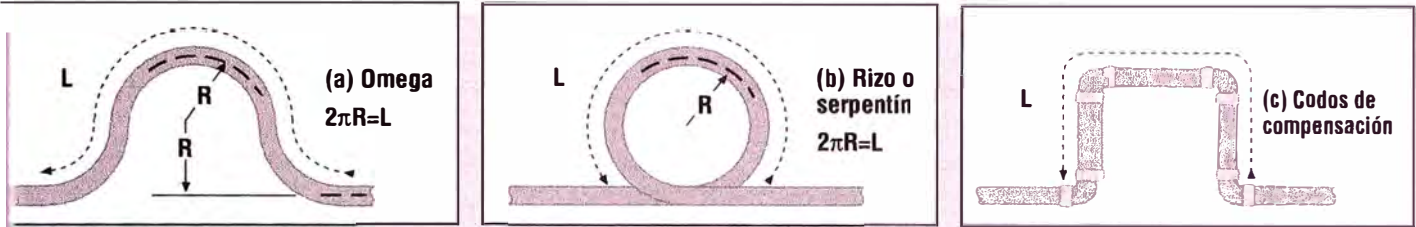
Las líneas verticales se soportan, por lo general, en cada piso o en intervalos aproximadamente de 3 mts, pero para las líneas largas que tienen considerados los mantenimientos usuales para la dilatación y la contracción, los anclajes pueden estar separados por varios pisos, siempre que haya forros o dispositivos similares en todos los pisos intermedios para restringir el movimiento lateral; ver **figura 2**.

El tubo de temple recocido en serpentines permite corridas largas sin juntas intermedias. Las líneas verticales de tubo de temple recocido se deben apoyar por lo menos cada 3 mts y las horizontales, por lo menos cada 2.4 mts.

Resistencia a la compresión. Las pruebas realizadas colocando una barra de acero redonda de «3/4" en ángulo recto a través de un tubo de cobre recocido

III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN

Figura 1. Liras de dilatación



de 1"», y después ejerciendo presión hacia abajo, revelaron que, incluso con esta carga severa en un punto de contacto, se requirieron 318 kg para comprimir el tubo a un 75 por ciento de su diámetro original. Las tuberías de 2", debido a su mayor espesor de pared, resistieron más peso antes de comprimirse.

El reglamento de instalaciones hidráulicas señala que para su correcta instalación, deberán rellenarse por completo todas las excavaciones lo más pronto posible, después de la inspección. Las zanjas se deben rellenar primero con 30 cm de tierra limpia apisonada, la cual no debe contener piedras, cenizas u otros materiales que puedan dañar el tubo o causar corrosión. Se puede usar equipo como niveladoras y graduadores para terminar de rellenar. Se deben tomar las precauciones convenientes para asegurar la estabilidad permanente del tubo puesto en un relleno de tierra húmeda.

Golpe de ariete. Es el término que se usa para describir las fuerzas destructivas, ruidos de martilleo y vibraciones que se desarrollan en cualquier sistema hidráulico cuando el líquido que fluye es detenido de

manera abrupta por una válvula de cierre. Cuando ocurre un golpe de ariete, una onda expansiva de alta presión reverbera dentro del sistema de tubería hasta que toda la energía se haya convertido en pérdidas de fricción. El ruido y los picos de presión excesivos, se pueden evitar al agregar una cámara de aire o un dispositivo de supresión de picos al sistema.

En ramales con un solo elemento de consumo, el supresor se debe colocar inmediatamente arriba de la válvula del elemento. En ramales de múltiples elementos, la ubicación indicada para los supresores será en el ramal que alimenta al grupo de elementos, entre los dos últimos tubos de alimentación.

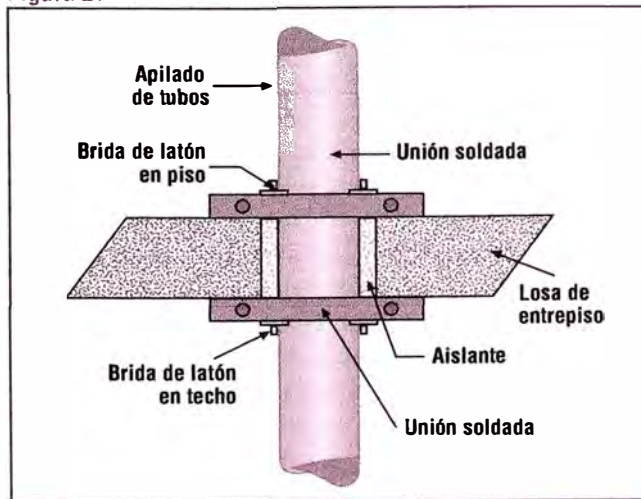
Presión de colapso del tubo de cobre. El aumento creciente del uso de tubos de cobre y sus aleaciones en condensadores, calentadores de agua y otros dispositivos de transferencia de calor para líneas de agua, gas, fluidos, y muchas otras aplicaciones de ingeniería donde exista una presión diferencial entre los lados opuestos de la pared del tubo, crea la necesidad de obtener datos precisos en relación con las presiones de colapso; ver **tabla 4** (pag. 35).

Congelación. El tubo flexible puede resistir la dilatación del agua helada varias veces antes de reventarse. Bajo prueba, se ha congelado el agua dentro de un tubo flexible de «1/2 "seis veces y dentro de uno de 2" once veces». Este es un factor de seguridad vital que favorece el tubo suave para los servicios subterráneos de agua. Sin embargo, no significa que las líneas de agua de tubo de cobre se deban sujetar a congelamientos.

Corrosión. El tubo de cobre para agua es resistente a la corrosión. Es poco usual que las aguas o las condiciones especiales sean corrosivas para el tubo de cobre; cuando así sea, se deben identificar y tratar.

Desde los años cincuentas, se han producido miles de toneladas de tubo de cobre para sistemas hidráulicos, de las cuales el 80% se han instalado en sistemas de distribución de agua. Los escasos problemas de co-

Figura 2.



III. DATOS DE DISEÑO E INSTALACIÓN

rosión por causa de agua agresiva, agravados posiblemente por malos diseños o mano de obra deficiente, se deben analizar en el contexto de estos registros.

Cuando ocurren problemas de corrosión, se deben, por lo general, a algunas de las siguientes causas:

1. Agua de pozo dura y agresiva, que causa picaduras.
2. Agua ácida o suave, que no permite que se forme una película protectora dentro del tubo de cobre.
3. Diseño o instalación del sistema que provoca una velocidad excesiva del flujo de agua o turbulencias en el tubo.
4. Mano de obra ineficiente.
5. Fundente excesivo o agresivo.
6. Condiciones agresivas del suelo.

Las aguas agresivas que causan picaduras se pueden identificar por medio de un análisis químico y se pueden tratar para que su composición quede dentro de los límites aceptables. Como característica tienen una gran cantidad total de sólidos disueltos (t.d.s.) incluyendo sulfatos y cloruros, un pH en el rango de 7.2 a 7.8, alto contenido de bióxido de carbono (CO₂) (sobre 10 partes por millón, ppm) y la presencia de oxígeno disuelto (D.O.)

Una persona calificada en el tratamiento de aguas puede establecer un método para revertir el agua agresiva, con el objetivo de no dañar los materiales del sistema hidráulico. En general, esto implica elevar el pH y combinar o eliminar el gas CO₂. Algunas veces la simple aeración del agua, por ejemplo, rociarla en cielo abierto, es un tratamiento suficiente.

La corrosión también puede causarse o intensificarse, por un trabajo de mala calidad que deja cantidades excesivas de fundente residual agresivo dentro del tubo después de la instalación. Si se han sobrecalentado las juntas durante la instalación y el exceso de fundente residual se ha polimerizado, el problema de la corrosión puede empeorar.

Las aguas ácidas suaves pueden causar el problema molesto de manchar los accesorios de color verde o de «agua verde». Elevar el pH de esas aguas a un valor de cerca de 7.2 o más, por lo general soluciona el problema, pero se debe consultar a una persona calificada en el tratamiento de aguas. Un tratamiento típico para un pozo de abastecimiento de agua individual es pasar el flujo de agua a través de una cama de gravillas de

mármol o de piedra caliza.

La velocidad excesiva del agua causa corrosión por erosión o ataca el material por el golpeteo del agua en los sistemas hidráulicos. Como se explicó en el tema sobre el dimensionamiento del sistema a presión para evitar problemas de corrosión por erosión (y ruido), la velocidad del agua en un sistema hidráulico no debe exceder de 1.5 a 2.5 mts por segundo (el límite inferior aplica para diámetros más pequeños de tubo).

Los efectos de la velocidad se pueden agravar si el agua es químicamente agresiva debido al pH o al contenido de gas como se ha mencionado anteriormente; o si el flujo arrastra sólidos (sedimentos). La combinación de una velocidad que por sí sola es aceptable, y de una química del agua que es algo agresiva, causa a veces problemas que no existirían si estuviera presente nada más una de las dos características.

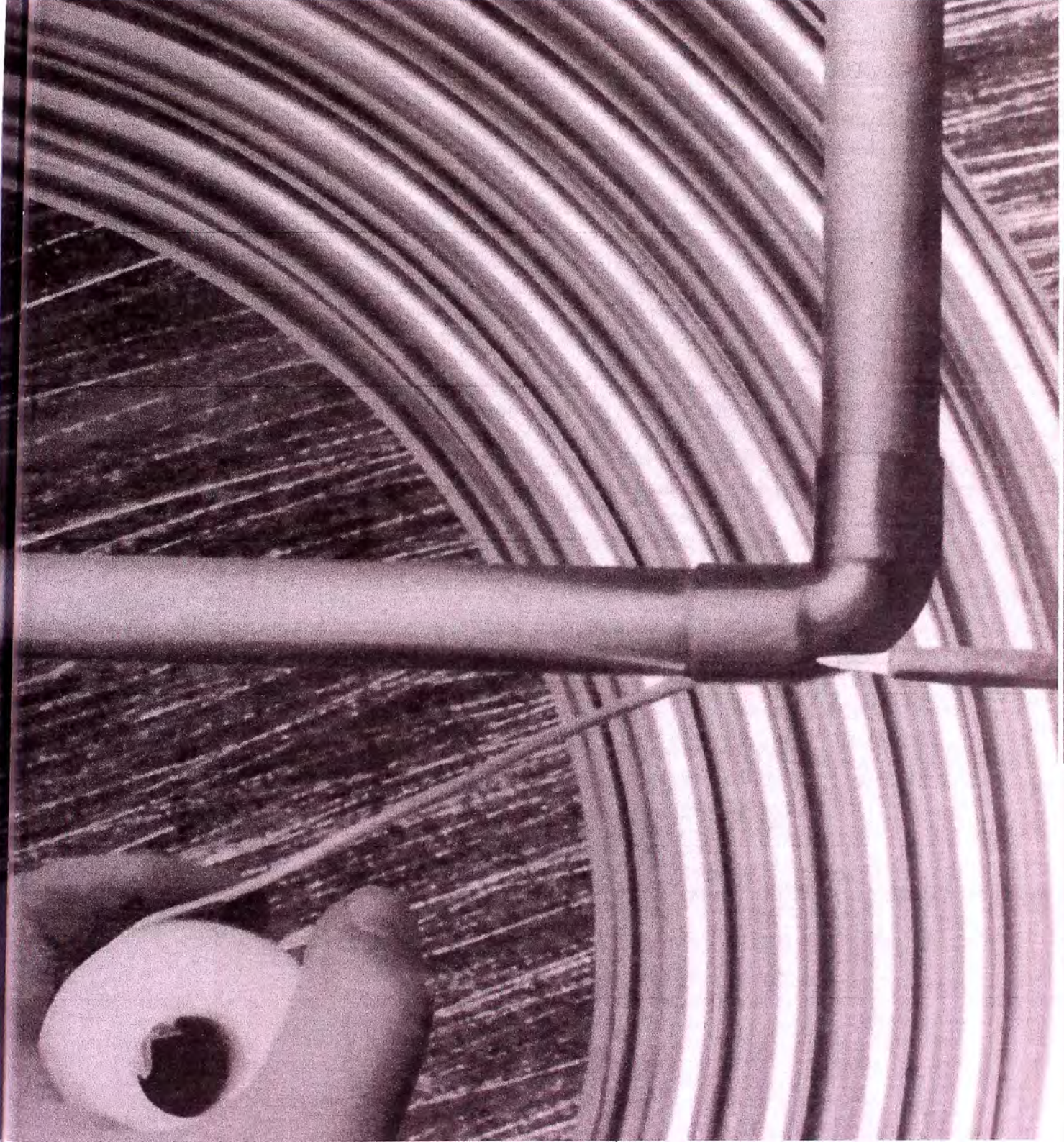
La corrosión por erosión también se puede agravar por un trabajo mal hecho. Por ejemplo, las rebabas dejadas en los extremos cortados del tubo pueden alterar el flujo del agua, y causar turbulencias locales y una velocidad alta del flujo, provocando una corrosión por erosión.

Cuando los compuestos del azufre de la escoria de cualquier tubo de metal entra en contacto con el agua, está sujeto a un ataque por el ácido que se produce. Bajo tales circunstancias, el tubo debe aislarse de la escoria con una barrera inerte contra la humedad, una envoltura de cinta aislante, un recubrimiento de una pintura de asfalto, o con cualquier otro material aprobado. A excepción de algunos casos, los suelos naturales no atacan el cobre.

Vibración. El tubo de cobre puede aguantar los efectos de la vibración cuando se diseña el sistema cuidadosamente.

Al instalar sistemas que son sujetos a vibraciones, se verificará que queden libres de esfuerzos residuales producidos por un doblado o una alineación defectuosa. Los esfuerzos residuales junto con vibraciones pueden ocasionar rupturas por fatiga, en dobleces y conexiones, donde dichos esfuerzos se introdujeron al sistema.

Durabilidad. Bajo condiciones normales, una tubería de cobre para agua, diseñada e instalada de manera correcta, perdura fácilmente toda la vida útil de un edificio y durante toda su existencia, funcionará igual que cuando fue instalada.



IV. DOBLADO

Consideraciones generales

Debido a su maleabilidad excepcional, el cobre puede adaptarse sin problemas en la obra. El tubo de cobre, doblado correctamente, no se colapsará en el lado exterior del codo y no se pandeará en su lado interior. Las pruebas demuestran que un tubo de cobre doblado tiene mayor resistencia al reventamiento, que antes de doblarlo.

Por la maleabilidad del cobre, los codos de dilatación y otras conexiones necesarias en un sistema de tubería, se arman de manera rápida y sencilla, si se utilizan el método y el equipo apropiados. Se pueden usar herramientas manuales sencillas, como prensas, matrices, formas y rellenos o máquinas eléctricas de doblado. Ambos tipos de tubo, rígido y flexible, pueden doblarse con una herramienta manual, usando el tamaño correcto de la herramienta según el diámetro del tubo, para conocer los radios mínimos de doblado, ver **tabla 11** (pag. 40).

El procedimiento para doblar un tubo de cobre con una herramienta de doblado manual de tipo palanca, es el siguiente:

1. Con las manijas a 180° y el sujetador del tubo apartado, inserte el tubo en la ranura de la rueda de doblado.
2. Coloque el sujetador del tubo encima del mismo y ponga la manija en una posición más o menos rectangular, asegurando la zapata de doblado encima del tubo. La marca cero en la rueda de doblado deberá quedar a la misma altura del borde delantero de la zapata de doblado.
3. Doble el tubo al jalar las manijas en un movimiento continuo y suave. El ángulo deseado de doblado se puede averiguar por medio de las calibraciones que se encuentran en la rueda de doblado.
4. Remueva el tubo doblado al mover la manija hasta que forme un ángulo recto con el tubo, y quite la zapata de doblado.

La herramienta ilustrada es una de las muchas disponibles en la industria. Únicamente siga las instrucciones indicadas por el fabricante del equipo a utilizar.

Foto 1

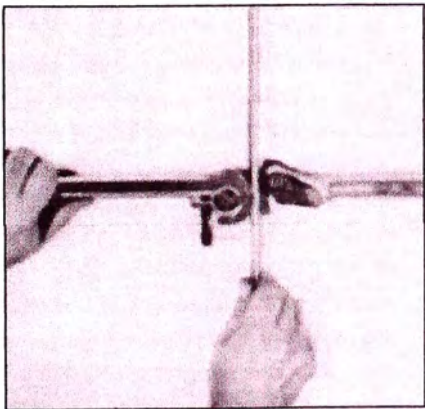


Foto 3

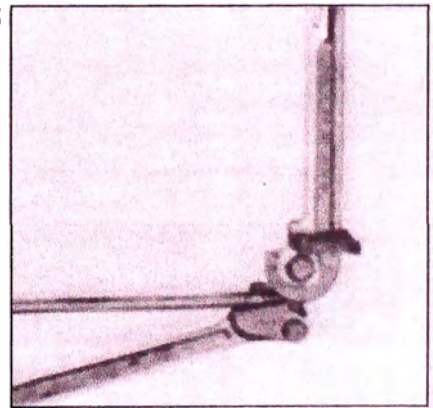


Foto 2

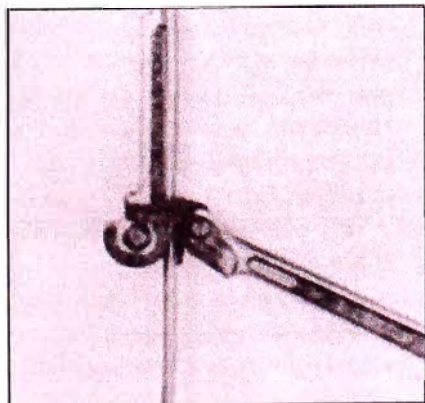
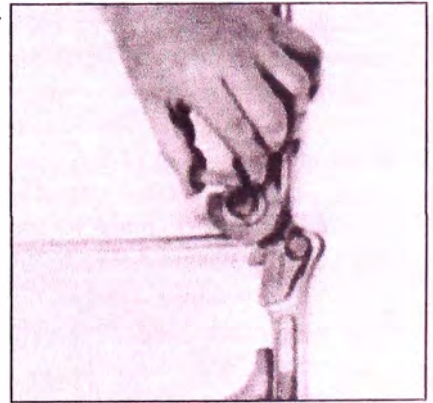


Foto 4



Introducción

Las juntas soldadas con sistema capilar, se utilizan en plomería para las líneas de agua. Las juntas soldadas con bronce mediante el proceso capilar, se utilizan en donde se requiere de mayor fuerza o donde la temperatura del servicio es más alta de los 163°C. Para soldar las juntas en tuberías de refrigeración a menudo se requiere soldadura con plata.

Las juntas mecánicas se utilizan con frecuencia para la tubería subterránea, donde no es recomendable el uso del calor y para juntas que tengan que desconectarse de vez en cuando. El tubo de cobre se puede también ensamblar con soldadura a tope sin el uso de conexiones. Debe tenerse cuidado al seguir los procedimientos apropiados para soldar.

Conexiones

Las conexiones para tubos de cobre que se usan en instalaciones hidráulicas y de calefacción se fabrican según las normas siguientes, para:

- Conexiones de latón a 45°, la NMX-X-002/1 y ASTM-B-16
- Conexiones de cobre soldadas, la NMX-W-101/1
- Conexiones soldables de latón, la NMX-W-101/2
- Válvulas de paso, la NOM-X-031 y ANSI-Z21
- Pig Tail, la NOM-X-018/3 y ANSI-CGA V-1

Las conexiones a presión de aleación de cobre fundido están disponibles en todos los diámetros estandarizados de tubos y en una amplia gama de tipos para cubrir las necesidades de instalaciones hidráulicas. Pueden ser estañados o soldados con plata y/o bronce; aunque, soldar con plata conexiones de cobre fundido, requiere de especial atención. También existe una amplia gama de conexiones a presión de cobre forjado en todos los diámetros y tipos. Éstos, al igual que los de cobre fundido, pueden juntarse mediante estañado o soldadura con plata; sin embargo, se prefieren las conexiones forjadas donde el método de unión es la soldadura con plata. La opción entre las conexiones de cobre fundido o de cobre forjado depende a gran medida de la preferencia del usuario.

