

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

“DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN CENTRALIZADA DE GAS LICUADO DE
PETRÓLEO PARA ABASTECIMIENTO DE LA HOSTERÍA - SPA MIRAMELINDO
EN LA CIUDAD DE BAÑOS DE AGUA SANTA.”

AUTOR: Cristhian José Ortiz Caaspa

TUTOR: Ing. Mg. Santiago Cabrera

AMBATO – ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del presente Proyecto Técnico previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, bajo el tema; “DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN CENTRALIZADA DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA ABASTECIMIENTO DE LA HOSTERÍA - SPA MIRAMELINDO EN LA CIUDAD DE BAÑOS DE AGUA SANTA.” presentado por el señor Crithian José Ortiz Caaspa, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, CERTIFICO que el presente proyecto técnico fue elaborado en su totalidad por el autor, revisado en todos sus capítulos y reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el Consejo Directivo.

Ambato, Agosto del 2017

EL TUTOR

Ing. Mg. Santiago Cabrera

AUTORÍA DE TRABAJO

Yo, Cristhian José Ortiz Caaspa, expreso que el contenido del trabajo “DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN CENTRALIZADA DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA ABASTECIMIENTO DE LA HOSTERÍA - SPA MIRAMELINDO EN LA CIUDAD DE BAÑOS DE AGUA SANTA.”, así como sus ideas, opiniones, análisis, resultados, conclusiones son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

Ambato, Mayo 2018

EL AUTOR

Cristhian José Ortiz Caaspa

C.I: 172176310-8

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o de parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los Derechos en línea patrimonial de mi Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto Técnico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Mayo del 2018

AUTOR

Sr. Cristhian José Ortiz Caaspa

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por el estudiante Cristhian José Ortiz Caaspa de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN CENTRALIZADA DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA ABASTECIMIENTO DE LA HOSTERÍA - SPA MIRAMELINDO EN LA CIUDAD DE BAÑOS DE AGUA SANTA.”.

Ambato, Diciembre del 2017

Para constancia Firman:

Ing. Mg. Escobar Luis

Ing. Mg. Gustavo Patín

DEDICATORIA

Dedico la elaboración del presente proyecto al Dr. Ancizar Suarez quien fue un pilar fundamental en quien pude apoyarme para continuar adelante en mi vida académica, su desinteresada ayuda seguirá siendo una lección de que en la vida una gota de bondad y carisma puede hacer crecer al roble más fuerte.

A mi padre José Ortiz por todo su sacrificio y esfuerzo realizado hasta la actualidad, mi mayor orgullo es seguir engrandeciendo el apellido y nombre que compartimos, su afecto y cariño son mis pilares y sus lecciones incomparables y espero siempre contar con él. Siento que soy afortunado sin riquezas y lujos ya que tengo el mejor padre y ese es el mejor presente del mundo.

A mi madre María Caaspa por todo su amor y cariño, quien luchó hasta conseguir la meta de traer mejores días para la familia al viajar al extranjero cuando apenas era un niño, y tiene que saber que lo logró y ahora tiene una familia que la quiere mucho y debe sentirse muy orgullosa, además saber que sigo teniendo en el corazón todo el amor que no recibió durante la niñez y adolescencia que no compartimos juntos.

A Karina Rodríguez quien ha sabido compartirme su cariño, bondad, nobleza, amabilidad, me ha sabido comprender en los momentos más difíciles y me ha ayudado a salir de ellos, con quien he pasado momentos que son parte de mi corazón.

A mi hermana Patricia Ortiz por haber sido parte de mi vida y ayudarme a salir adelante ya que crecimos juntos y aprendimos a vivir la vida, gracias por comprenderme, enseñarme y soportarme.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, a la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en especial a la planta administrativa del área de los laboratorios de la facultad por su apoyo en la culminación del presente proyecto

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica por sus enseñanzas y saber transmitirnos sus conocimientos profesionales.

Al Ing. Santiago Cabrera por sus ayudas y apoyo como mi tutor en la elaboración del presente proyecto, uno de los mejores docentes que he tenido en mi vida.