Las conexiones de tubo ensanchado proporcionan un contacto de metal con metal similar a las uniones subterráneas; ambas pueden desarmarse fácilmente y ensamblarse de nuevo. Son muy útiles en donde el agua residual no se puede quitar del tubo y es difícil de sol-

dar. Pueden requerirse donde existe un riesgo de incendio y no se puede usar un soplete para estañar o soldar con plata. También, soldar en un ambiente húmedo puede ser muy difícil; en estos casos se prefieren las uniones ensanchadas.

Soldaduras

Las juntas soldadas dependen de la acción capilar que lleva el estaño líquido al espacio libre entre la conexión y el tubo. El fundente actúa como un agente de limpieza y de adherencia y, cuando está aplicado de manera correcta, permite una distribución uniforme del estaño fundido sobre la superficie de la unión.

La selección de una soldadura depende sobre todo de la presión y temperatura de operación del sistema. También se debe tomar en cuenta las tensiones en las juntas causadas por la expansión y la contracción térmica. Sin embargo, las tensiones causadas por los cambios de temperatura no deben ser significativas en los casos más frecuentes: cuando las secciones de tubo son cortas y cuando se usan codos de dilatación en tubos largos.

La **tabla 3** (pag. 35) muestra las presiones nominales de operación para las juntas soldadas entre tubos de cobre que usan una mezcla de soldadura de estaño y plomo de 50-50 y de estaño y antimonio de 95-5. La soldadura de estaño y plomo de 50-50 es conveniente para presiones y temperaturas moderadas. Para presiones más altas, o donde se requiere una junta de una resistencia mayor, es preferible usar la soldadura de estaño y antimonio. Para tubos sujetos a una operación continua a temperaturas que exceden los 120°C, o donde se requiere de juntas de una resistencia máxima, se deben usar soldaduras de relleno con plata.

Se puede utilizar la mayoría de las soldaduras indicadas en ASTM-B-32, Especificación Estándar para Metales de Soldadura, para ensamblar tubos y conexiones de cobre en sistemas de agua potable.

La soldadura se usa por lo general en forma de alambre, pero también existe soldadura con fundente granulado fino integrado. Cuando se usa una pasta de soldadura con fundente es recomendable agregar más soldadura de alambre a la junta, utilizando el mismo tipo de soldadura (por ejemplo, 50-50 o 95-5) que lleva la pasta.

Fundentes

La función del fundente para soldaduras es la de remover rastros residuales de óxidos, facilitar el flujo y proteger las superficies que se soldan de la oxidación durante el calentamiento. El fundente se debe aplicar, a las superficies limpias, en una pequeña cantidad solo para recubrir las áreas que se unen.

Se puede formar muy rápido una nueva película de óxido en superficies de cobre después de su limpieza. Por lo tanto, se debe aplicar el fundente lo antes posible.

Se pueden conseguir soldaduras que contienen pequeñas cantidades de plata u otros aditivos para lograr una mayor resistencia o características especiales de flujo. Tales soldaduras pueden requerir fundentes especiales. Se deberá consultar las recomendaciones del fabricante referente a los procedimientos y fundentes indicados para estas soldaduras.

Algunos fundentes llamados por sus fabricantes «de auto limpieza» presentan un riesgo en su uso. No hay duda que un fundente fuerte y corrosivo puede quitar algunos óxidos y películas de suciedad; sin embargo, cuando se usan fundentes altamente corrosivos de esta manera, existe siempre la incertidumbre si se haya logrado una limpieza uniforme o si continúe la acción corrosiva de los residuos del fundente, una vez terminada la soldadura.

VI. JUNTAS SOLDADAS

Introducción

Soldar es un conjunto de procesos de unión, que al calentarse a una temperatura específica, producen una fusión de materiales, usando un metal de relleno (material de soldadura), cuya temperatura de fundición no exceda los 450°C y se encuentre debajo de la temperatura de solidificación de los metales base. En la práctica actual, la mayoría de las soldaduras se realizan a una temperatura entre 180°C y 290°C.

Para lograr juntas satisfactorias de manera consistente se debe preparar y soldar tomando en cuenta la siguiente secuencia:

- Medición y corte de los tubos
- Escariado
- Limpieza
- Aplicación del fundente
- Ensamble y soporte
- Calentamiento
- Aplicación de la soldadura
- Enfriamiento y limpieza
- Pruebas

Las técnicas descritas producen juntas soldadas libre de fugas, entre el tubo de cobre o de alguna de sus aleaciones y las conexiones, ya sea en el taller o en el campo. Se requiere de habilidad y conocimiento para producir de manera satisfactoria una junta soldada.

Medición y corte

Mida con exactitud la longitud de cada segmento de tubo. La imprecisión puede perjudicar la calidad de la junta. Si el tubo es demasiado corto, no entrará hasta el fondo de la conexión, lo que impide efectuar una junta adecuada. Si el segmento de tubo es demasiado largo, puede producirse una tensión en el sistema, que afectaría la vida de servicio.

Corte el tubo a las longitudes medidas. El corte puede llevarse a cabo de diversas maneras para producir un extremo con un escuadrado satisfactorio. El tubo puede cortarse con un cortador de tubos de tipo disco (**foto 5 y 6**), con una sierra para metales, con una rueda abrasiva o con una sierra de banda portátil o estacionaria. Debe tenerse cuidado de que el tubo no se deforme al cortarlo. Sin importar el método, el corte debe ser en ángulo recto de tal forma que el extremo del tubo asiente correctamente en el casquillo de unión.

Foto 5. Medición

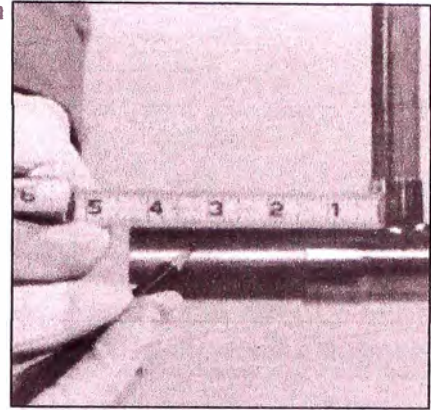
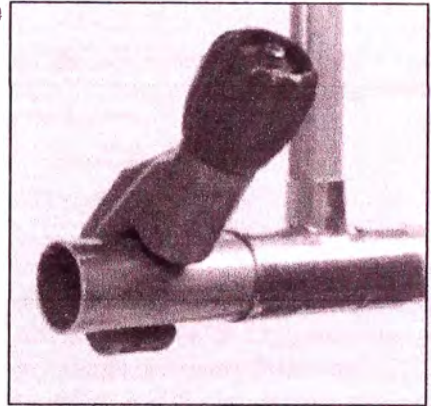


Foto 6. Corte



Escariado

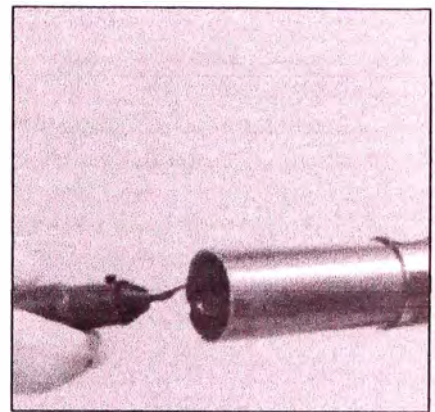
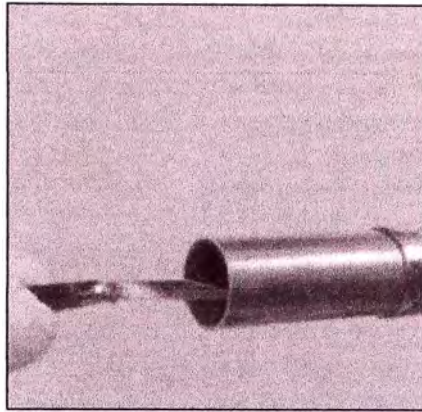
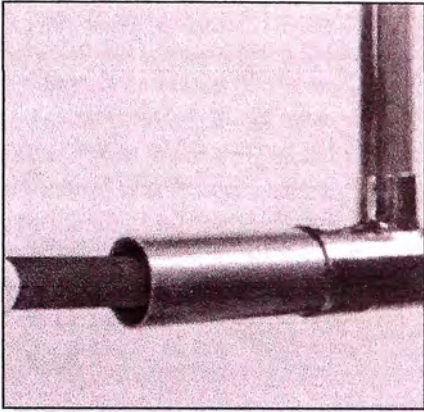
Escarie todos los diámetros interiores de los extremos del tubo cortado para quitar las rebabas pequeñas creadas por la operación del corte. Si este borde interior, áspero, no se quita, puede producirse corrosión por erosión, debido a una turbulencia local y a una mayor velocidad de flujo local en el tubo.

Una pieza de tubo correctamente escariada proporciona una superficie lisa para un mejor flujo. Quite las rebabas que se encuentren en el exterior de los extremos del tubo, creadas por la operación del corte, para asegurar la entrada apropiada del tubo en el casquillo de unión. (**fotos 7a, 7b y 7c**)

Las herramientas utilizadas para escariar los extremos del tubo incluyen la cuchilla para escariar en el cortador de tubos, filos redondos o medio redondos, una navaja de bolsillo y una herramienta apropiada para quitar las rebabas. Con tubos flexibles, debe tenerse cuidado para no deformar el extremo del tubo aplicando demasiada presión.

VI. JUNTAS SOLDADAS

Fotos 7a, 7b y 7c. Escariado



En caso de deformarse el tubo flexible se puede redondear de nuevo, con una herramienta de ajuste que consiste en un conector y un anillo de ajuste.

Limpieza

Es importante la remoción de todos los óxidos y manchas de superficie en los extremos de los tubos y de los casquillos de unión para el flujo adecuado de la soldadura hacia la junta. Si no se remueven, pueden interferir con la acción capilar y disminuir la resistencia de la junta provocando una falla.

Lije (limpie) levemente los extremos del tubo con papel abrasivo o cojines abrasivos de nylon a una distancia un poco mayor a la profundidad del casquillo de unión.

Limpie los casquillos de unión con lija, fibra o un cepillo del tamaño adecuado. El espacio capilar entre el tubo y el casquillo es de aproximadamente 0.004", y se

llena con la soldadura por medio de la acción capilar. Este espacio es esencial para que la soldadura lo llene y forme una junta fuerte.

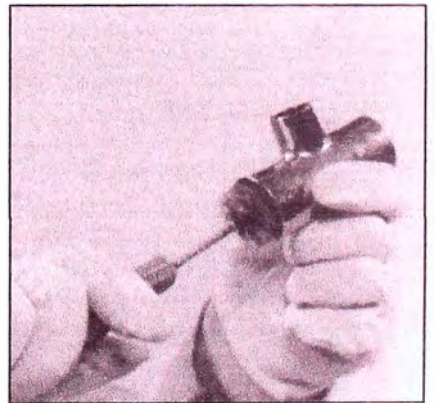
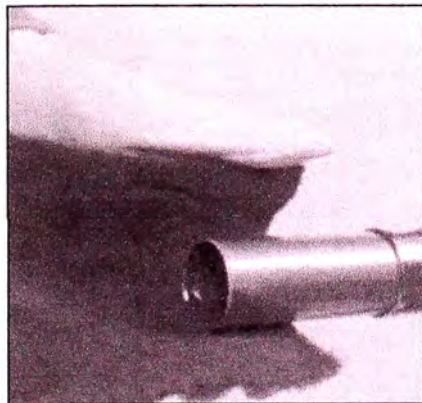
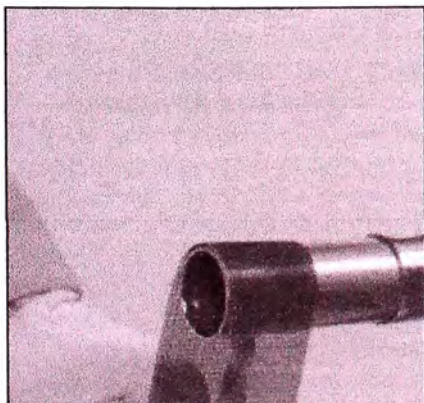
El cobre es un metal relativamente suave. Si se remueve demasiado material del extremo del tubo o del casquillo, puede producirse una junta de mala calidad por el exceso de juego.

También se puede limpiar el tubo con químicos, si después los extremos del tubo y las conexiones se enjuagan por completo, siguiendo el procedimiento indicado por el fabricante del limpiador. No toque la superficie limpia con las manos o con guantes llenos de aceite. Los aceites para la piel, aceites lubricantes y grasa perjudican la operación de soldado. (fotos 8a, 8b y 8c)

Aplicación del fundente

Utilice un fundente que disuelva y quite rastros de óxido de las superficies limpias que se ensamblan,

Fotos 8a, 8b y 8c. Limpieza



II. JUNTAS SOLDADAS

que proteja las superficies limpias de la reoxidación durante el calentamiento, y que facilite el contacto de la soldadura con las superficies a soldar, según la recomendación indicada en los requerimientos generales de ASTM-B-813. Inmediatamente después de la limpieza, aplique con una brocha, una capa delgada y uniforme del fundente al tubo y al casquillo.

ADVERTENCIA: No aplique el fundente con los dedos. Los productos químicos del fundente pueden ser dañinos si se llevan a los ojos, boca o heridas abiertas.

Tenga especial cuidado en la aplicación del fundente. Un trabajo mal realizado puede causar problemas después de que se haya instalado el sistema. Si se utilizan cantidades excesivas de fundente, el residuo de éste puede causar corrosión. En casos extremos, tal corrosión del fundente podría perforar la pared del tubo, del casquillo o de ambos. (fotos 9a y 9b)

Foto 9a.
Aplicación de fundente en tubo

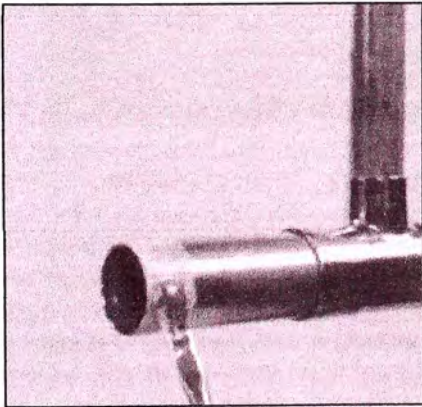
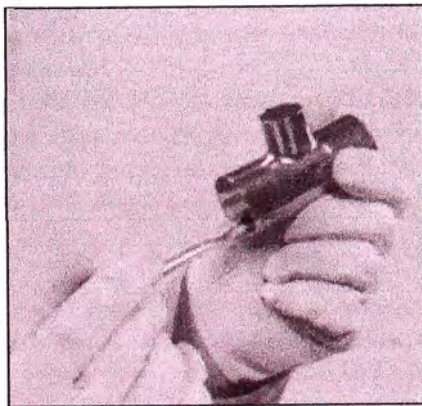


Foto 9b.
Aplicación de fundente en conexión



Ensamble y soporte

Inserte el extremo del tubo en el casquillo de unión, cerciorándose de que el tubo esté asentado en la base del mismo. Un ligero movimiento giratorio asegura un recubrimiento uniforme del fundente. Quite el exceso de fundente del exterior de la junta con un trapo de algodón.

Sujete el ensamble del tubo y del casquillo para asegurar un espacio capilar uniforme alrededor de toda la circunferencia de la junta. La uniformidad del espacio capilar asegurará el buen flujo de la soldadura fundida. Un espacio capilar excesivo puede producir grietas en el metal de soldadura bajo el efecto de esfuerzos o vibraciones. (Fotos 10a y 10b)

Calentamiento

Comience a calentar el tubo moviendo la flama en dirección perpendicular al mismo (foto 11a). El tubo de cobre conduce el calor inicial al casquillo para una distribución uniforme del calor en el área de la unión.

Foto 10a.
Ensamble

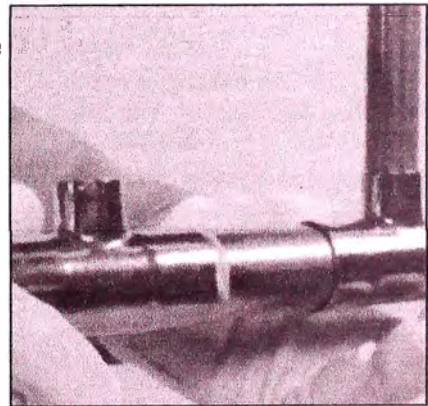
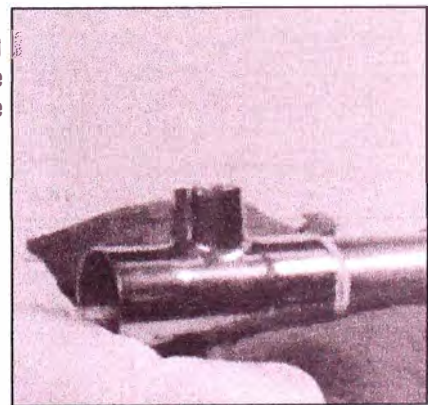
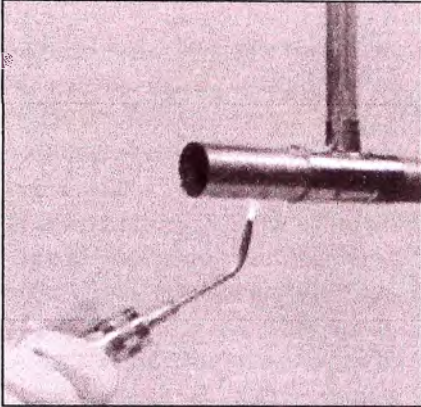


Foto 10b.
Limpieza del exceso de fundente

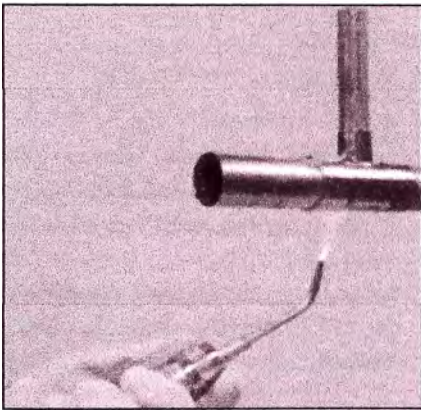


VI. JUNTAS SOLDADAS

Fotos 11a.
Pre-calentado
de tubo



Fotos 11b.
Pre-calentado
de conexión

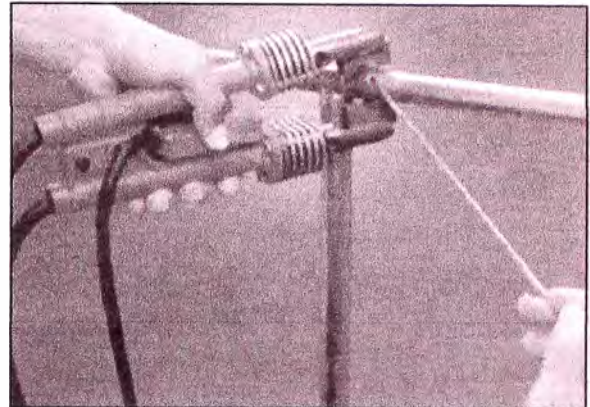


El grado de este precalentamiento depende del tamaño de la junta. La experiencia indicará la cantidad de tiempo necesario.