Al Dr. Riber Donoso por haber encaminado mi destino cuando no encontraba vocación mientras cursaba mis estudios secundarios.

A mis amigos que he tenido a lo largo de todo este camino.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE TRABAJO	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiv
SUMMARY	xv
CAPÍTULO I.....	1
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. TEMA.....	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. JUSTIFICACION.....	2
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. General	5
1.4.2. Específicos	5
CAPÍTULO II	6
2. FUNDAMENTACIÓN.....	6
2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS.....	6
2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL	8

2.2.1.	Normas y Códigos.....	8
2.2.2.	Obtención del permiso de operación.....	11
2.3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	12
2.3.1.	Propiedades y características del GLP.....	12
2.3.1.1.	Usos y aplicaciones del GLP.....	13
2.3.2.	Tanque estacionario.....	14
2.3.2.1.	Vaporización del GLP.....	14
2.3.2.2.	Clasificación.....	15
2.3.2.3.	Ubicación.....	16
2.3.3.	Selección y cálculo de tuberías.....	16
2.3.3.1.	Materiales de tuberías.....	16
2.3.3.2.	Uniones para tuberías y accesorios.....	17
2.3.3.3.	Ecuaciones de Renouard.....	18
2.3.3.4.	Velocidad de conducción.....	20
2.3.3.5.	Reguladores de presión.....	21
2.3.4.	Accesorios.....	22
2.3.5.	Dispositivos para maniobra y control.....	24
2.3.5.1.	Llaves.....	24
2.3.5.2.	Válvulas.....	25
CAPÍTULO III.....		27
3.	DISEÑO DEL PROYECTO.....	27
3.1.	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	27
3.1.1.	Características de la Hostería – SPA Miramelindo.....	27
3.1.2.	Posibles ubicaciones.....	27
3.2.	CÁLCULOS.....	28