Enseguida, mueva la flama sobre el casquillo (**foto 11b**). Después, mueva la flama entre el casquillo y el tubo a una distancia igual a la profundidad del casquillo. Con el soplete en la base del casquillo, toque la junta con la soldadura. Si la soldadura no se derrite, quítela y continúe calentando.

ADVERTENCIA: *No sobrecaliente la junta ni dirija la flama hacia el frente del casquillo. El sobrecalentamiento puede quemar el fundente quitándole su eficacia, impidiendo así que la soldadura penetre en la junta de manera correcta.*

Cuando la soldadura se derrita, aplique calor a la base del casquillo para facilitar la acción capilar de llevar la soldadura fundida al casquillo hacia la fuente de calor.



Fotos 11c. Resistencia eléctrica

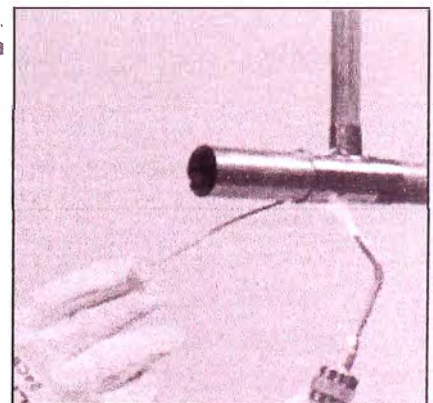
El calor se aplica por lo general por medio de un soplete de gas combustible y aire. Dichos sopletes utilizan acetileno o un gas LP. También se pueden usar herramientas para soldar basadas en resistencias eléctricas (**foto 11c**), éstas emplean electrodos para el calentamiento y deben usarse cuando una flama abierta implica un riesgo.

Aplicación de soldadura

Para las juntas en posición horizontal, comience a aplicar el metal de soldadura levemente fuera del centro en el fondo de la junta (**foto 12**). Proceda a través del fondo del casquillo hasta la posición central superior. Vuelva al punto de inicio, traslápele y enseguida, proceda encima del lado incompleto hacia la parte superior, traslapando otra vez la soldadura.

Para las juntas en posición vertical, haga una secuencia similar de los pasos de traslape comenzando donde sea conveniente. Las juntas de soldadura depen-

Foto 12.
Soldadura



VI. JUNTAS SOLDADAS

den de la acción capilar para llevar el flujo de soldadura fundida hacia el espacio estrecho entre el casquillo y el tubo. El metal de soldadura fundido fluye hacia la junta por la acción capilar sin importar si el flujo es hacia arriba, hacia abajo u horizontal.

El fundente que se aplicó primero, actúa como un agente de limpieza y de adherencia de la soldadura, si está aplicado de manera correcta, permite una distribución uniforme de la soldadura fundida sobre las superficies que se quieren conectar. La acción capilar es la más eficaz cuando el espacio entre las superficies que se van a conectar va de 0.002 a 0.005 pulgadas. Se puede tolerar un cierto juego, pero si el espacio es demasiado grande puede causar dificultades con conexiones de gran tamaño.

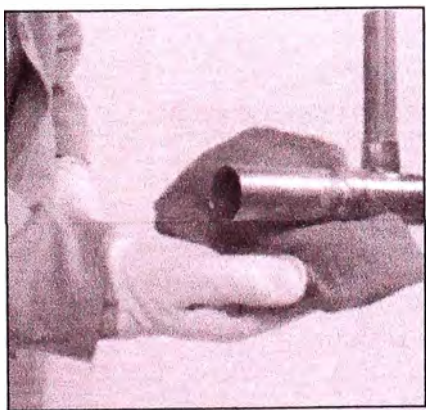
Para unir el tubo de cobre con el casquillo de una válvula, siga las instrucciones del fabricante. La válvula debe estar en posición abierta antes de aplicar calor, recuerde que, este calor se debe aplicar más que nada al tubo.

La cantidad de soldadura consumida cuando se llena de manera adecuada el espacio capilar entre el tubo y los casquillos forjados o fundidos, se puede estimar en la **tabla 8** (pag. 39). El requerimiento de fundente es, por lo general, de 50 gramos por kilo de soldadura.

Enfriar y limpiar

Después de haber terminado la aplicación de soldadura en la junta, limpie el excedente del fundente con un paño de algodón limpio y termine de enfriar con un paño semi húmedo. (**foto 13**)

Foto 13.
Limpieza



Pruebas

Pruebe la efectividad de las juntas de todos los ensambles terminados. Siga el método de prueba prescrito en el reglamento que se aplica para el servicio propuesto.

VII. JUNTAS SOLDADAS CON PLATA

Introducción

Las conexiones fuertes y herméticas soldadas con plata se pueden efectuar al soldar con metales de relleno que se funden a temperaturas entre 600°C y 815°C, como se lista en la **tabla 10** (pag. 40). Los metales de relleno para soldaduras con plata se conocen como «soldaduras fuertes» o «soldaduras de plata».

La temperatura en la cual un metal de relleno comienza a fundirse durante el calentamiento es la temperatura de solidificación; la temperatura de licuefacción es la temperatura superior en la cual el metal de relleno se derrite totalmente. La temperatura de licuefacción será mínima para llevar a cabo la soldadura.

La diferencia entre estas dos temperaturas es el rango de fundición que, puede ser de gran importancia al seleccionar un metal de relleno, ya que indica el rango de trabajo para la aleación y la velocidad a la que la

aleación se vuelve completamente sólida después de soldarse. Los metales de relleno con rangos estrechos, con o sin plata, solidifican más rápido y, por lo tanto, requieren una aplicación de calor más cuidadosa. Los rangos de fundición de metales de soldadura más comunes se muestran en la **figura 4a**.

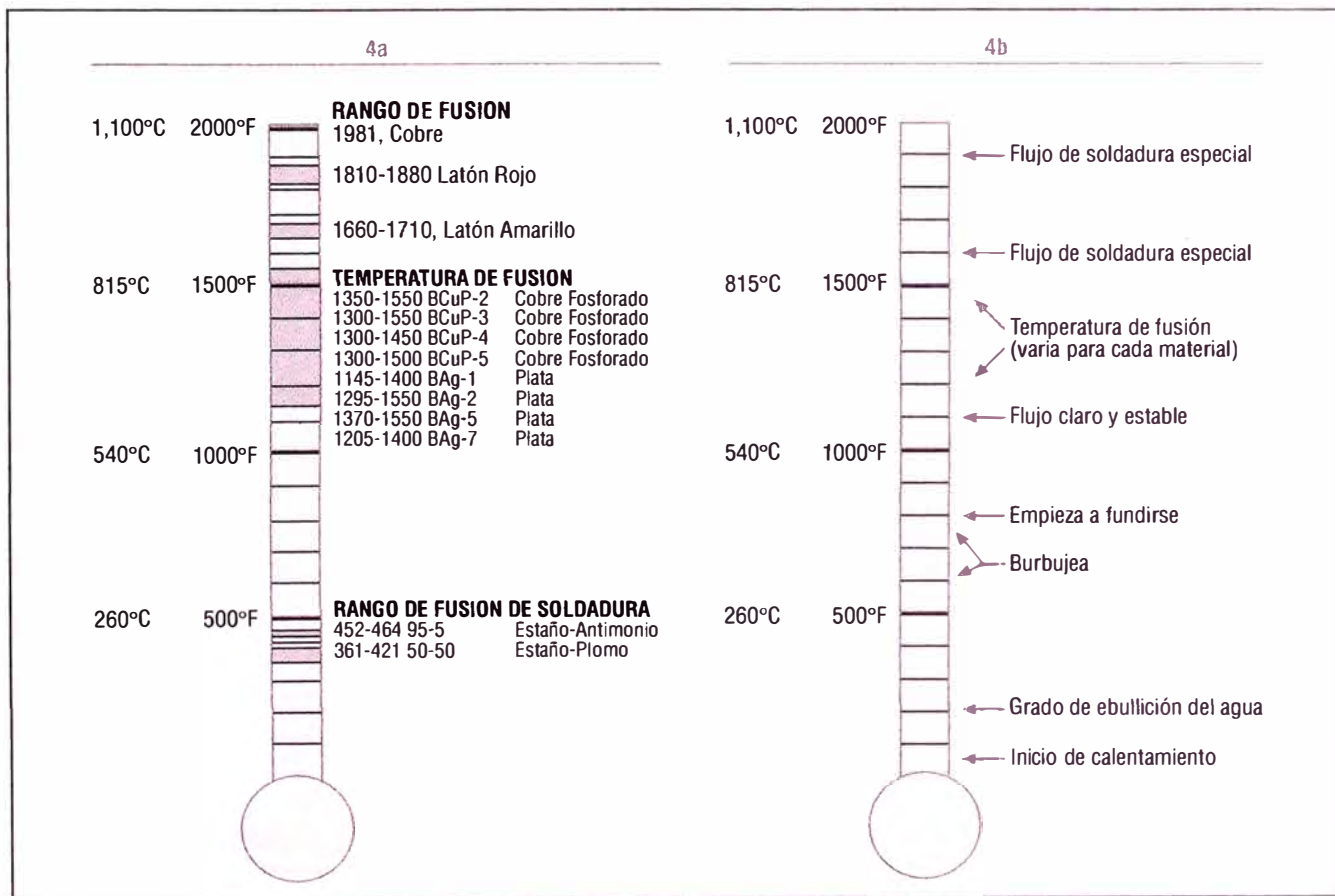
Metales de relleno

Los metales de relleno adecuados para soldar tubos de cobre son de dos clases:

1. Aleaciones que contienen fósforo (la series BCuP)
2. Aleaciones que contienen un alto contenido de plata (las series BAg).

Las dos clases difieren en sus características de fusión, fundente y flujo, características que deben considerarse al seleccionar un metal de relleno (**tabla 10**,

Figura 4a. Temperatura de fusión de soldadura y Figura 4b. Ciclo de fundición de soldadura



pag. 40). Para unir tubos de cobre, cualquiera de estos metales de relleno proporcionará la resistencia necesaria cuando se utilicen con conexiones estándar para soldar o conexiones de casquillo corto para soldaduras con plata, disponibles en el mercado.

La resistencia de una junta de tubo de cobre soldada con plata no varía mucho en función de los diversos metales de relleno, más bien depende principalmente del espacio adecuado entre el exterior del tubo y el casquillo de unión. El tubo de cobre y las uniones de soldadura con plata se fabrican exactamente uno para el otro, y las tolerancias permitidas para cada uno aseguran que el espacio capilar esté dentro de los límites necesarios para una junta de una resistencia satisfactoria.

Las presiones nominales de trabajo de las líneas de agua soldadas con plata, que llevan temperaturas de servicio de hasta 121°C (la temperatura de vapor saturado a 1.05 kg/cm²) se muestran en la **tabla 3** (pag. 35). Estas presiones deben utilizarse sólo cuando se ha mantenido el espacio capilar correcto.

Las composiciones de los metales de relleno para soldar se muestran en la **tabla 10** (pag. 40). Se pueden utilizar cualquiera de los metales de relleno disponibles, los que se usan comúnmente en instalaciones hidráulicas, conexiones de tubería, sistemas de refrigeración y de aire acondicionado son BCuP-2 (para tolerancias muy pequeñas), BCuP-5 (donde no se pueden lograr tolerancias tan pequeñas), BAg-1, BAg-5 y BAg-7.

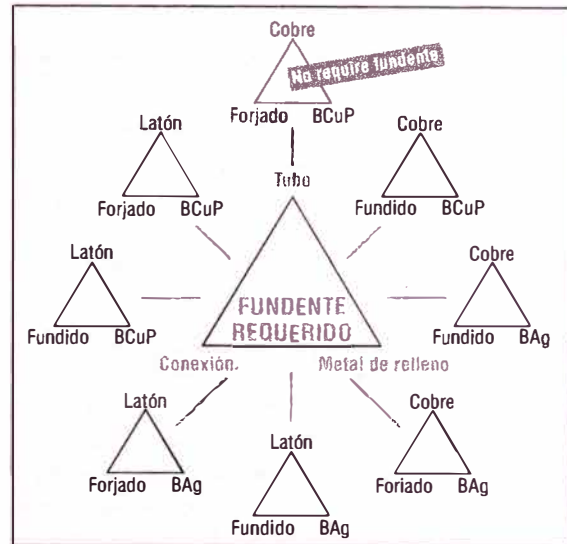
Fundentes

Los fundentes usados para soldar con plata las juntas de cobre son diferentes en su composición de los fundentes para soldar con estaño. Los dos tipos no se pueden intercambiar.

Los fundentes para soldaduras con plata se basan en agua, mientras que la mayoría de los fundentes para soldaduras con estaño se basan en derivados de petróleo. Similar a éstos últimos, los fundentes para soldaduras con plata disuelven y quitan los óxidos residuales de la superficie del metal, protegen el mismo contra la reoxidación durante el calentamiento y facilitan la adherencia del material de soldadura a las superficies que se juntan.

Los fundentes también sirven al instalador para estimar la temperatura (**figura 4b**). Si el exterior del casquillo y el área del tubo afectada por el calor se cubren

Figura 5. Recomendaciones de material de relleno de acuerdo al tipo de conexión



con fundente (además del extremo del tubo y del casquillo), se evita la oxidación y el aspecto de la junta mejora de manera considerable.

La **figura 5** ilustra el material de relleno recomendada para los diferentes tipos de tubos de cobre y sus aleaciones.

Ensamble

Ensamble la junta insertando el tubo en el casquillo hasta el tope y gírelo si es posible. El ensamble debe apoyarse firmemente de modo que siga alineado durante la operación de soldadura con plata.

Aplicación de calor y soldadura

Paso uno: Aplique calor a las piezas que se ensamblan, de preferencia con una flama neutral de gas y oxígeno; flamas de gas y aire se utilizan a veces para los diámetros más pequeños. Caliente primero el tubo, comenzando cerca de una pulgada del borde de la conexión, moviendo la flama alrededor del tubo con movimientos cortos en ángulo recto al eje del tubo.

Es muy importante que la flama esté en constante movimiento y que no permanezca mucho tiempo en un solo punto, para evitar que se dañe el tubo. El fundente se puede utilizar como guía en cuanto al tiempo para calentar el tubo; continúe calentando el tubo hasta que el fundente esté estable y transparente. El comporta-

VII. JUNTAS SOLDADAS CON PLATA

miento del fundente durante el ciclo para soldar con plata se describe en la **figura 4b**.

Paso dos: Dirija la flama hacia la conexión en la base del casquillo. Caliente de manera uniforme, moviendo la flama entre la conexión y el tubo hasta que el fundente en la conexión esté estable. Evite el calentamiento excesivo de las conexiones de cobre fundido.

Paso tres: Cuando el fundente este líquido y transparente en el tubo y en la conexión, comience a mover la flama hacia adelante y hacia atrás a lo largo del eje de la junta para mantener el calor en las piezas que se van a soldar, especialmente hacia la base del casquillo de conexión. La flama debe mantenerse en movimiento para evitar que se funda el tubo o la conexión.

Paso cuatro: Aplique el metal de relleno para soldar en un punto entre el tubo y el casquillo de la conexión. Cuando se alcanza la temperatura apropiada, el metal de relleno fluirá directamente al espacio entre el tubo y el casquillo, llevado por la fuerza natural de la acción capilar.

Mantenga la flama alejada del metal de relleno conforme penetre la junta. La temperatura del tubo y de la conexión en la junta debe ser lo suficientemente alta para fundir el metal de relleno.

Mantenga la conexión y el tubo calientes moviendo la flama hacia atrás y hacia adelante mientras se alimenta el metal de relleno a la junta.

Cuando la unión está hecha de manera correcta, debe aparecer un cordón continuo de metal de relleno alrededor de la junta. Pare la alimentación tan pronto vea dicho cordón. La **tabla 9** (pag. 39) es una guía para estimar cuánto metal de relleno se va a requerir.

Para tubos de 1" y mayores puede ser difícil calentar toda la junta al mismo tiempo. Muchas veces es necesario utilizar un soplete adicional para mantener una temperatura adecuada sobre grandes áreas. Se recomienda un precalentamiento suave de toda la conexión para diámetros más grandes. El calentamiento puede entonces proceder conforme a los pasos antes mencionados.

Juntas horizontales y verticales

Cuando se soldan juntas horizontales, es preferible aplicar primero el metal de relleno en el fondo, luego a los dos lados y finalmente arriba, cerciorándose que las operaciones se traslapen. En las juntas verticales no importa donde se empieza. Si la abertura

del casquillo señala hacia abajo, se debe tener cuidado para evitar que se sobrecaliente el tubo, pues esto puede causar que el metal de relleno corra hacia el exterior del tubo. Si esto sucede, retire el calor y permita que el metal de relleno se asiente. Enseguida, vuelva a calentar el casquillo de la conexión para alimentar el metal de relleno.

Remoción de residuos

Después de que se haya enfriado la junta soldada con plata, deben quitarse los residuos del fundente con un paño limpio o cepillo y limpiar con agua caliente. Quite todos los residuos del fundente para evitar que el fundente endurecido retenga la presión de manera temporal y cubra una junta mal soldada. Las conexiones forjadas se enfrían con mayor rapidez que las conexiones de cobre fundido, pero a todas las conexiones se les debe permitir enfriarse de manera natural antes de mojarse.

Sugerencias generales

- Si el metal de relleno no fluye o tiende a formar protuberancias, indica la presencia de oxidación en las superficies del metal o que el calor en las piezas que se ensamblan es insuficiente.
- Si el tubo o la conexión comienzan a oxidarse durante el calentamiento, se debe a que no hay suficiente fundente.
- Si el metal de relleno no entra a la junta y tiende a fluir hacia el exterior de cualquier miembro de la junta, indica que alguno está sobrecalentado o que al otro le falta calor.

Pruebas

Pruebe la efectividad de las juntas de todos los ensambles terminados. Siga el método de prueba prescrito en el reglamento que se aplica para el servicio propuesto.

Introducción

La teoría y la técnica básicas para soldar con estaño y con plata son iguales para todos los diámetros de tubos de cobre. Las únicas variables son el metal de relleno, el tiempo y el calor requeridos para terminar una junta dada. Soldar con estaño es el proceso de unión que ocurre debajo de los 450°C, y soldar con plata es el proceso que ocurre arriba de 450°C pero debajo del punto de fusión de los metales base. En la práctica, la mayoría de las soldaduras de estaño para los sistemas de cobre se hacen a temperaturas alrededor de los 175°C a 315°C, mientras que la mayoría de las soldaduras con plata se hacen a temperaturas que se extienden de 595°C a 815°C.

La opción entre soldar con estaño o con plata depende por lo general de las condiciones de servicio del sistema y de los requerimientos de los reglamentos de construcción que aplican. Las juntas soldadas con estaño se utilizan por lo general donde la temperatura de servicio no excede los 120°C, mientras que las juntas

soldadas con plata pueden utilizarse donde se requiere una junta de mayor resistencia o donde las temperaturas del sistema llegan hasta 175°C.

Las juntas soldadas con plata ofrecen en general una mayor resistencia, sin embargo, el recocimiento del tubo y de la conexión que resulta del calor más alto usado en el proceso de soldar con plata, puede ocasionar que la presión nominal del sistema sea menor que la de una junta soldada con estaño, por lo que debe considerarse al elegir el proceso de ensamble que se va a utilizar.