3.2.1.	Consumos	28
3.2.2.	Cálculo y dimensionamiento del tanque	30
3.2.2.1.	Autonomía del tanque estacionario	30
3.2.2.2.	Volumen del depósito.....	31
3.2.2.3.	Vaporización natural	32
3.2.2.4.	Factor de Simultaneidad	34
3.2.2.5.	Selección del tanque	35
3.2.3.	Análisis de Ubicación del tanque	36
3.2.3.1.	Distancias de seguridad	39
3.2.3.2.	Selección de la ubicación final del tanque	43
3.2.4.	Dimensionamiento de tuberías	44
3.2.4.1.	Cálculo del diámetro	45
3.2.4.2.	Cálculo de pérdidas por accesorios	51
3.2.5.	Verificación computacional	54
3.3.	PRESUPUESTO	58
3.3.1.	Costo de la instalación centralizada	58
3.4.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	60
CAPÍTULO IV		62
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
4.1.	CONCLUSIONES.....	62
4.2.	RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA		64
ANEXOS		66
PLANOS		76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cadena de Comercialización de GLP	3
Figura 2: Segmentos de Mercado del GLP	13
Figura 3: Accesorios de cobre.....	23
Figura 4: Juntas	23
Figura 5: Vista transversal de una llave de asiento	24
Figura 6: Vista esquemática y transversal de una llave de bola.....	25
Figura 7: Vista esquemática de una llave de mariposa	25
Figura 8: Vista transversal de una válvula antirretorno y de exceso de flujo	26
Figura 9: Distancias horizontales de seguridad de 3 tanques de 0.454 m ³ en serie, distancias en milímetros.....	38
Figura 10: Distancias horizontales de seguridad de 3 tanques de 0.454 m ³ en serie ubicados en la terraza del edificio principal.....	39
Figura 11: Distancias horizontales de seguridad de 2 tanques de 0.454 m ³ en serie ubicados en la terraza del edificio principal.....	40
Figura 12: Distancias horizontales de seguridad de un tanque de 0.454 m ³ ubicado en la bodega actual de gas en el edificio principal.	41
Figura 13: Distancias horizontales de seguridad de un tanque de 0.454 m ³ ubicado en la terraza del bloque A.	42
Figura 14: Esquema e identificación de los tramos de tuberías.....	46
Figura 15: Esquema de accesorios en los tramos A - B, B - C, C - D, B - F.....	51
Figura 16: Verificación de cálculos en los tramos A - B, B - C, C - D, B - F. Para una presión a la salida del regulador de primera etapa de 10 psig.....	55
Figura 17: Verificación de cálculos en los tramos A - B, B - C, C - D, B - F. Para una presión a la salida del regulador de primera etapa de 7.5 psig.....	56
Figura 18: Verificación de cálculos en los tramos A - B, B - C, C - D, B - F. Para una presión a la salida del regulador de primera etapa de 5 psig.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades del Propano y del Butano	12
Tabla 2: Comparación de las velocidades de conducción por ductos para gases	20
Tabla 3: Coeficiente “k” para la fórmula simplificada de cálculo de velocidad.....	21
Tabla 4: Máximas presiones de operación permisible (MPOP).....	22
Tabla 5: Requerimientos térmicos y de GLP de cada aparato que se utiliza en la hostería en estudio	28
Tabla 6. Histórico de consumo en el mes de agosto	29
Tabla 7: Consumo diario de los equipos de hostería en estudio	31
Tabla 8: Vaporización de un tanque de 0.45 m ³ , en función del llenado y de la temperatura.	33
Tabla 9: Vaporización de un tanque de 2 m ³ , en función del llenado y de la temperatura.	33
Tabla 10: Parámetros (a,b,c) de los artefactos para aplicar en la fórmula de simultaneidad	34
Tabla 11: Distancias mínimas de seguridad para tanques en la clasificación A-0.....	36
Tabla 12: Distancias horizontales de seguridad correspondientes a los tanques de la Figura 10.....	39
Tabla 13: Distancias horizontales de seguridad correspondientes a los tanques de la Figura 11.....	40
Tabla 14: Distancias horizontales de seguridad correspondientes a los tanques de la Figura 12.....	42
Tabla 15: Distancias horizontales de seguridad correspondientes a los tanques de la Figura 13.....	42
Tabla 16: Resumen de las ubicaciones posibles de los tanques.....	43
Tabla 17: Codificación de los aparatos de consumo utilizados	45
Tabla 18: Cálculos preliminares de los diámetros de tuberías por tramos. Con una presión a la salida del regulador de primera etapa de 68.95kPa(10 psi).....	49

Tabla 19: Cálculos preliminares de los diámetros de tuberías por tramos. Con una presión a la salida del regulador de primera etapa de 51.71 kPa (7.5 psi).....	50
Tabla 20: Cálculos preliminares de los diámetros de tuberías por tramos. Con una presión a la salida del regulador de primera etapa de 34.47 kPa (5 psi).....	50
Tabla 21: Diámetros preliminares calculados para los tramos	50
Tabla 22: Valores de factor k y relación longitud equivalente/diámetro para accesorios de tuberías	52
Tabla 23: K resultante para el tramo A - B, B - C, C - D, B - F	53
Tabla 24: Longitud equivalente por pérdidas para los tramos A - B, B - C, C - D, B - F.....	53
Tabla 25: Diámetros de las tuberías por pérdidas de accesorios.....	53
Tabla 26: Diámetros de los ductos en metros: A - B, B - C, C - D, B - F.....	54
Tabla 27: Diámetros de los ductos: A - B, B - C, C - D, B - F.....	58
Tabla 28: Presupuesto de la instalación	58

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto técnico se basa en el cálculo de cada uno de los componentes de una instalación de abastecimiento centralizada de Gas licuado de petróleo para la Hostería Miramelindo de la ciudad de Baños de Agua Santa, estableciendo un tiempo de días para la siguiente recarga de los tanques y además asegurar una presión constante de abastecimiento en cada punto de extracción del combustible.

Se estimó inicialmente el consumo de Gas licuado de petróleo de todos los equipos en los meses de agosto y septiembre al ser los de más alto consumo de combustible, obteniendo un volumen de consumo de $0,75 \text{ m}^3$ para 15 días autonomía, se compara el volumen con el de los tanques comerciales en el mercado y previo a un análisis de la transferencia de calor entre el ambiente y el tanque para conocer la vaporización para comparar con la demanda de vapor de los equipos se selecciona 3 tanques de $0,45 \text{ m}^3$.