Aunque soldar con estaño y con plata son los métodos más comunes para ensamblar tubos y conexiones de cobre, éstos a menudo, son los métodos menos comprendidos. Es esta falta de conocimiento lo que resulta en instalaciones defectuosas, en juntas de mala calidad o con fallas. Las investigaciones sobre las causas más comunes que provocan fallas en las uniones revelaron varios factores que contribuyen a éstas:

- *Preparación incorrecta de la junta antes de soldar*
- *Falta de soporte adecuado y/o inclinación durante la soldadura con estaño o con plata*
- *Control y distribución de calor incorrectos en todo el proceso de unión*
- *Aplicación incorrecta del metal de relleno de soldadura con estaño o con plata*
- *Cantidad inadecuada de metal de relleno aplicado a la junta*
- *Enfriamiento de choque y/o limpieza repentina del metal de relleno fundido después de soldar con estaño o plata*
- *Pre-estañado de las juntas antes de ensamblar y de soldar*

Las operaciones de soldadura con estaño o plata son intrínsecamente sencillas, la omisión o la mala aplicación de una sola parte en el proceso puede significar la diferencia entre una buena junta y una con fallas.

Purgado

Algunas instalaciones, tales como los sistemas de gas medicinal y de ACR, requieren la adición de un gas inerte durante el proceso de soldadura con plata. El gas de purga desplaza el oxígeno del interior del sistema mientras está sujeto a las altas temperaturas de soldadura con plata, y por lo tanto, elimina la posibilidad de una formación de óxido en la superficie interior del tubo.

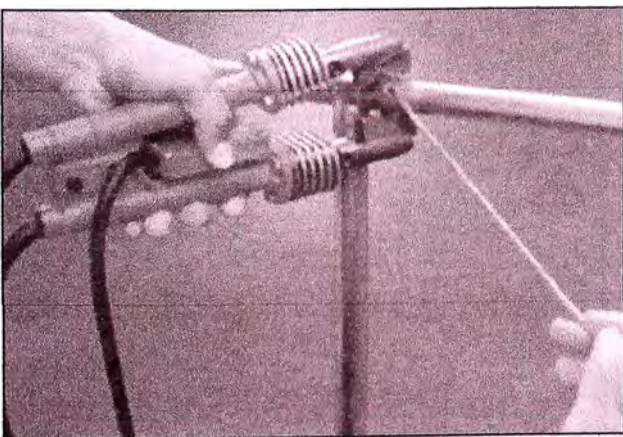
Los flujos del gas de purga y los métodos de aplicación se deben incluir en las especificaciones del procedimiento para soldar con plata.

Información general

Soldar con estaño o con plata son métodos rápidos y eficaces para efectuar una unión con sopletes estándar y con diversos gases, permitiendo alcanzar una alta productividad en la obra.

Existen también herramientas manuales para soldar con resistencias eléctricas, las cuales emplean electrodos de calentamiento para unir tubos y conexiones. Estas herramientas (**foto 14**) son de peso ligero y deben considerarse cuando la flama abierta representa un riesgo.

Foto 14. Herramienta de resistencia eléctrica





DATOS TÉCNICOS

Tabla de conversiones

Presión	psi	6.89 kPa
	kg/cm ²	10 m.c.a.
	1 psi	0.070 kg/cm ²
Peso	1 libra	453.59 gr
	1 libra	0.453 kg
	1 onza	28.38 gr
	1 onza	0.283 kg
Fluido	1 galón/min	4.546 lt/min
Distancia	1 pulgada	2.54 cm
	1 pie	30.48 cm

Temperatura°C	Temperatura°F
$^{\circ}\text{C} = \left(\frac{5}{9}\right) (T^{\circ}\text{F} - 32)$	$^{\circ}\text{F} = (1.8) (T^{\circ}\text{C}) + 32$
Por ejemplo: $^{\circ}\text{C} = \left(\frac{5}{9}\right) (86 - 32)$	Por ejemplo: $^{\circ}\text{F} = (1.8) (30) + 32$
$^{\circ}\text{C} = \left(\frac{5}{9}\right) (54)$	$^{\circ}\text{F} = 54 + 32$
$^{\circ}\text{C} = \left(\frac{270}{9}\right) = 30^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F} = 86^{\circ}\text{F}$

TABLA 1. Tipos y aplicaciones de tubería de cobre (NORMA ASTM-B-88)

Código internacional de identificación		Diámetros nominales		Usos y aplicaciones
Tipo	Color	milímetros (pulg)		
M	Rojo	6 (1/4")	10 (3/8")	Casas de interés social Casas de interés medio Edificios habitacionales Edificios comerciales
		13 (1/2")	19 (3/4")	
		25 (1")	32 (1 1/4")	
		38 (1 1/2")	51 (2")	
		64 (2 1/2")	75 (3")	
		100 (4")		
L	Azul	6 (1/4")	10 (3/8")	Los mismos que el tipo "M", además de: Instalaciones de gas combustible y medicinal, tomas domiciliarias de agua potable
		13 (1/2")	19 (3/4")	
		25 (1")	32 (1 1/4")	
		38 (1 1/2")	51 (2")	
		64 (2 1/2")	75 (3")	
		100 (4")		
K	Verde	6 (1/4")	10 (3/8")	Los mismos que el tipo "L", además de: Uso industrial donde las presiones y temperaturas de trabajo son severas
		13 (1/2")	19 (3/4")	
		25 (1")	32 (1 1/4")	
		38 (1 1/2")	51 (2")	

*Para el uso de gas medicinal
deberá cumplir con pruebas de
limpieza según las Normas
CGA-G-41
(Asociación de Gas Comprimido)
CSA-Z 3051
(Canadian Standards Association)
NFPA-99C
(National Fire Protection Association)*

DATOS TECNICOS

TABLA 2. Dimensiones y características de tubería rígida de cobre

Medida nominal	Diámetro exterior	Diámetro interno			Espesor de pared			Peso por tramo de 6.10 mts			Presión máxima		
		M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K
1/4"	0.375"	0.324"	0.314"	0.276"	0.025"	0.030"	0.049"	2.132 lb	2.524 lb	5.385 lb	6,133 lb/pulg ²	7,200 lb/pulg ²	8,820 lb/pulg ²
6.35 mm	9.525 mm	8.255 mm	8.001 mm	7.035 mm	0.635 mm	0.762 mm	1.245 mm	0.968 kg	1.146 kg	2.445 kg	431.15 kg/cm ²	506.16 kg/cm ²	620.04 kg/cm ²
3/8"	0.500"	0.449"	0.429"	0.401"	0.025"	0.035"	0.049"	2.903 lb	3.965 lb	6.890 lb	4,500 lb/pulg ²	6,300 lb/pulg ²	7,056 lb/pulg ²
9.50 mm	12.700 mm	11.43 mm	10.922 mm	10.21 mm	0.635 mm	0.889 mm	1.245 mm	1.318 kg	1.800 kg	3.128 kg	316.35 kg/cm ²	442.89 kg/cm ²	496.03 kg/cm ²
1/2"	0.625"	0.572"	0.544"	0.494"	0.028"	0.040"	0.065"	4.083 lb	5.705 lb	12.813 lb	4,032 lb/pulg ²	5,760 lb/pulg ²	6,685 lb/pulg ²
12.7 mm	15.875 mm	14.453 mm	13.843 mm	12.573 mm	0.711 mm	1.016 mm	1.651 mm	1.854 kg	2.590 kg	5.817 kg	283.45 kg/cm ²	404.92 kg/cm ²	469.95 kg/cm ²
3/4"	0.875"	0.811"	0.784"	0.744"	0.032"	0.045"	0.065"	6.566 lb	9.110 lb	16.799 lb	3,291 lb/pulg ²	4,632 lb/pulg ²	5,200 lb/pulg ²
19 mm	22.225 mm	20.601 mm	19.939 mm	18.923 mm	0.812 mm	1.143 mm	1.651 mm	2.981 kg	4.136 kg	7.627 kg	231.35 kg/cm ²	325.62 kg/cm ²	209.00 kg/cm ²
1"	1.125"	1.054"	1.024"	0.994"	0.035"	0.050"	0.065"	9.310 lb	13.114 lb	20.824 lb	2,800 lb/pulg ²	4,000 lb/pulg ²	4,260 lb/pulg ²
25 mm	28.575 mm	26.797 mm	26.035 mm	25.273 mm	0.889 mm	1.270 mm	1.651 mm	4.227 kg	5.954 kg	9.454 kg	196.84 kg/cm ²	281.20 kg/cm ²	299.47 kg/cm ²
1 1/4"	1.375"	1.290"	1.264"	1.230"	0.042"	0.055"	0.072"	13.656 lb	17.700 lb	27.231 lb	2,749 lb/pulg ²	3,600 lb/pulg ²	3,988 lb/pulg ²
32 mm	34.925 mm	32.791 mm	32.131 mm	31.267 mm	1.067 mm	1.397 mm	1.829 mm	6.200 kg	8.036 kg	12.363 kg	193.25 kg/cm ²	253.08 kg/cm ²	280.35 kg/cm ²
1 1/2"	1.625"	1.526"	1.504"	1.459"	0.049"	0.060"	0.083"	18.821 lb	22.826 lb	41.249 lb	2,713 lb/pulg ²	3,323 lb/pulg ²	3,515 lb/pulg ²
38 mm	41.275 mm	38.785 mm	38.227 mm	37.059 mm	1.245 mm	1.524 mm	2.108 mm	8.545 kg	10.363 kg	18.727 kg	190.72 kg/cm ²	233.60 kg/cm ²	247.10 kg/cm ²
2"	2.125"	2.016"	1.984"		0.058"	0.070"		29.233 lb	35.042 lb		2,470 lb/pulg ²	2,965 lb/pulg ²	
51 mm	53.975 mm	51.029 mm	50.419 mm		1.473 mm	1.778 mm		13.272 kg	15.909 kg		173.65 kg/cm ²	208.43 kg/cm ²	
2 1/2"	2.625"	2.494"	2.464"		0.065"	0.080"		40.647 lb	49.658 lb		2,228 lb/pulg ²	2,742 lb/pulg ²	
64 mm	66.675 mm	63.373 mm	62.611 mm		1.651 mm	2.032 mm		18.454 kg	22.545 kg		156.62 kg/cm ²	192.76 kg/cm ²	
3"	3.125"	2.976"	2.944"		0.072"	0.090"		53.663 lb	66.645 lb		2,073 lb/pulg ²	2,592 lb/pulg ²	
76 mm	79.375 mm	75.597 mm	74.803 mm		1.889 mm	2.286 mm		24.363 kg	30.257 kg		145.73 kg/cm ²	182.21 kg/cm ²	
4"	4.125"	3.934"	3.904"		0.095"	0.110"		93.310 lb	107.729 lb		2,072 lb/pulg ²	2,400 lb/pulg ²	
102 mm	104.775 mm	99.949 mm	99.187 mm		2.413 mm	2.794 mm		42.363 kg	48.909 kg		145.65 kg/cm ²	168.72 kg/cm ²	

TABLA 2a. Dimensiones y características de tubería de cobre tipo ACR

Diámetro exterior	Diámetro exterior	Espesor de pared	Presión máxima permitida		Peso aproximado
pulg	mm	mm	kg/cm ²	lbs/pulg ²	kg/m
1/8	3,18	0.76	250	3,554	0.051
3/16	4,76	0.76	154	2,198	0.085
1/4	6,35	0.76	112	1,589	0.119
5/16	7,94	0.81	94	1,334	0.162
3/8	9,53	0.81	77	1,095	0.198
1/2	12,70	0.81	57	807	0.270
5/8	15,90	0.89	49	704	0.374
3/4	19,10	1.07	50	704	0.540
7/8	22,22	1.14	45	642	0.673

DATOS TÉCNICOS

TABLA 2b. Presiones de trabajo interno (kg/cm²) de tubo tipo M, L y K

Diámetro nominal	Diámetro exterior		Temperatura de servicio																		
			10°C (50°F) S=682.14 kg/cm ²			38°C (100°F) S=421.94 kg/cm ²			65°C (150°F) S=358.65 kg/cm ²			93°C (200°F) S=337.55 kg/cm ²			149°C (300°F) S=330.52 kg/cm ²			205°C (400°F) S=210.97 kg/cm ²			
Tipo de tubería																					
pulg	mm	pulg	mm	M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K
1/4	6	3/8	9.525	67.961	104.264	122.839	54.409	64.493	75.983	46.248	54.819	64.585	43.527	51.594	60.786	42.620	50.520	59.520	27.205	32.247	37.991
3/8	10	1/2	12.700	65.131	88.952	129.198	40.287	55.022	79.916	34.244	46.769	67.929	32.230	44.017	63.933	31.568	43.100	62.601	20.144	27.511	39.958
1/2	13	5/8	15.875	56.375	82.340	101.818	34.871	50.932	62.979	29.640	43.292	53.532	27.897	40.748	50.383	27.316	39.897	49.333	17.436	25.466	31.489
3/4	19	7/8	22.225	46.473	68.389	97.264	28.748	41.065	60.163	24.434	34.906	51.138	22.997	32.852	48.131	22.518	32.158	47.128	14.373	20.533	30.082
1	25	1 1/8	28.575	38.421	58.375	74.703	23.765	34.871	46.208	20.201	29.640	39.277	19.012	27.897	36.966	18.616	27.316	36.196	11.883	17.436	23.104
1 1/4	32	1 3/8	34.925	38.548	50.081	60.638	23.844	30.966	37.508	20.267	26.321	31.882	19.075	24.773	30.006	18.678	24.256	29.381	11.922	15.483	18.754
1 1/2	38	1 5/8	41.275	37.772	46.588	56.375	23.364	28.617	34.871	19.860	24.495	29.640	18.591	23.054	27.897	18.302	22.574	27.316	11.682	14.409	17.436
2	51	2 1/8	53.975	34.056	41.424	53.550	21.066	25.623	30.649	17.906	21.780	26.052	16.853	20.499	24.520	16.502	20.071	24.009	10.022	12.812	15.325
2 1/2	64	2 3/8	66.675	31.234	38.264	45.351	19.320	23.666	28.052	16.422	20.118	23.845	15.456	18.935	22.442	15.134	18.540	21.974	9.660	11.834	14.026
3	78	3 1/8	79.375	28.857	36.104	43.881	17.850	22.332	27.143	15.172	18.982	23.071	14.280	17.666	21.714	13.982	17.401	21.262	8.925	11.186	13.571
4	102	4 1/8	104.775	28.584	33.389	40.975	17.681	20.653	25.345	15.028	17.555	21.544	14.144	16.522	20.278	13.850	16.178	19.854	8.840	10.326	12.673

TABLA 2b. Presiones de trabajo interno (kg/cm²), USOS GENERALES

Diámetro nominal	Diámetro exterior		Temperatura de servicio												
			10°C (50°F) S=682.14 kg/cm ²		38°C (100°F) S=421.94 kg/cm ²		65°C (150°F) S=358.65 kg/cm ²		121°C (250°F) S=334.74 kg/cm ²		177°C (350°F) S=286.22 kg/cm ²		205°C (400°F) S=210.97 kg/cm ²		
Tipo de tubería															
pulg	mm	pulg	mm	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen
1/8	3.175	1/8	3.175	356.37	356.37	220.43	220.43	187.37	187.37	176.35	176.35	172.67	172.67	110.22	110.22
3/16	4.763	3/16	4.763	211.11	211.11	137.39	137.39	116.78	116.78	109.91	109.91	107.62	107.62	68.69	68.69
1/4	6.350	1/4	6.350	161.33	161.33	99.79	99.79	84.82	84.82	79.83	79.83	78.17	78.17	49.90	49.90
5/16	7.938	5/16	7.938	136.84	136.84	84.64	84.64	71.95	71.95	67.71	67.71	66.30	66.30	42.32	42.32
3/8	9.525	3/8	9.525	112.53	112.53	69.60	69.60	59.16	59.16	55.68	55.68	54.52	54.52	34.80	34.80
1/2	12.700	1/2	12.700	83.03	83.03	51.36	51.36	43.65	43.65	41.08	41.08	40.23	40.23	25.68	25.68
5/8	15.675	5/8	15.675	70.43	70.43	43.56	43.56	37.03	37.03	34.85	34.85	34.12	34.12	21.78	21.78
3/4	19.050	3/4	19.050	58.29	58.29	36.05	36.05	30.65	30.65	28.84	28.84	28.24	28.24	18.03	18.03

DATOS TECNICOS

TABLA 2b. Presiones de trabajo interno (kg/cm²) en tubo tipo "L" flexible

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Temperatura de servicio					
				10°C (50°F)	38°C (100°F)	65°C (150°F)	121°C (250°F)	177°C (350°F)	205°C (400°F)
pulg	mm	pulg	mm	S=682.14 kg/cm ²	S=421.94 kg/cm ²	S=358.65 kg/cm ²	S=334.74 kg/cm ²	S=286.22 kg/cm ²	S=210.97 kg/cm ²
1/4	6.35	3/8	9.525	114.3	64.5	54.8	51.6	50.5	32.2
3/8	9.5	1/2	12.700	89.0	55.0	46.8	44.0	43.1	27.5
1/2	12.7	5/8	15.875	82.3	50.9	43.3	40.7	39.9	25.5
3/4	19	7/8	22.225	66.4	41.1	34.9	32.9	32.2	20.5
1	25	1 1/8	28.575	56.4	34.9	29.6	27.9	27.3	17.4

TABLA 3. Presiones de trabajo en uniones soldadas (kg/cm²)

Tipo de soldadura	Temperatura de servicio	Diametros nominales			Vapor saturado
		1/4 a 1"	1 1/2 a 2"	2 1/2 a 4"	
No. 50 50% Estaño 50% Plomo	38°C	14.06	12.30	10.55	-
	65°C	10.55	8.79	7.03	-
	93°C	7.03	6.33	5.27	-
	121°C	-	-	-	0.5
No. 95 95% Estaño 5% Plomo	38°C	35.15	28.12	21.09	-
	65°C	28.12	24.61	19.33	-
	93°C	21.09	17.58	14.06	-
	121°C	-	-	-	1.05

TABLA 4. Presión de ruptura (lb/pulg² y kg/cm²)

Diámetro nominal	Diámetro exterior		M		L		K	
			Rígido	Flexible	Rígido	Flexible	Rígido	Flexible
1/2"	5/8"	lb	6135	-	7765	3885	9840	4535
		kg	431	-	546	273	692	319
3/4"	7/8"	lb	4715	-	5900	2935	9300	4200
		kg	331	-	415	206	654	295
1"	1 1/8"	lb	3865	-	5115	2650	7200	3415
		kg	271	-	360	186	506	240
1 1/4"	1 3/8"	lb	3875	-	4550	2400	5525	2800
		kg	272	-	320	169	388	197
1 1/2"	1 5/8"	lb	3550	-	4100	2200	5000	2600
		kg	250	-	288	155	352	183
2"	2 1/8"	lb	2935	-	3365	1910	3915	2235
		kg	206	-	237	134	275	157
2 1/2"	2 5/8"	lb	2800	-	3215	-	2575	-
		kg	197	-	226	-	181	-
3"	3 1/8"	lb	2665	-	2865	-	3450	-
		kg	187	-	201	-	243	-
4"	4 1/8"	lb	2215	-	2865	-	3415	-
		kg	156	-	201	-	240	-

DATOS TECNICOS

Tabla 5. Pérdida de presión por fricción para tubería de cobre tipo K, L y M (kg/cm²)

Flujo LPM	Diámetro nominal o estándar (pulgadas)														
	1/4			3/8			1/2			3/4			1		
	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M
3.78	0.318	0.272	N/A	0.083	0.053	0.048	0.023	0.018	0.016	0.004	0.002	0.002			
7.57			N/A	0.299	1.937	1.730	0.080	0.069	0.055	0.013	0.011	0.009	0.004	0.002	0.006
11.36			N/A	0.634	0.408	3.667	0.170	0.143	0.117	0.032	0.025	0.020	0.006	0.006	0.002
15.14			N/A				0.288	0.244	0.198	0.053	0.041	0.034	0.013	0.011	0.009
18.93			N/A				0.435	0.371	0.299	0.080	0.062	0.053	0.020	0.016	0.013
37.85			N/A							0.290	0.226	0.193	0.071	0.062	0.053
56.78													0.149	0.131	0.113
75.7														0.221	0.193
94.63															
113.6															
132.5															
151.4															
170.3															
189.3															
227.1															
265															
302.8															
340.7															
378.5															
454.2															
529.9															
605.6															
681.3															
757															
946.3															
1136															
1325															
1514															
1703															

DATOS TECNICOS

Flujo LPM	Diámetro nominal o estándar (pulgadas)																		
	1/4			1/2			2			2 1/2			3			4			
	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	
3.78																			
7.57	0.002																		
11.36	0.002	0.002	0.002																
15.14	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002													
18.93	0.006	0.006	0.004	0.002	0.002	0.002													
37.85	0.023	0.023	0.020	0.009	0.092	0.009	0.002	0.002	0.002										
56.78	0.050	0.046	0.041	0.020	0.020	0.018	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002							
75.7	0.085	0.080	0.071	0.036	0.034	0.032	0.009	0.009	0.009	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002				
94.63	0.131	0.119	0.108	0.055	0.050	0.048	0.013	0.013	0.011	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002				
113.6	0.182	0.168	0.152	0.078	0.071	0.066	0.020	0.018	0.018	0.006	0.006	0.006	0.002	0.002	0.002				
132.5				0.103	0.096	0.089	0.027	0.025	0.023	0.009	0.009	0.009	0.004	0.004	0.002				
151.4				0.133	0.124	0.115	0.034	0.032	0.030	0.011	0.011	0.011	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002		
170.3						0.143	0.041	0.039	0.036	0.013	0.013	0.013	0.006	0.006	0.004	0.002	0.002	0.002	
189.3							0.050	0.048	0.046	0.018	0.016	0.016	0.006	0.006	0.006	0.002	0.002	0.002	
227.1							0.071	0.069	0.064	0.025	0.023	0.023	0.011	0.009	0.009	0.002	0.002	0.002	
265							0.096	0.089	0.085	0.032	0.032	0.030	0.013	0.013	0.011	0.004	0.002	0.002	
302.8										0.043	0.039	0.036	0.018	0.016	0.016	0.004	0.004	0.004	
340.7										0.053	0.050	0.046	0.023	0.020	0.020	0.046	0.004	0.004	
378.5										0.064	0.060	0.057	0.027	0.025	0.023	0.069	0.006	0.006	
454.2												0.080	0.039	0.036	0.034	0.009	0.009	0.009	
529.9													0.050	0.084	0.043	0.013	0.011	0.011	
605.6													0.064	0.060	0.057	0.016	0.016	0.013	
681.3																0.020	0.018	0.018	
757																0.025	0.023	0.023	
946.3																0.036	0.034	0.034	
1136																		0.048	
1325																			
1514																			
1703																			

DATOS TÉCNICOS

Tabla 6. Longitud equivalente de conexiones a tubería en mts

Diámetro (pulgadas)	Codo 90°	Codo 45°	Tee giro de 90°	Tee paso recto	Válvula de compuerta	Válvula de globo	Válvula angular
3/8	0.30	0.30	0.45	0.10	0.06	2.45	1.20
1/2	0.60	0.40	0.90	0.20	0.12	4.40	2.45
3/4	0.75	0.45	1.20	0.25	0.15	6.10	3.65
1	0.90	0.55	1.50	0.27	0.20	7.60	4.60
1 1/4	1.20	0.80	1.80	0.40	0.25	10.50	5.50
1 1/2	1.50	0.90	2.15	0.45	0.30	13.50	6.70
2	2.15	1.20	3.05	0.60	0.40	16.50	8.50
2 1/2	2.45	1.50	3.65	0.75	0.50	19.50	10.50
3	3.05	1.80	4.60	0.90	0.60	24.50	12.20
3 1/2	3.65	2.15	5.50	1.10	0.70	30.00	15.00
4	4.25	2.45	6.40	1.20	0.80	37.50	16.50
5	5.20	3.05	7.60	1.50	1.00	42.50	21.00
6	6.10	3.65	9.15	1.80	1.20	50.00	24.50

Tabla 7. Radios recomendados para liras de dilatación con tubería de cobre

Pulgadas de expansión esperada		Radio "R", en pulgadas, diámetro nominal o estándar de tubo Longitud "L", en pulgadas, diámetro nominal o estándar de tubo											
		1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
1/2	R	6	7	8	9	11	12	13	15	16	18	19	20
	L	38	44	50	59	67	74	80	91	102	111	120	128
1	R	9	10	11	13	15	17	18	21	23	25	27	29
	L	54	63	70	83	94	104	113	129	144	157	169	180
1 1/2	R	11	12	14	16	18	20	22	25	28	30	33	35
	L	66	77	86	101	115	127	138	158	176	191	206	220
2	R	12	14	16	19	21	23	25	29	32	35	38	41
	L	77	89	99	117	133	147	160	183	203	222	239	255
2 1/2	R	14	16	18	21	24	26	29	33	36	40	43	45
	L	86	99	111	131	149	165	179	205	227	248	267	285
3	R	15	17	19	23	26	29	31	36	40	43	47	50
	L	94	109	122	143	163	180	196	224	249	272	293	312
3 1/2	R	16	19	21	25	28	31	34	39	43	47	50	54
	L	102	117	131	155	176	195	212	242	269	293	316	337
4	R	17	20	22	26	30	33	36	41	46	50	54	57
	L	109	126	140	166	188	208	226	259	288	314	338	361

DATOS TECNICOS

Tabla 8. Consumo de soldadura (1/8")

Diámetro de la unión (mm)	Por unión (cm)	Por 100 uniones		
		(m)	50/50 kg	95/5 kg
9.5	1.3	1.30	0.108	0.091
12.7	1.6	1.60	0.133	0.112
19.0	2.2	2.20	0.183	0.154
25.4	2.9	2.90	0.241	0.204
31.7	3.5	3.50	0.291	0.246
38.1	4.1	4.10	0.341	0.288
50.8	5.4	5.40	0.450	0.379
63.5	6.7	6.70	0.558	0.471
76.2	8.0	8.00	0.666	0.562
101.6	10.5	10.50	0.875	0.738

Tabla 9. Consumo de metal de aporte o relleno

Diámetro nominal	Consumo de metal de aporte o relleno				Peso medio por 100 uniones (gramos)
	Alambre 1 ¹ / ₁₆ "	Varila 1 ¹ / ₈ " x 50	Alambre 3 ³ / ₃₂ "	Alambre 1 ¹ / ₈ "	
1/4	1/4	1/4	1/4	1/8	18.14
3/8	5/8	3/8	3/8	1/4	27.21
1/2	1 ¹ / ₈	5/8	1/2	3/8	45.35
5/8	1 ⁵ / ₈	7/8	5/8	1/2	68.03
3/4	2 ¹ / ₄	1 ¹ / ₈	1	5/8	95.25
1	3 ¹ / ₂	1 ³ / ₄	1 ⁵ / ₈	7/8	145.14
1 ¹ / ₄	4 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄	2	1 ¹ / ₄	190.50
1 ¹ / ₂	-	3	2 ⁵ / ₈	1 ¹ / ₂	254.01
2	-	4 ³ / ₄	4 ³ / ₈	2 ¹ / ₂	408.23
2 ¹ / ₂	-	6 ¹ / ₂	5 ⁷ / ₈	3 ³ / ₈	553.38
3	-	8 ⁵ / ₈	7 ⁷ / ₈	4 ¹ / ₂	743.89
3 ¹ / ₂	-	11 ¹ / ₂	10 ¹ / ₂	5 ⁷ / ₈	988.83
4	-	14 ⁷ / ₈	13 ¹ / ₂	7 ⁵ / ₈	1274.59

DATOS TECNICOS

Tabla 10. Metales de aporte para soldadura

Clasificación ¹	Porcentaje del principal elemento						Temperatura °C	
	Plata	Fósforo (P)	Zinc (Zn)	Cadmio (Cd)	Estaño (Sn)	Cobre (Cu)	Solidificación	Licuefacción
BCup-2	-	7.00-7.5	-	-	-	Sobrante	710	795
BCup-3	4.8-5.2	5.8-6.2	-	-	-	Sobrante	645	815
BCup-4	5.8-6.2	7.0-7.5	-	-	-	Sobrante	645	720
BCup-5	14.5-15.5	4.8-5.2	-	-	-	Sobrante	645	800
BAG-12	44-46	-	14-18	23-252	-	14-16	610	620
BAG-22	33-36	-	19-23	17-192	-	25-27	610	700
BAG-5	44-46	-	23-27	-	-	29-31	610	745
BAG-7	55-57	-	15-19	-	4.5-5.5	21-23	620	650

Tabla 11. Radio mínimo de curvado

Diámetro nominal (pulgadas)	Tipo de tubo	Temple	Radio mínimo de curvatura (pulgadas)
1/4	K - L	Flexible	3/4
3/8	K - L	Flexible	1 1/2
3/8	K - L	Rígido	1 3/4
1/2	K - L	Flexible	2 1/4
1/2	K - L	Rígido	2 1/2
3/4	K - L	Flexible	3
3/4	K - L	Rígido	3
1	K - L	Flexible	4
1 1/4	K - L	Flexible	9

CUPON DE INFORMACION



Nombre _____ Ocupación _____

Dirección _____

CP _____ Municipio o Delegación _____ Teléfono _____

Pertenece a alguno de nuestros clubes, cuál _____ No. de socio _____

Si tiene personal a su cargo, indique cuántos _____

Observaciones o sugerencias al manual _____

Envíe este cupón con sus datos al Fax 5286-7723 o sus comentarios al correo electrónico info@procobremexico.com.mx y reciba un obsequio a cambio, el cual podrá recoger en nuestras oficinas.

ANEXO 2

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 321.120
2007**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**PRESIONES DE OPERACIÓN ADMISIBLES PARA
INSTALACIONES INTERNAS DE GAS LICUADO DE
PETRÓLEO**

ACCEPTABLE OPERATION PRESSURES FOR INTERNAL INSTALATIONS OF LIQUEFIED
PETROLEUM GAS

2007-11-28

1ª Edición

ÍNDICE

	página
INDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. DEFINICIONES	3
5. MÁXIMA PRESIÓN DE OPERACIÓN ADMISIBLE	4
6. ANTECEDENTES	5
ANEXO	6

PREFACIO

A. RESEÑA HISTORICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Gas Licuado de Petróleo, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de junio a agosto del 2007, utilizando como antecedentes a los que se mencionan en el capítulo correspondiente.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Gas Licuado de Petróleo presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales –CRT-, con fecha 2007-08-01, el PNTP 321.120:2007, para su revisión y aprobación siendo sometida a la etapa de Discusión Pública el 2007-09-29. No habiéndose presentado observaciones fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 321.120:2007 PRESIONES DE OPERACIÓN ADMISIBLES PARA INSTALACIONES INTERNAS DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO**, 1ª Edición, el 09 de diciembre de 2007.

A.3 La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo con las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría Asociación de Empresas Envasadoras de Gas del Perú

Presidente del Comité Técnico Oscar Rafael Anyosa

Secretario del Comité Técnico Víctor Ernesto Ulloa Montoya

ENTIDAD

REPRESENTANTE

INSTAGAS S.A.C.

Manuel Enrique Llanos Rodriguez

PRORAG CONTRATISTAS S.R.L.

Harry Estrada Infantas
Milko Samamé Hipólito

GASTECNIC S.R.L.	Aníbal Sánchez Torino
ZETA GAS ANDINO S.A.	Hans Vidal Castañeda
EXCELAMERICA S.A.C.	Christian Montenegro Rodriguez Víctor Huaranga L.
INTI GAS S.A.C.	Oscar Rafael Anyosa
TECNIGAS INGENIEROS S.A.C.	Jesús Maraví Mendoza
PROCOBRE PERÚ	Harry Estrada Infantas Orlando Ardito
REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU	Christian Erazo Sarmiento Roberto Arellano Gardella
INDUSTRIAS METALIC S.A.	José Aroní Quispe
GAS SYSTEMS	Fredy Urbina Cabanillas
MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO Vice Ministerio de Construcción y Saneamiento	Roberto Prieto
DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS - MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS	Constantino Salcedo Yanayaco
ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN LA ENERGÍA - OSINERG	Jaime Madueño José Canelo
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Capítulo de Ingeniería Mecánica y Mecánica Eléctrica	Manuel Villavicencio
ETALON S.A.	Amelia Flores Vásquez Jacobo Gutarra Alvarez

---oooOooo---

2.2 Norma Técnica de Asociación

2.2.1 NFPA 58:2004 Liquefied Petroleum Gas Code

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana es aplicable a la operación de los sistemas de tuberías que se utilicen dentro del territorio nacional para el transporte, distribución y suministro de gases licuados de petróleo por red de ductos con destino al abastecimiento domiciliario, comercial o industrial, bien sea en forma individual o colectiva, sea por tanque estacionario o recipientes portátiles.

Las presiones de operación que establece la presente Norma Técnica Peruana para los sistemas de transporte, distribución y suministro en referencia por red de ductos, son extensivas a los distintos elementos mecánicos o estructurales que los conforman, tales como tuberías, válvulas, accesorios, bridas, pernos, abrazaderas, empaquetaduras, reguladores de presión, mecanismos de alivio e instrumental de medición, entre otros.

Toda actividad desarrollada bajo el campo de aplicación de esta Norma Técnica Peruana deberá satisfacer o exceder las especificaciones mínimas de las normas citadas en materia de seguridad en el presente documento.

La presente Norma Técnica no es aplicable a los siguientes tipos de instalaciones y sistemas:

- a) Plantas de producción, refinación o procesamiento de gases combustibles.
- b) Plantas almacenadoras, envasadoras de gases licuados del petróleo.
- c) Depósitos para el almacenamiento y distribución de recipientes portátiles para gases licuados del petróleo (Locales de venta de GLP).
- d) Estaciones compresoras, estaciones receptoras o puertas de ciudad y estaciones reguladoras de distrito.

- e) Equipos y artefactos a gas licuado de petróleo de uso doméstico, comercial o industrial.
- g) Plataformas marinas e instalaciones costa-afuera.
- h) Plantas termoeléctricas o de cogeneración.
- i) Equipos y sistemas de carburación para automotores

4. DEFINICIONES

4.1 **instalación para suministro de GLP:** Conjunto de tuberías, equipos y accesorios requeridos para la conducción del GLP a baja, media y alta presión.

4.2 **línea de consumo de alta presión:** Derivación comprendida desde el recipiente de almacenamiento de GLP hasta el regulador de primera etapa. La línea de consumo tiene como componentes el recipiente de almacenamiento de GLP, el tubo y/o conector con accesorios, el regulador de primera etapa, (véase Anexo A). Entiéndase como recipiente de almacenamiento de GLP, los cilindros tipo 45 y los tanques estacionarios.

4.3 **línea de consumo de media presión:** Sistema de tuberías internas o externas a la edificación que permiten la conducción de GLP hacia los distintos artefactos de consumo de un mismo usuario. Está comprendida entre la salida del regulador de primera etapa y el regulador de última etapa (regulador de baja presión) incluyendo los centros de medición en los casos de instalación con medidores (véase Anexo A).

4.4 **línea de consumo de baja presión:** Sistema de tuberías internas desde el regulador de última etapa (regulador de baja presión) hasta el punto de conexión del artefacto (Véase Anexo A).

4.5 **línea de retorno de vapor:** Tubería que interconecta la unidad de despacho y el tanque estacionario, y que tiene por objeto la compensación de presiones entre ambas unidades de almacenamiento. El gas contenido se encuentra en altas presiones y en estado gaseoso.

4.6 **línea de carga de GLP al tanque estacionario:** Tubería que interconecta la unidad de despacho y el tanque estacionario; tiene por objeto el suministro de GLP líquido.

4.7 **línea de GLP del tanque al vaporizador:** Tubería que conduce el GLP en estado líquido hacia el vaporizador (en caso existiera). Las características son las mismas que la línea de carga.

4.8 **presión de prueba:** Presión a la cual es sometido el sistema en cada una de sus etapas antes de entrar en operación con el fin de verificar su hermeticidad.

4.9 **máxima presión de operación admisible:** Es la máxima presión a la cual puede ser operado un sistema de tuberías para la conducción de GLP, de conformidad con las especificaciones de la presente Norma Técnica Peruana. Se abrevia "MPOA".

4.10 **presión de trabajo:** Es la presión a la cual es operado habitualmente un sistema de tuberías.

5. MÁXIMA PRESIÓN DE OPERACIÓN ADMISIBLE

5.1 Máxima presión de operación admisible (MPOA) designada para los sistemas de tuberías para el transporte, distribución y suministro de GLP

Las máximas presiones de operación admisibles para los sistemas de tuberías que se utilicen para el transporte, distribución y suministro de gases licuados de petróleo, serán las que se designan en la Tabla 1

Se exceptúan de lo anterior las aplicaciones especiales consideradas por las normas técnicas aplicables según el caso.

TABLA 1 – Máximas presiones de operación admisible (MPOA)

Clasificación de las presiones	Variación de las máximas presiones de operación admisibles
Alta presión	$P > 4 \text{ bar}$ ($P > 58,015 \text{ psig}$).
Media presión B	$0,4 \text{ bar} < P \leq 4 \text{ bar}$ ($5,80 \text{ psig} < P \leq 58,01 \text{ psig}$)
Media presión A	$0,05 \text{ bar} < P \leq 0,4 \text{ bar}$ ($0,725 \text{ psig} < P \leq 5,80 \text{ psig}$)
Baja presión	$P \leq 0,05 \text{ bar}$ ($P \leq 0,725 \text{ psig}$)

6. ANTECEDENTES

- 6.1 NTC 3838:2002 Presiones permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles
- 6.2 NT EM.040:2006 INSTALACIONES DE GAS. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO
(NORMATIVO)

ESQUEMAS DE REGULACIÓN

TIPOS	ESQUEMAS DE REGULACION DOMÉSTICA, COMERCIAL E INDUSTRIAL	ETAPA	Pmax. (mbar)	Pmin. (mbar)
ETAPA UNICA I		Alta presión	—	☒ 4000
		Baja presión	50	
ETAPA UNICA II		Alta presión	—	☒ 4000
		Media presión B	4000	☒ 400
		Media presión A	400	☒ 50
DOS ETAPAS		Alta presión	—	☒ 4000
		Media presión B	4000	☒ 400
		Media presión A	400	☒ 50
		Baja presión	50	
TRES ETAPAS		Alta presión	—	☒ 4000
		Media presión B	4000	☒ 400
		Media presión A	400	☒ 50
		Baja presión	50	
LEYENDA				

NOTA: Las presiones indicadas en los esquemas se refieren a valores promedio

AC-250 Diaphragm Meter

The standard for measuring a variety of hydrocarbon gases at pressures up to 10 PSIG and flow rates up to 250 cubic feet per hour



Features

- Die-cast aluminum case
- Oil-impregnated, self-lubricating bushings
- Molded, convoluted diaphragms for smooth operation and long life
- Rigid, reinforced flag rods for positive alignment and sustained accuracy
- Graphite-filled phenolic valves to minimize wear
- Long-life, low friction, grommet seals
- Single coat polyester primer with high solids polyurethane top coat
- Security seals that indicate tampering

Advantages

- Temperature compensation available from -30°F to 140°F (-34°C to 60°C)
- 250 SCFH (7.1 m³/h) (0.60 specific gravity gas) at 1/2-inch W.C. differential
- AMR/AMI compatibility
- Meets ANSI B109.1 specifications
- Measurement Canada accredited

Applications

The Elster American Meter class AC-250 is the industry's most cost-effective gas meter for residential and small commercial applications. It is unequaled for accuracy retention and for life cycle maintenance economies.