Para el dimensionamiento de diámetro de las tuberías, se utiliza las fórmulas simplificadas de Renouard, utilizadas muy típicamente en el diseño de redes de Gas licuado de petróleo, estas en función de la caída de presión y propiedades del fluido da como resultado un diámetro que la mayoría de veces satisface las condiciones de servicio, se refina el cálculo con la verificación de la velocidad del fluido por la tubería, 20 m/s máximo para tuberías con una presión de 10 psig la de salida de un regulador de primera etapa REGO LV4403 y añadiendo la pérdida de carga que ocasionan los accesorios a lo largo del tendido de las redes.

Se determinan distancias de seguridad y medidas de seguridad industrial para que cumplan con los requerimientos que exijan los organismos competentes y fiscalizadores de este tipo de instalaciones.

SUMMARY

The present technical project is based on the calculation of each one of the components of a centralized supply system of liquefied petroleum gas for the Hostería Miramelindo of the city of Baños de Agua Santa, establishing a time of days for the next recharging of the tanks and assuring a constant supply pressure at each point of extraction of the fuel.

The consumption of liquefied petroleum gas of all the equipment is estimated initially in the months of August and September to be the one of the highest consumption of fuel, obtaining a consumption volume of 0.75 m^3 for 15 days, the volume is compared with that of commercial tanks in the market and previous an analysis of the heat transfer between the environment and the tank to know the vaporization to compare with the steam demand of the equipment is selected 3 tanks of 0.45 m^3 .

For the dimensioning of the diameter of the pipes, the simplified formulas of Renouard, used very typically in the design of liquefied petroleum gas ,these depending on the pressure drop and fluid properties results in a diameter which most often satisfies the service conditions the calculation is refined with the verification of the fluid velocity by the pipe, 20 m / s maximum for pipes with a pressure of 10 psig the output of a first stage regulator REGO LV4403 and adding the loss of load caused by the accessories Along the length of the networks.

Safety distances and industrial safety measures are determined in order to comply with the requirements that are demanded by the competent agencies and inspectors of this type of installations.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. TEMA

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN CENTRALIZADA DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA ABASTECIMIENTO DE LA HOSTERÍA – SPA MIRAMELINDO EN LA CIUDAD DE BAÑOS DE AGUA SANTA.

1.2. ANTECEDENTES

Para el diseño de una instalación centralizada de GLP existe una investigación de una máquina recuperadora del GLP residual, donde se observa que durante de los mantenimientos realizados a las bombonas de 15 Kg, al vaciar los cilindros; 400 gr aproximadamente regresan en el interior.

El objetivo de la investigación es descargar los remanentes que regresan en los cilindros que están por entrar a un proceso de mantenimiento preventivo, por medio de una máquina recuperadora de líquidos sin necesidad de liberar la válvula de los cilindros pues esta es la manera tradicional de darle el mantenimiento, convirtiéndose en una operación peligrosa y con alto riesgo de contaminación al medio ambiente.

Además está el estudio de “la focalización del subsidio a los combustibles y su incidencia en las finanzas públicas” analiza el impacto de los subsidios en el Ecuador, dentro de los

cuales se encuentra el GLP. Estudia la demanda de los combustibles a nivel nacional hasta el año 2015.

El objetivo de la investigación es analizar el origen y los diferentes tipos de subsidios, así como su impacto en la sociedad.

La investigación permite observar que el subsidio de los combustibles no distingue la clase social y llega a cualquier persona provocando desigualdad ya que el objetivo del subsidio es ayudar a los sectores más vulnerables del país. Además, encuentra la relación entre la producción de combustibles a nivel nacional y la importación de los mismos con la demanda del mercado y el impacto del crecimiento poblacional en el aumento del gasto en subsidios, pudiendo de una manera más controlada aprovechar estos recursos en proyectos de mayor impacto para la sociedad.