Options

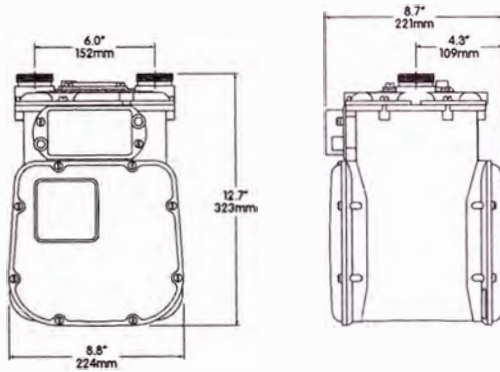
- Regular or Temperature Compensated
- Pointer or odometer index
- 1ft³, 2ft³, or 0.05m³ drive
- 10 LT, 20 LT, 30 LT, and other connection sizes
- 5 or 10 PSIG (345 or 690 mbar) Maximum Allowable Operating Pressure (MAOP)
- Pressure compensating indexes
- Standard or UV protected index covers
- Meter bars
- Connection sets
- Remote Volume Pulsers



elster
American Meter

AC-250 Diaphragm Meter

Weight = 12 lbs



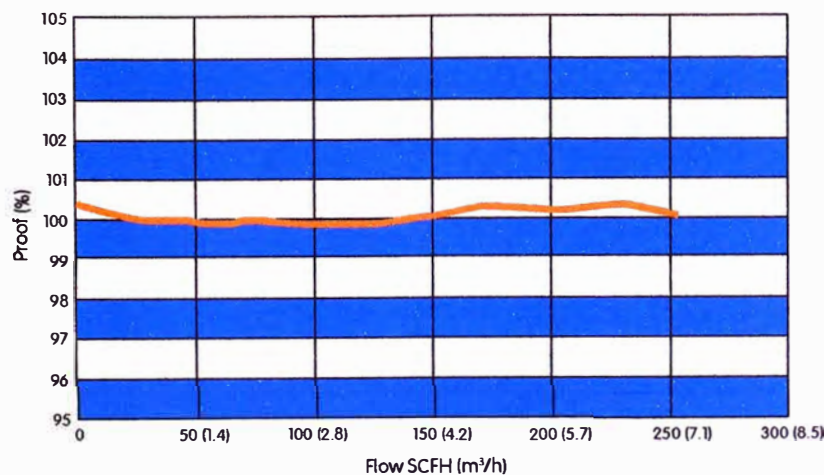
Capacities (0.60 specific gravity gas)

Line Pressure PSIG (mbar)	Differential Inches W.C. (mbar)	SCFH (m ³ /h)
0.25 (17)	1/2 (1.2)	250 ^{1,2} (7.1)
1 (69)	2 (5)	583 (16.5)
2 (138)	2 (5)	600 (17.0)
5 (345)	2 (5)	656 (18.8)
10 (690)	2 (5)	742 (21.0)

1 - Propane - 158 SCFH (4.5 m³/h)

2 - Butane - 138 SCFH (3.9 m³/h)

AC-250 Proof Curve



About Elster Group

A world leader in advanced metering infrastructure, integrated metering, and utilization solutions to the gas, electricity and water industries. Elster's metering and system solutions reflect over 170 years of knowledge and experience in measuring precious resources and energy.

Elster provides solutions and advanced technologies to help utilities more easily, efficiently and reliably obtain and use advanced metering intelligence to improve customer service, enhance operational efficiency, and increase revenues. Elster's AMI solutions enable utilities to cost-effectively generate, deliver, manage, and conserve the life-essential resources of gas, electricity, and water.

Elster has a staff of over 7,500 serving customers globally in North America, Central America, South America, Europe, Asia, Africa and the Middle East.

ISO 9001:2000



Certification No. 006697

Elster American Meter
2221 Industrial Road
Nebraska City, NE
68410
USA

T +1 402 873 8200
F +1 402 873 7616

www.elster-americanmeter.com

Elster Canadian Meter

T +1 905 634 4895
F +1 905 634 6705

www.elster-canandianmeter.com

© 2008 Elster American Meter. All right reserved

EAM-DS3535.6-EN-P - November 2008
Supersedes EAM-DS3535.5-EN-P

REGGO[®]

**Catálogo L-102-SV
Equipo de Gas LP y Amoníaco Anhidro**

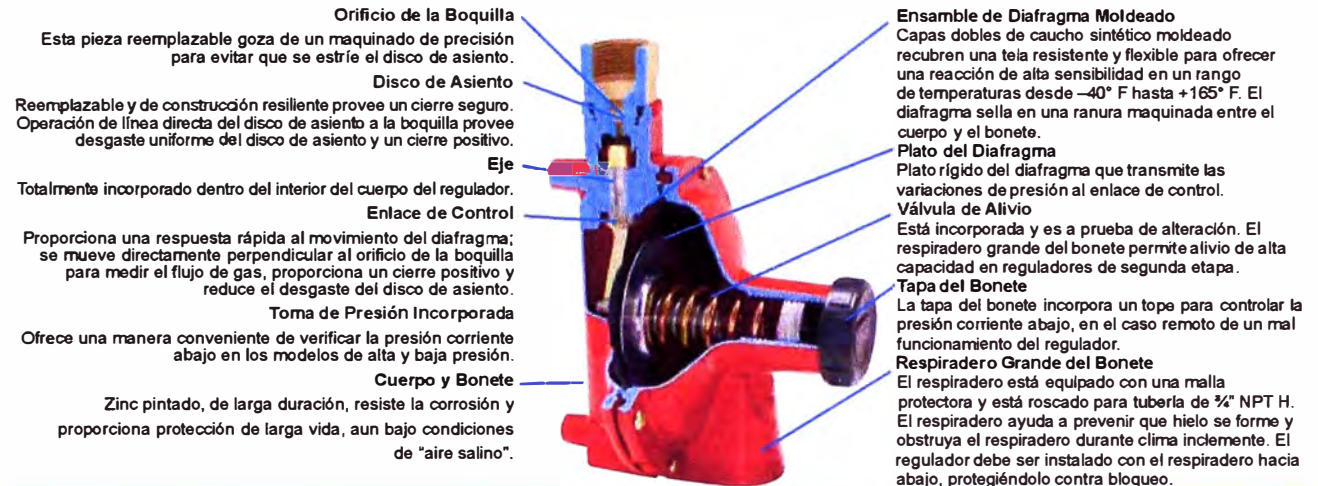


Páginas	Descripción del Equipo
3 - 22	Reguladores y Accesorios
23 - 30	Válvulas de Cilindro y de Servicio
31 - 35	Multiválvulas
36 - 46	Válvulas de Alivio de Presión y Manifolds
47 - 55	Válvulas de Globo
56 - 70	Válvulas de Exceso de Flujo, Check, de Llenado y de Retorno de Vapores
71 - 78	Válvulas Internas y Accesorios
79 - 85	Adaptadores, Conectores y Accesorios
86 - 93	Equipo Misceláneo

Diseños de Reguladores RegO®

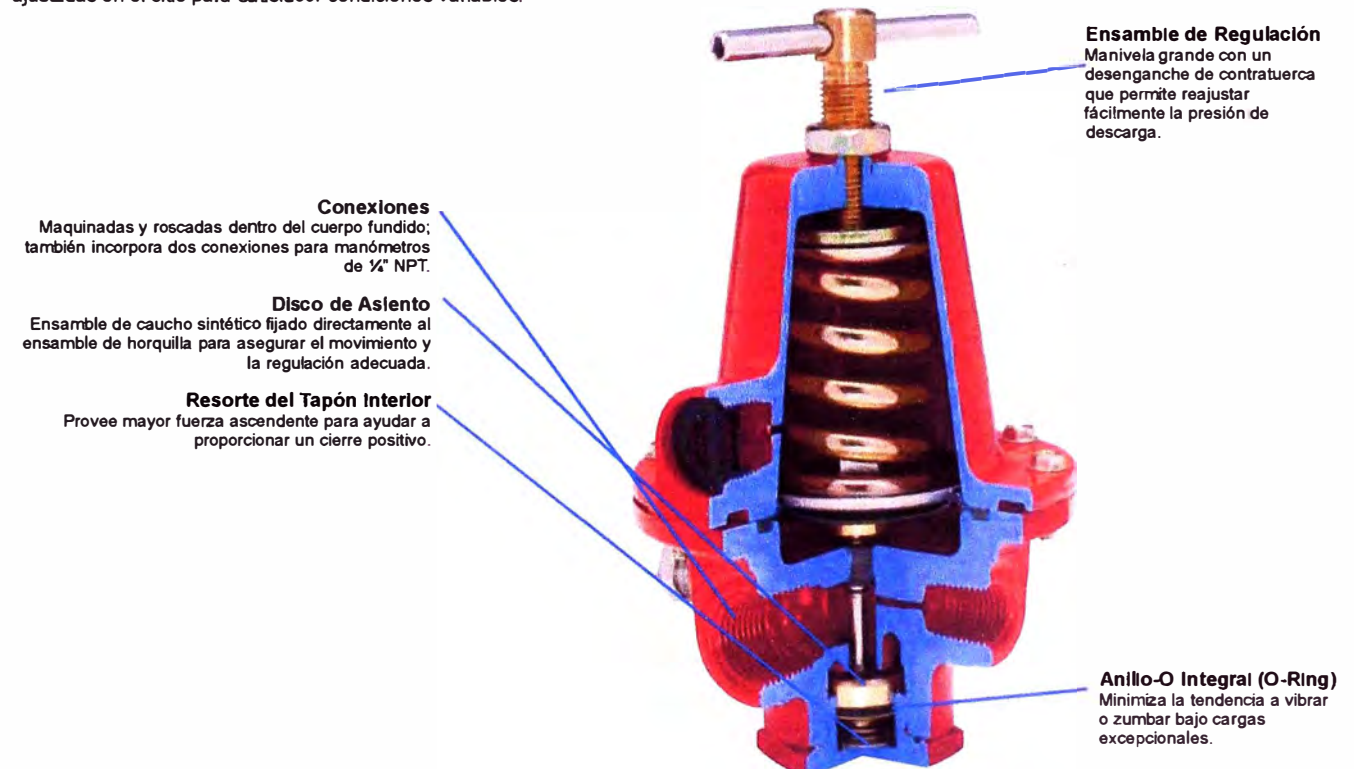
Características de los Reguladores LV4403 de Baja y Alta Presión.

Los Reguladores de Gas-LP RegO® han sido diseñados para ofrecer excelente rendimiento y confiabilidad, con un mínimo de mantenimiento



Características de los Reguladores Industriales 1580 de Alta Presión

El regulador industrial, de libras a libras, proporciona mayor presión de descarga a medida que disminuye la presión del tanque, por lo tanto permite el uso total del gas en el tanque. La mayoría de las unidades pueden ser ajustadas en el sitio para satisfacer condiciones variables.



Sensibilidad

En aquellos casos donde hay una variedad de escalas de descarga de presiones, se recomienda la escala de resorte más baja que satisfaga sus requisitos, debido a que la sensibilidad de un regulador disminuye a medida que aumenta la escala del resorte de regulación.

Válvulas de Seguridad

La mayoría de los reguladores de alta presión no están equipados con válvulas integrales de seguridad. Para ciertas aplicaciones en las cuales se desea proteger el equipo corriente abajo del regulador, se deben instalar válvulas de seguridad en la línea.

Reguladores de Segunda Etapa de Baja Presión

Diseñados para reducir la presión de 5 a 20 PSIG de la primera etapa a la presión del quemador, normalmente 11" C.A. Ideales para las aplicaciones industriales y comerciales de tamaño medio, las instalaciones de múltiples cilindros y los sistemas domésticos normales.



Diseño para Montar Atrás

Se monta directamente en la tubería de la casa; elimina la necesidad de empalmes, codos y soportes. Se instala fácil y rápidamente.

Número de parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Tamaño de Orificio	Presión de Descarga de Fábrica	Rango de Ajuste	Posición del Venteo	Capacidad de Vapor de Propano BTU/hora**
LV4403B4	½" NPT F.	1½"	#28 Drill	11" C.A. a una Entrada de 10 PSIG	9" to 13" C.A..	Sobre Entrada	935,000
LV4403B46		¾" NPT F.					
LV4403B46R*							
LV4403B66	¾" NPT F.	¾" NPT F.	3/16"	11" C.A. a una Entrada de 10 PSIG	9" to 13" C.A..	Sobre Entrada	1,000,000
LV4403B66R*							
LV4403B66RA***							
LV4403B66RAB****							

* Diseño para Montar Atrás

** Flujo máximo basado en una entrada de 10 PSIG y 9" C.A. de presión de descarga.

*** Salida a 90°

**** Salida a 90° con soporte de montaje incluido

Reguladores de Segunda Etapa de Baja Presión

Diseñados para reducir la presión de 5 a 20 PSIG de la primera etapa a la presión del quemador, normalmente 11" C.A. Ideales para las aplicaciones industriales y comerciales de tamaño grande, las instalaciones de múltiples cilindros y los sistemas domésticos grandes.



LV5503 Series



LV6503 Series

Número de parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Tamaño de Orificio	Presión de Descarga de Fábrica	Presión de Descarga de Fábrica	Posición del Venteo	Capacidad de Vapor de Propano BTU/hora*
LV6503B4	½" NPT F.	¾" NPT F.	¼"	11" C.A. a una Entrada de 10 PSIG	9" - 13" C.A.	Sobre Entrada	1,600,000
LV6603B6	¾" NPT F.		9/32"				2,300,000
LV5503B8		1" NPT F.	¾"		8,000,000		
LV6503B14	1½" NPT F.	1½" NPT F.	¾"	8½" - 14" C.A.			8,000,000
LV6603B16	2" NPT F.	2" NPT F.					9,750,000

Regulador de Segunda Etapa de Baja Presión para Galpón de Tabaco

Desarrollado especialmente para los galpones de secado en la industria del tabaco. El Regulador LV55503G4 proporciona un flujo de combustible constante y estable hasta 12 a 20 quemadores por todo el granero.



Número de parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Tamaño de Orificio	Presión de Descarga de Fábrica	Presión de Descarga de Fábrica	Posición del Venteo	Capacidad de Vapor de Propano BTU/hora**
LV55503G4	½" NPT F.	¾" NPT F.	¼"	15" C.A. a una Entrada de 15 PSIG	8" - 18" C.A.	Sobre la Entrada	1,750,000

* Flujo máximo basado en una entrada de 15 PSIG y 12" C.A. de presión de descarga.

Reguladores Compactos de Doble Etapa

Este regulador compacto de dos etapas está diseñado para reducir la presión del envase a una presión de descarga de 11" C.A. Es ideal para aplicaciones de cilindro hechas en "el sitio", para casas móviles y para servicio doméstico normal, incluyendo los cilindros pequeños ASME y los cilindros DOT de 100 a 420 libras.



Número de Parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Dimensión del Orificio	Presión de Descarga de Fábrica	Rango de Ajuste 2a Etapa	Posición del Respiradero del Bonete		Capacidad para Vapor Propano BTU/hora *	Accesorios
						1a Etapa	2a Etapa		Conducción Tubería Respir. 1a Etapa
LV404B4	NPT H. de 1/4"	1/2" NPT F.	.219	11" C.A. a una Entrada de 100 PSIG	9" - 13" C.A.	Abajo	Sobre la Salida	525,000	404PE
A las nueve						A las nueve			
LV404B46		1/4" NPT F.				Abajo	Sobre la Salida		
LV404B46V9						A las nueve	A las nueve		
LV404B9	POL F.	1/2" NPT F.				Abajo	Sobre la Salida		
LV404B9V9						A las nueve	A las nueve		
LV404B96		1/4" NPT F.				Abajo	Sobre la Salida		
LV404B96V9						A las nueve	A las nueve		

* Flujo máximo basado en una entrada de presión de 25 PSIG y una presión de descarga de 9" C.A.

Este regulador compacto de dos etapas está diseñado para reducir la presión del envase a una presión de descarga de 11" C.A. Es ideal para aplicaciones de cilindro hechas en "el sitio", para casas móviles y para servicio doméstico normal, incluyendo los cilindros pequeños ASME y los cilindros DOT de 100 a 420 libras.



Número de Parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Dimensión del Orificio	Presión de Descarga de Fábrica	Rango de Ajuste 2a Etapa	Posición del Respiradero del Bonete 1a Etapa**	Posición del Respiradero del Bonete 2a Etapa**	Capacidad para Vapor Propano BTU/hora *
LV404B34	1/2" NPT F.	1/2" NPT F.	.100	11" C.A. a una Entrada de 100 PSIG	9" - 13" C.A.	Atrás	salida	450,000
LV404B39	POL F.					Izquierda	A las nueve	
LV404B34V9	1/2" NPT F.							
LV404B39V9	POL F.							

* Flujo máximo basado en una entrada de 10 PSIG y descarga de 9" C.A.

** Otras posiciones del respiradero están disponibles por requerimiento

Reguladores de Doble Etapa e Inversor Automático

Esta combinación cambio automático, reguladores de doble etapa, son especialmente apropiados para casas móviles, vehículos de recreo, construcciones y otras instalaciones portátiles de dos cilindros. Los envases vacíos se pueden reemplazar sin interrumpir el servicio de gas al consumidor.



7525B34 Series

7525B4 Series

Número de parte	Servicio & Indicador de Reserva	Conexión de Entradas	Conexión de Salidas	Presión de Descarga de Fábrica*	Presión de Descarga de Fábrica	Posición del Venteo	Soporte Incluido	Capacidad BTU/hr. Propano**
7525B34	Integral	1/4" Invertido	1/2" NPT F.	11" C.A.	9"-13" C.A.	Sobre la Salida	2302-31	200,000
7525B4							2503-22A	450,000

* Calibrado a una presión de entrada de 100 PSIG

** Flujo máximo basado en una entrada de presión de 25 PSIG y una presión de descarga de 9" C.A.

Conjuntos de Regulador de Dos Etapas

Estos conjuntos contienen el equipo requerido para proporcionar regulación de dos etapas.

Número de Conjunto	Con Regulador de 1a Etapa		Con Regulador de 2a Etapa		Soporte Incluido	Tubo Flexible Incluido	Capacidad BTU/hr. Propano
	Número de parte	Entrada x Salida Hembra	Número de parte	Entrada x Salida NPT F.			
5807	LV4403TR9	POL x 1/2" NPT	LV4403B4	1/2" x 1/2"	2503-22	913PS12	935,000
5808			LV4403B46R	1/2" x 3/4"	Not Required		
5820	LV4403TR96	POL x 3/4" NPT	LV4403B66R	3/4" x 3/4"			



LV4403TR9

LV4403B Series



913PS12



2503-22



Conjuntos de Regulador de Doble Etapa

Estos conjuntos contienen el equipo requerido para proporcionar regulación de dos etapas.

Número de Conjunto	Regulador Doble Etapa Incluido	Entrada NPT F.	Salida NPT F.	Tubo Flexible Incluido	Capacidad Propano BTU / hora
5828	LV404B4	1/2"	1/2"	912JS12	525,000
5832	LV404B34V9				450,000

912JS12



LV404B4

LV404B34V9



Conjuntos de Regulador y de Inversor Automático

Estos conjuntos contienen el equipo requerido para proporcionar regulación de inversor automático.

912FA20



7525B4



7525B34 Series

Número de Conjunto	Regulador Incluido	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Tubos Flexibles Incluidos -2	Soporte Incluido	Capacidad de Vapor de Propano BTU/ hora
5726B34	7525B34	Flare 1/2" Invertido	1/2" NPT H.	912FA20	2302-31	400,000
5727B34	7525B34			912FS20		
5754B4	7525B4			912FA20	2503-22	450,000
5755B4	7525B4			912FS20		

Reguladores Libras-a-Libras de Alta Presión, Industriales/Comerciales

Diseñados para reducir la presión del recipiente a una presión entre 3 y 100 PSIG. Ideales para servicio de líquido o de vapor con calentadores de alquitrán, quemadores comerciales, sopletes, y otros servicios de tipo industrial.



Número de parte	Método de Ajuste	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Rango Recomendado de Presión de Descarga (PSIG)	Rango Recomendado de Presión de Descarga (PSIG)*	Capacidad BTU/hr. Propano**
597FA	Mango de T	¼" NPT	¼" NPT	1-15	10	1,750,000
597FB				10-30	20	3,000,000
597FC				20-45	30	3,500,000
597FD				40-100	40	4,500,000

* Calibración se establece con una presión de entrada de 100 PSIG y un flujo de propano de 250,000 BTU/hora.

** Capacidades determinadas a la presión actual de descarga 20% menos que la presión de calibración con una presión de entrada 20 PSIG más alta que la presión fijada.

Válvulas de Alivio Para Reguladores Industriales/Comerciales de Alta Presión Libras-a-Libras

Diseñadas para utilización como válvulas de alivio en reguladores de primera etapa que cumplen con la excepción del código NFPA 58 punto 2.5.7.5 el cual dice: "Reguladores de primera etapa con una capacidad superior a 500,000 BTU/hr podrán tener una válvula de alivio de presión adicional".



Número de parte	Calibración	Presión de Descarga del Regulador	Conexión de Llenado	Altura	Ancho	Capacidad de Flujo a 20% arriba de la Presión de Calibración
3139-18	18 PSIG	10 PSIG	NPT M. ¼"	2 27/32"	1 1/16"	1357*
3139-26	26 PSIG	15 PSIG				1725**
3139-38	38-PSIG	20 PSIG				2304***

*Flujo obtenido a una presión de entrada de 21.6 PSI para esta válvula

** Flujo obtenido a una presión de entrada de 31.2 PSI para esta válvula

*** Flujo obtenido a una presión de entrada de 45.6 PSI para esta válvula

ANEXO 6

Reguladores Libras-a-Libras de Alta Presión, Industriales/Comerciales

Diseñados para reducir la presión del recipiente a una presión entre 3 y 100 PSIG. Ideales para servicio de líquido o de vapor con calentadores de alquitrán, quemadores comerciales, sopletes, y otros servicios de tipo industrial.



Número de parte	Método de Ajuste	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Rango Recomendado de Presión de Descarga (PSIG)	Rango Recomendado de Presión de Descarga (PSIG)*	Capacidad BTU/hr. Propano**
597FA	Mango de T	¼" NPT	¼" NPT	1-15	10	1,750,000
597FB				10-30	20	3,000,000
597FC				20-45	30	3,500,000
597FD				40-100	40	4,500,000

* Calibración se establece con una presión de entrada de 100 PSIG y un flujo de propano de 250,000 BTU/hora.

** Capacidades determinadas a la presión actual de descarga 20% menos que la presión de calibración con una presión de entrada 20 PSIG más alta que la presión fijada.

Válvulas de Alivio Para Reguladores Industriales/Comerciales de Alta Presión Libras-a-Libras

Diseñadas para utilización como válvulas de alivio en reguladores de primera etapa que cumplen con la excepción del código NFPA 58 punto 2.5.7.5 el cual dice: "Reguladores de primera etapa con una capacidad superior a 500,000 BTU/hr podrán tener una válvula de alivio de presión adicional".



Número de parte	Calibración	Presión de Descarga del Regulador	Conexión de Llenado	Altura	Ancho	Capacidad de Flujo a 20% arriba de la Presión de Calibración
3139-18	18 PSIG	10 PSIG	NPT M. ¼"	2 27/32"	1 1/16"	1357*
3139-26	26 PSIG	15 PSIG				1725**
3139-38	38-PSIG	20 PSIG				2304***

* Flujo obtenido a una presión de entrada de 21.6 PSI para esta válvula

** Flujo obtenido a una presión de entrada de 31.2 PSI para esta válvula

*** Flujo obtenido a una presión de entrada de 45.6 PSI para esta válvula

ANEXO 7

PRUEBA DE HERMETICIDAD

FECHA	
-------	--

DATOS DEL CLIENTE

RAZON SOCIAL	RUC

DATOS DE LA INSTALACION

DIRECCION	DISTRITO	PROVINCIA	DPTO

TIPO DE INSTALACION

DOMICILIARIA	COMERCIAL	INDUSTRIAL

EMPRESA INSTALADORA

RAZON SOCIAL	RUC
REPRESENTANTE	DOCUMENTO DE IDENTIDAD

TABLA DESCRIPTIVA DE LA PRUEBA DE HERMETICIDAD DE TUBERIA Y VALVULAS

FECHA PRUEBA	TRAMO PROBADO	AEREO ENTERRADO	PRESION PRUEBA (PSI)	MATERIAL DEL TRAMO	DIAMETRO PULGADAS	TIEMPO HORAS	RESULTADO

DATOS ADICIONALES

--

El que suscribe el presente certificado deja constancia que se realizaron las pruebas a las condiciones indicadas, de acuerdo a las normas técnicas vigentes a la fecha.

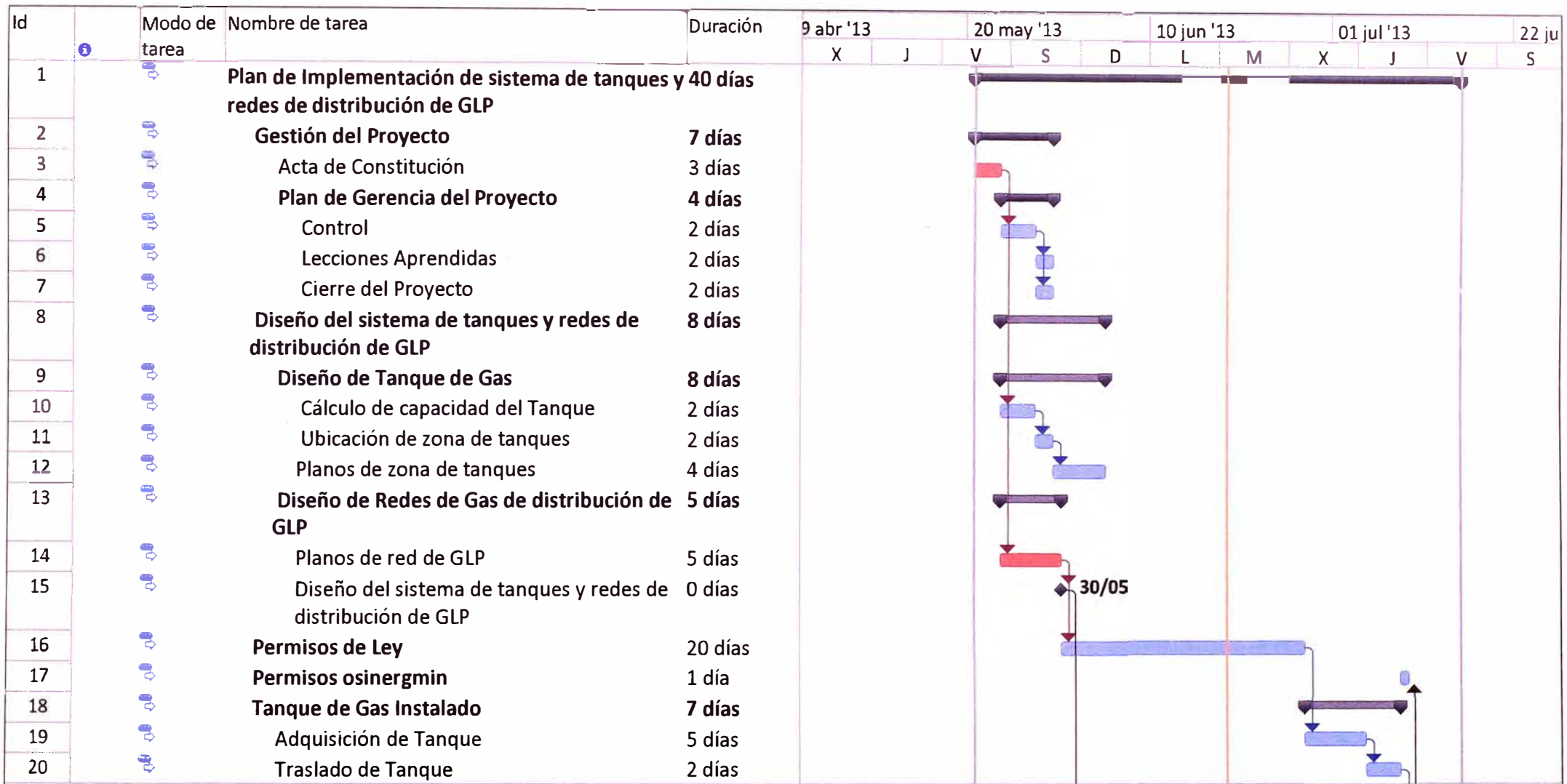
FIRMA DEL INSPECTOR

REPRESENTANTE DEL CENTRO COMERCIAL

NOMBRE:
CIP:

NOMBRE:
DNI:

ANEXO 8

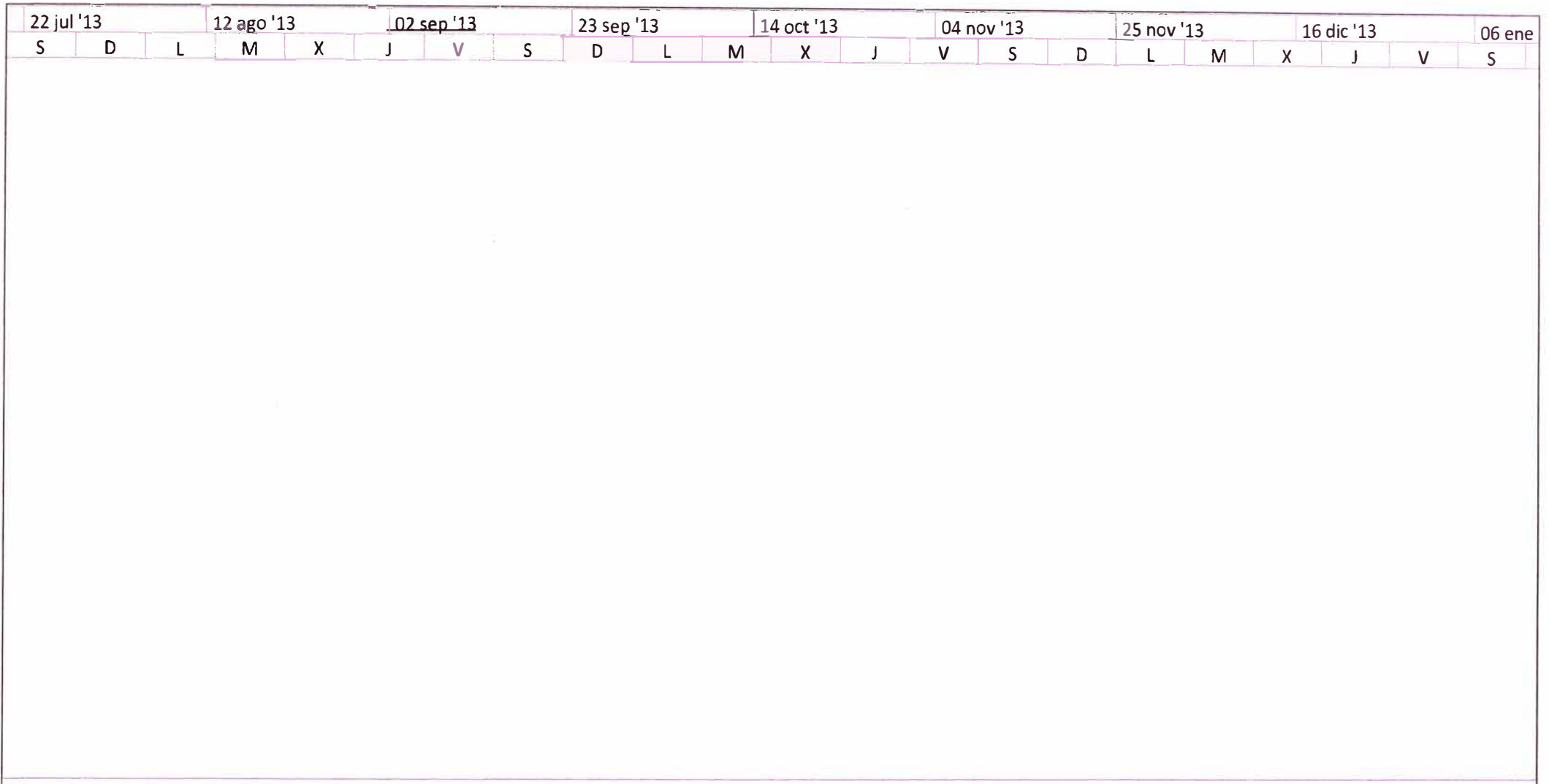


Proyecto: Anexo 8 - Cronograma P
 Fecha: mié 19/06/13

Tarea		Tarea inactiva		Sólo el comienzo	
División		Hito inactivo		Sólo fin	
Hito		Resumen inactivo		Fecha límite	
Resumen		Tarea manual		Tareas críticas	
Resumen del proyecto		Sólo duración		División crítica	
Tareas externas		Informe de resumen manual		Progreso	
Hito externo		Resumen manual			

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	9 abr '13		20 may '13		10 jun '13		01 jul '13		22 ju
				X	J	V	S	D	L	M	X	J
21		Entrega de tanque instalado	0 días									
22		Redes de GLP	28 días									
23		Adquisición de materiales	7 días									
24		Montaje de tuberías	16 días									
25		Pruebas de hermeticidad	3 días									
26		Redes de GLP Terminado	2 días									
27		Integración y termino de obra	1 día									
28		Documentación de Usuario	1 día									
29		Entrega de sistema de Tanques y redes de GLP	2 días									

Proyecto: Anexo 8 - Cronograma P Fecha: mié 19/06/13	Tarea		Tarea inactiva		Sólo el comienzo	
	División		Hito inactivo		Sólo fin	
	Hito		Resumen inactivo		Fecha límite	
	Resumen		Tarea manual		Tareas críticas	
	Resumen del proyecto		Sólo duración		División crítica	
	Tareas externas		Informe de resumen manual		Progreso	
	Hito externo		Resumen manual			



Proyecto: Anexo 8 - Cronograma P Fecha: mié 19/06/13	Tarea		Tarea inactiva		Sólo el comienzo	
	División		Hito inactivo		Sólo fin	
	Hito		Resumen inactivo		Fecha límite	
	Resumen		Tarea manual		Tareas críticas	
	Resumen del proyecto		Sólo duración		División crítica	
	Tareas externas		Informe de resumen manual		Progreso	
	Hito externo		Resumen manual			

22 jul '13			12 ago '13			02 sep '13			23 sep '13			14 oct '13			04 nov '13			25 nov '13			16 dic '13			06 ene
S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S			



Proyecto: Anexo 8 - Cronograma P Fecha: mié 19/06/13	Tarea		Tarea inactiva		Sólo el comienzo	
	División		Hito inactivo		Sólo fin	
	Hito		Resumen inactivo		Fecha límite	
	Resumen		Tarea manual		Tareas críticas	
	Resumen del proyecto		Sólo duración		División crítica	
	Tareas externas		Informe de resumen manual		Progreso	
	Hito externo		Resumen manual			

ANEXO 9

COSTO DE UN SISTEMA DE TANQUES Y REDES DE SUMINISTRO DE GLP PARA UN CENTRO COMERCIAL

ÍTEM	DESCRIPCION	TOTAL S/.
1	COSTO MANO DE OBRA	60,560.75
2	TRANSPORTE E IZAJE DE TANQUES	8,500.00
3	EXPEDIENTE TÉCNICO PARA PERMISOS OSINERGMIN	9,000.00
4	COSTO MATERIALES	82,317.14
	SUBTOTAL	160,377.89
5	GASTOS GENERALES Y UTILIDAD (15%)	24,056.68
6	UTILIDAD (10 %)	16,037.79
7	COSTO TOTAL	200,472.36

MONTOS NO INCLUYEN EL I.G.V.

COSTO DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$
1	TANQUE DE 1000 GALONES DE CAPACIDAD	UNI	4	3200	12,800.00
2	MEDIDORES DE GLP	UNI	20	212.00	4,240.00
3	CHICOTE DE COBRE POOL	UNI	4	7.83	31.32
4	REGULADOR DE ALTA PRESION	UNI	2	82.83	165.65
5	REGULADOR LV 550364 REGO	UNI	10	51.92	519.23
6	VALVULA DE ALIVIO 1/4", 3139-38, REGO	UNI	2	22.47	44.95
7	MANOMETRO 0-300 PSI, 2" X 1/4"	UNI	2	5.58	11.15
8	MANOMETRO 0-60 PSI, 2" X 1/4"	UNI	9	5.19	46.73
9	TUBO ACERO NEGRO SCH-80 X 6.00 MT. 1"	UNI	2	32	64.00
10	VÁLVULA APOLLO DE BRONCE MOD. 80 1"	UNI	4	29	116.00
11	CODO FIERRO NEGRO X 300 LBS 90° X 1"	UNI	4	2.7	10.80
12	TEE FIERRO NEGRO X 300 1"	UNI	4	4	16.00
13	UNIÓN UNIVERSAL FIERRO NEGRO X 300 LBS 1 1/4"	UNI	2	6	12.00
14	BUSHING FIERRO NEGRO X 300 LBS 1 1/2" X 1"	UNI	2	1.24	2.48
15	BUSHING FIERRO NEGRO X 300 LBS 1" X 1/2"	UNI	4	0.7	2.80
16	BUSHING FIERRO NEGRO X 150 LBS 1/2" X 1/4"	UNI	2	0.5	1.00
17	NIPLE DE ACERO NEGRO SCH. 80 1/2" X 2"	UNI	33	0.63	20.79
18	NIPLE DE ACERO NEGRO SCH. 80 3/4" X 2"	UNI	10	0.82	8.20
19	REDUCCION CAMPANA FIERRO NEGRO 1" A 1/2"	UNI	30	3	90.00
20	REDUCCION CAMPANA FIERRO NEGRO 1" A 3/4"	UNI	38	3	114.00
21	TUBO DE COBRE TIPO "L" x 6.00 MTS. 1/2"	UNI	35	31.00	1,085.00
22	TUBO DE COBRE TIPO "L" x 6.00 MTS. 3/4"	UNI	41	52.00	2,132.00
23	TUBO DE COBRE TIPO "L" x 6.00 MTS. 1"	UNI	16	76.00	1,216.00
24	TUBO DE COBRE TIPO "L" x 6.00 MTS. 1 1/2"	UNI	16	138.00	2,208.00
25	VALVULA BOLA x 600 WOG.MANGO PALANCA BONOMI 1/2"	UNI	21	6.00	126.00
26	VALVULA BOLA x 600 WOG.MANGO PALANCA BONOMI 3/4"	UNI	9	8.80	79.20
27	VALVULA BOLA x 600 WOG.MANGO PALANCA BONOMI 1"	UNI	2	14.00	28.00
28	VALVULA BOLA x 600 WOG.MANGO PALANCA BONOMI 1 1/2"	UNI	2	28.20	56.40
29	VALVULA BOLA x 600 WOG.MANGO "T", 1/2"	UNI	30	6.00	180.00
30	VALVULA BOLA x 600 WOG.MANGO "T", 3/4"	UNI	8	8.80	70.40
31	CODO DE COBRE 1/2" x 90° SO	UNI	196	0.42	82.32
32	CODO DE COBRE 3/4" x 90° SO	UNI	81	1.00	81.00
33	CODO DE COBRE 1" x 90° SO	UNI	11	2.33	25.63
34	CODO DE COBRE 1 1/2" x 90° SO	UNI	5	5.00	25.00
35	TEE DE COBRE SO 1/2"	UNI	3	0.73	2.19
36	TEE DE COBRE SO 3/4"	UNI	8	1.78	14.24
37	TEE DE COBRE SO 1"	UNI	3	3.82	11.46
38	TEE DE COBRE SO 1 1/2"	UNI	3	9.33	27.99
39	UNION SIMPLE DE COBRE SO 1/2"	UNI	27	0.31	8.37
40	UNION SIMPLE DE COBRE SO 3/4"	UNI	36	0.64	23.04
41	UNION SIMPLE DE COBRE SO 1"	UNI	16	1.33	21.28
42	UNION SIMPLE DE COBRE SO 1 1/2"	UNI	16	2.78	44.48
43	ADAPTADOR MACHO DE BRONCE SO-HE 1/2"	UNI	67	1.28	85.76
44	ADAPTADOR MACHO DE BRONCE SO-HE 3/4"	UNI	30	2.00	60.00
45	ADAPTADOR MACHO DE BRONCE SO-HE 1"	UNI	4	3.78	15.12

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANTIDAD	COSTO UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$
46	ADAPTADOR MACHO DE BRONCE SO-HE 1 1/2"	UNI	4	8.36	33.44
47	UNION UNIVERSAL DE BRONCE SO-SO 1/2"	UNI	17	2.76	46.92
48	UNION UNIVERSAL DE BRONCE SO-SO 3/4"	UNI	5	4.76	23.80
49	UNION UNIVERSAL DE BRONCE SO-SO 1"	UNI	2	7.56	15.12
50	UNION UNIVERSAL DE BRONCE SO-SO 1 1/2"	UNI	2	16.76	33.52
51	REDUCCION CAMPANA DE COBRE SO-SO 3/4" a 1/2"	UNI	19	0.76	14.44
52	REDUCCION CAMPANA DE COBRE SO-SO 1" a 1/2"	UNI	3	1.67	5.01
53	REDUCCION CAMPANA DE COBRE SO-SO 1" a 3/4"	UNI	6	1.67	10.02
54	REDUCCION CAMPANA DE COBRE SO-SO 1 1/2" a 1/2"	UNI	2	5.33	10.66
55	REDUCCION CAMPANA DE COBRE SO-SO 1 1/2" a 3/4"	UNI	3	5.33	15.99
56	REDUCCION CAMPANA DE COBRE SO-SO 1 1/2" a 1"	UNI	3	4.67	14.01
57	CINTA TEFLON DE 1/2" AMARILLA P/ GAS	UNI	80	0.67	53.60
58	VARILLA SOLDADURA TW 15P	UNI	450	6.90	3,105.00
59	ABRAZADERA DE COBRE 1"	UNI	20	0.44	8.80
60	ABRAZADERA DE COBRE 3/4"	UNI	60	0.33	19.80
61	ABRAZADERA DE COBRE 1/2"	UNI	40	0.24	9.60
62	TAPON MACHO DE F/GALV x 150 LBS. 1/2"	UNI	15	0.26	3.90
63	TAPON MACHO DE F/GALV x 150 LBS. 3/4"	UNI	4	0.27	1.08
64	CANAL X 3.05 MTS CON HUECO B-LINE USA (Alto)	UNI	30	22.00	660.00
65	CANAL X 3.05 MTS CON HUECO B-LINE USA (bajo)	UNI	15	12.80	192.00
66	ABRAZADERA PARA CANAL 1/2"	UNI	100	0.44	44.00
67	ABRAZADERA PARA CANAL 3/4"	UNI	60	0.49	29.40
68	ABRAZADERA PARA CANAL 1"	UNI	15	0.52	7.80
69	ABRAZADERA PARA CANAL 1 1/2"	UNI	30	0.72	21.60
70	COLGADOR GOTA DE 3/4"	UNI	80	0.35	28.00
71	VARILLA ROSCADA DE 3/8" x 1.80 M.	UNI	40	2.16	86.40
72	TACO EXPANSOR POWERS 3/8"	UNI	80	0.28	22.40
73	TARUGO PLASTICO	UNI	300	0.03	9.00
74	TORNILLO AUTORROSCANTE	UNI	300	0.03	9.00
75	PASTA METALICA (1 KL)	UNI	4	10.11	40.44
76	PINTURA AMARILLA (1 GALON)	UNI	6	20.00	120.00
77	THINER ACRILICO (1 GALON)	UNI	6	10.00	60.00
78	OTROS MATERIALES (GAS, ESPONJA, EXPANSORES, ETC.)	GB	1	400.00	400.00
PRESUPUESTO MATERIALES				US\$	31,180.74

Tipo de cambi6 (S./US\$)

2.64

PRESUPUESTO TOTAL	S/.	82,317.14
--------------------------	------------	------------------

MONTOS NO INCLUYEN EL I.G.V.

COSTO DE MANO DE OBRA Y SERVICIOS

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	TARIFA UNITARIA	COSTOS (S/.)	
					PARCIAL	SUBTOTAL
1.00	OBRAS PROVISIONALES					13,300.00
1.01	TRANSPORTE DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	4,500.00	4,500.00	
1.02	CASETA DE OFICINA Y ALMACEN	GLB	1.00	6,000.00	6,000.00	
1.03	ALQUILER, MONTAJE Y DESMONTAJE DE ANDAMIOS C/FRENO, AUTOREGULADO	MES	1.00	2,800.00	2,800.00	
2.00	OBRAS PRELIMINARES					21,339.90
2.01	LIMPIEZA DE ZONA DE TRABAJO	M2	14.25	2.80	39.90	
2.02	REPLANTEO INICIAL DE OBRA	GLB	1.00	7,500.00	7,500.00	
2.02	SOPORTES PARA COLOCACION DE TUBERIAS	UND	300.00	15.00	4,500.00	
2.03	SOPORTES FABRICADOS EN PLATINAS, C/ABRAZADERAS, PROTECCION C/ZINCROMATO	UND	30.00	45.00	1,350.00	
2.04	PERFORACIONES DIAMANTINAS	UND	20.00	397.50	7,950.00	
3.00	TUBERIAS					12,940.85
3.01	INSTALACION DE TUBERIA ACERO SCH. 40 Ø 1", ROSCADA, ADOSADA SOBRE EL PISO, CON 2 MANOS DE ZINCROMATO Y UNA MANO DE ESMALTE	ML	10.00	28.00	280.00	
3.02	INSTALACION DE TUBERIA COBRE Ø 1/2", SOLDADA, ADOSADA AL PISO, C/INTERFERENCIAS,	ML	63.70	18.00	1,146.60	
3.03	INSTALACION DE TUBERIA COBRE Ø 1/2", SOLDADA, ADOSADA AL MURO, C/INTERFERENCIAS,	ML	118.70	21.00	2,492.70	
3.04	INSTALACION DE TUBERIA COBRE Ø 1/2", SOLDADA, ADOSADA AL TECHO C/COLGADORES,	ML	15.70	23.00	361.10	
3.05	INSTALACION DE TUBERIA COBRE Ø 3/4", SOLDADA, ADOSADA AL PISO, C/INTERFERENCIAS,	ML	168.50	24.00	4,044.00	
3.06	INSTALACION DE TUBERIA COBRE Ø 3/4", SOLDADA, ADOSADA AL MURO, C/INTERFERENCIAS,	ML	55.25	27.00	1,491.75	
3.07	INSTALACION DE TUBERIA COBRE Ø 3/4", SOLDADA, ADOSADA AL TECHO C/COLGADORES,	ML	6.75	32.00	216.00	
3.08	INSTALACION DE TUBERIA COBRE Ø 1", SOLDADA, ADOSADA AL PISO, PINTADA CON	ML	10.70	34.00	363.80	
3.09	INSTALACION DE TUBERIA COBRE Ø 1", SOLDADA, ADOSADA AL MURO, C/INTERFERENCIAS, PINTADA CON ESMALTE, INC. PRUEBA DE HERMITICIDAD	ML	14.60	37.00	540.20	
3.10	INSTALACION DE TUBERIA COBRE Ø 1", SOLDADA, ADOSADA AL TECHO C/COLGADORES, C/INTERFERENCIAS, PINTADA CON ESMALTE, INC. PRUEBA DE HERMITICIDAD	ML	60.70	40.00	2,428.00	
3.11	INSTALACION DE TUBERIA COBRE Ø 1 1/2", SOLDADA, ADOSADA AL PISO, PINTADA CON ESMALTE, INC. PRUEBA DE HERMITICIDAD	ML	89.70	43.00	3,857.10	
4.00	PRUEBAS					950.00
4.01	PRUEBA DE HERMITICIDAD E INERTIZADO DE TANQUE (INC. SUMIN. DE NITROGENO)	GLB	1.00	950.00	950.00	
5.00	MEDIDORES Y SISTEMAS DE REGULACION					9,370.00
5.01	INSTALACION DE MEDIDORES	UND	19.00	390.00	7,410.00	
5.02	INSTALACION DE SISTEMA DE REGULACION EN MEDIDORES	UND	10.00	120.00	1,200.00	
5.03	INSTALACION DE PUNTO DE GAS EN LOCALES	UND	19.00	40.00	760.00	
6.00	VARIOS					2,660.00
6.01	INSTALACION DE VALVULA Y ACCESORIOS EN TANQUE	JGOS	4.00	150.00	600.00	
6.02	TUBERIA FLEXIBLE Ø 1 1/2" EN JUNTA DE DILATACION (02 JUNTAS)	ML	1.50	200.00	300.00	
6.03	DESMONTAJE Y REPOSICION DE FALSO CIELO RASO PARA INSTALACION DE TUB. DE GAS EN	M2	50.00	16.50	825.00	
6.04	PERFORACION DE PARED PARA PASE DE TUBERIA	UND	22.00	55.00	1,210.00	
6.05	PERFORACION Y SELLADO DE TECHO PARA PASE DE TUBERIA	UND	5.00	65.00	325.00	
TOTAL COSTO MANO DE OBRA Y SERVICIOS					S/.	60,560.75

MONTOS NO INCLUYEN EL I.G.V.

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 1 de 4
Edición: Enero 2012

1. PRODUCTO

NOMBRE COMERCIAL : GAS LICUADO DE PETRÓLEO PETROPERÚ
NOMBRE ALTERNATIVO : G.L.P.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

FÓRMULA	: Mezcla comercial propano - butano.
APARIENCIA. COLOR. OLOR	: Gas comprimido. Incoloro. Sin olor cuando procede de gas natural, por lo cual se agrega un odorante para facilitar la detección de fugas; cuando deriva del petróleo, se percibe un olor característico siendo fácilmente detectable en caso de fuga, por lo que no es necesario agregar odorante.
GRAVEDAD ESPECÍFICA 15.6/15.6°C	: 0.52 - 0.56
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C	: - 104 aprox.
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % vol. en aire	: De 2.2 a 9.5 aprox.
PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C	: 466 aprox.
PRESIÓN DE VAPOR A 37.8°C, psig	: 115 - 208
SOLUBILIDAD EN AGUA	: Insoluble
FAMILIA QUÍMICA	: Hidrocarburos (Derivado de petróleo).
COMPOSICIÓN	: Mezcla de hidrocarburos C ₃ y C ₄ principalmente.

3. RIESGOS

La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association) es la siguiente:

- Salud : 1
- Inflamabilidad : 4
- Reactividad : 0



3.1 SALUD

SÍNTOMAS:

- OJOS: El contacto puede causar quemaduras por congelamiento debido a la rápida evaporación del producto. Los vapores en altas concentraciones pueden causar irritación.
- PIEL: El contacto con el líquido ocasiona lesión cutánea por congelamiento.
- INHALACIÓN: Puede causar dolor de cabeza, náuseas, fatiga, descoordinación, somnolencia y depresión del sistema nervioso central. La presencia de altas concentraciones en el aire puede ocasionar desvanecimiento y asfixia debido a la disminución del oxígeno.

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 2 de 4
Edición: Enero 2012

- **INGESTIÓN:** El líquido causa quemaduras por congelamiento en la boca y garganta.

NOTA: La ingestión es poco probable debido a las propiedades físicas del producto.

PRIMEROS AUXILIOS:

- **OJOS:** Lavar cuidadosamente con agua tibia durante 15 minutos; cubrir con gasa estéril y obtener atención médica de inmediato.
- **PIEL:** Empapar y retirar inmediatamente la ropa contaminada, posteriormente, lavar las áreas expuestas con abundante agua. Si se tienen áreas con lesiones por congelamiento utilizar agua tibia. No usar calentamiento en seco o agua caliente. Obtener atención médica de inmediato.
- **INHALACIÓN:** Trasladar inmediatamente a la persona afectada hacia un ambiente con aire fresco. Administrar respiración artificial o resucitación cardiopulmonar de ser necesario y obtener atención médica de inmediato.
- **INGESTIÓN:** Actuar con rapidez. No inducir al vómito y obtener atención médica de inmediato.

PROTECCIÓN PERSONAL:

- **CONTROL DE INGENIERÍA:** Detectores continuos de presencia de gases combustibles o de atmósfera explosiva, dotados con alarmas sonoras; sistemas de ventilación e infraestructura adecuada en áreas donde se almacena o manipula el producto. Duchas y lavajos cerca del lugar de trabajo.
- **PROTECCIÓN RESPIRATORIA:** No es necesaria cuando existan condiciones de ventilación adecuadas; a altas concentraciones del producto en el aire, se requiere de un equipo de respiración autocontenido.
- **OJOS:** Gafas de seguridad. Es recomendable el uso de protectores faciales cuando se realice la manipulación en las operaciones de envasado del producto.
- **PIEL:** Ropa de protección, casco, zapatos de seguridad y guantes de neopreno, nitrilo o PVA (alcohol polivinílico).

3.2 INFLAMABILIDAD

EL GLP a temperatura y presión normales es altamente inflamable; el gas es almacenado a presión en forma líquida, cuando es liberado al medio ambiente ocurre una rápida evaporación formando mezclas explosivas con el aire.

CASO DE INCENDIO: Evacuar a más de 500 metros si un tanque o camión tanque está involucrado. Detener la fuga antes de intentar extinguir el fuego; si no es posible detener la fuga, dejar que el producto se consuma de manera controlada utilizando agua en forma de rocío para enfriar los tanques expuestos. Utilizar medios adecuados para extinguir el fuego.

AGENTES DE EXTINCIÓN: Polvo químico seco y CO₂ (dióxido de carbono).

PRECAUCIONES ESPECIALES: Los recipientes con GLP presentan riesgos de explosión cuando son expuestos a excesivo calor, es necesario utilizar agua en forma de rocío o niebla para refrigerar y mantener la temperatura de la superficie del tanque.

Los vapores del producto pueden trasladarse a fuentes alejadas de ignición, además, pueden concentrarse en los pisos y áreas bajas con riesgo de formar mezclas explosivas.

La extinción de fuego de grandes proporciones sólo debe ser realizada por personal especializado.

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 3 de 4
Edición: Enero 2012

3.3 REACTIVIDAD

ESTABILIDAD: Estable en condiciones adecuadas de presión y temperatura durante el almacenamiento.

COMPATIBILIDAD DEL MATERIAL: Acero inoxidable y acero niquelado. Es incompatible con sustancias oxidantes como cloro, hipoclorito de sodio, peróxidos, ácidos fuertes, etc.

4. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAME

- **DERRAMES PEQUEÑOS Y MEDIANOS:** Detener la fuga, eliminar las fuentes de ignición, ventilar el área y dejar que se evapore el producto.
- **DERRAMES DE GRAN PROPORCIÓN:** Detener la fuga y evacuar al personal no necesario. Eliminar las fuentes de ignición, ventilar el área y dispersar los vapores utilizando agua en forma de rocío o niebla. Evitar que el líquido ingrese a la red de desagüe.

5. MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO

No fumar durante su manipulación y usar equipo de protección personal.

Antes de realizar el procedimiento de carga y/o descarga del producto, realizar las conexiones a tierra para la descarga de la electricidad estática.

Usar sistemas a prueba de chispas y explosión.

Almacenar en recipientes que cumplen con los requisitos de la normatividad vigente y alejado de materiales que no sean compatibles; en áreas ventiladas, protegidas del fuego abierto, calor u otra fuente de ignición.

El producto no debe ser almacenado en instalaciones ocupadas permanentemente por personas. Los cilindros que contienen al producto deben colocarse en forma vertical (con respecto a la válvula).

NOTA: Es necesario que el envasado del producto en cilindros; la limpieza, inspección y mantenimiento de los tanques se realicen siguiendo estrictamente un procedimiento implementado.

6. TRANSPORTE

Para grandes volúmenes se realiza en buques gaseros y camiones tanque especialmente diseñados para tal fin. El producto envasado en cilindros puede ser transportado en camionetas y camiones baranda o en camionetas tipo pick-up. El transporte se realiza de acuerdo a las normas de seguridad vigentes.

- Código Naciones Unidas : UN 1075
- Señalización pictórica, NTP 399.015.2001 :



Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 4 de 4
Edición: Enero 2012

7. LEGISLACIÓN

El transporte y comercialización del Gas Licuado de Petróleo (GLP) están reglamentados por normas dictadas por el Ministerio de Energía y Minas:

- Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de Gas Licuado de Petróleo aprobado por Decreto Supremo N° 027-1994-EM (17/05/94), y modificaciones.
- Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo aprobado por Decreto Supremo N° 01-1994-EM (11/01/94), y modificaciones.
- Reglamento de Establecimientos de Venta de Gas Licuado de Petróleo para uso Automotor - Gasocentros aprobado por Decreto Supremo N° 019-1997-EM (05/09/97), y modificaciones.
- Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 015-2006-EM (02/03/2006), y modificaciones.
- D.S. N° 065-2008-EM (publicado el 31.12.2008) "Modifican Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de GLP, aprobado por D.S. 027-94-EM"

8. INFORMACIÓN ADICIONAL

EMERGENCIAS a nivel nacional : 116

9. EMPRESA

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.

Oficina Principal:

Dirección : Av. Enrique Canaval Moreyra 150 - San Isidro

Teléfonos : (01) 630-4000, (01) 614-5000

Página web : www.petroperu.com.pe

Atención al cliente : 0800-77-155 (línea gratuita a nivel nacional) ó (01) 630-4079
servcliente@petroperu.com.pe

Nota: El presente documento constituye información básica para que el usuario tome los cuidados necesarios a fin de prevenir accidentes. PETROPERÚ no se responsabiliza por actividades fuera de su control.