1.3. JUSTIFICACION

En el Ecuador mayoritariamente se utiliza Gas Licuado de Petróleo (GLP) como fuente de energía en la industria y las residencias para: calentamiento de agua, cocción de alimentos, generación de vapor, calentadores de ambiente, etc., pero a un costo elevado para el país. La cantidad económica de subsidio del GLP que proporciona el estado ecuatoriano es elevada, aproximadamente según el ministerio de finanzas para el 2016 se tiene presupuestado para el GLP nacional 122.33 y para el GLP importado 304.07 en millones de dólares, sumando un total de 406.4 millones [1]. La comercialización del GLP abarca cinco segmentos de mercado que son: el residencial, el industrial, el agroindustrial, taxis y beneficencia social, y los medios de comercialización son: la venta a domicilio en bombonas de 3,15 y 45 Kg, venta al granel para sistemas centralizados y despacho en estaciones, esto para taxis. Al analizar de manera específica la venta a domicilio se encuentra una cadena de comercialización larga hasta llegar al consumidor final como se muestra en la figura 1.

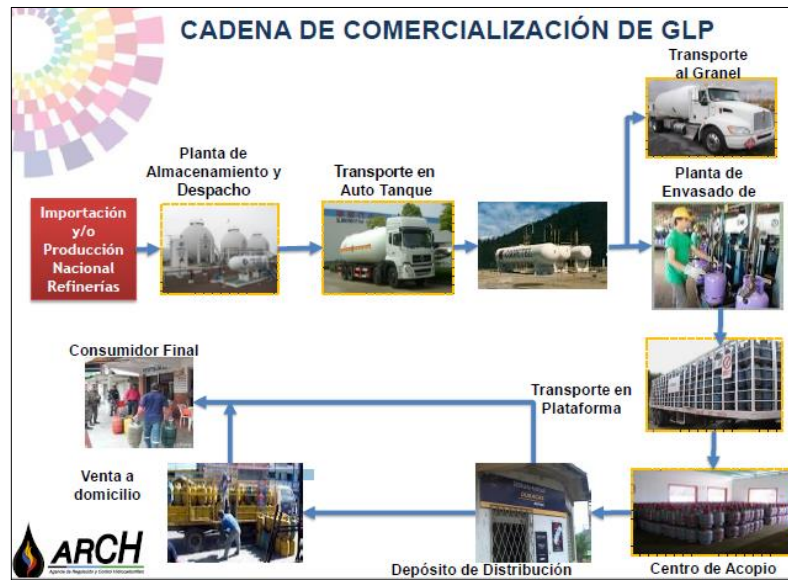


Figura 1: Cadena de Comercialización de GLP

Fuente: [2]

Esto hace que el GLP llegue al usuario en ocasiones con retraso y a un costo arbitrario que lo establecen los distribuidores minoristas del mismo, al tener muchos ramales la cadena de distribución a domicilio del GLP el trabajo de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH); por controlar el uso adecuado del GLP como lo establece la legislación ecuatoriana en el Decreto Ejecutivo 1289 del 30 de Agosto del 2012 que señala el uso del GLP subsidiado por el estado es para consumo de personas naturales y propietarios de establecimientos categorizados por el Servicio de Rentas Internas (SRI) con Régimen Impositivo Simplificado del Ecuador (RISE) categoría 1 y 2 que ejercen actividades de manufactura, hoteles y restaurantes y programas de alimentación escolar, aprobados por el SRI. En el caso de contribuyentes régimen RISE superiores a las categorías 1 y 2, también propietarios con Registro Único de Contribuyentes (RUC) están en la obligación de adquirir cilindros de GLP para uso industrial, existiendo cilindros de GLP de 15 y 45 Kg. Estos cilindros carecen del subsidio, además pueden obtener el GLP a través de gas al granel con sistemas centralizados.

Otro aspecto a considerar es el volumen del recipiente contenedor que está directamente relacionada con la vaporización del GLP para satisfacer la demanda de las necesidades que se posea a una presión de servicio por equipo, por esta razón un déficit en la vaporización de gas ocasiona lo que generalmente se ve en las bombonas de 15 Kg y en

algunas de 45 Kg, un fenómeno de formación de escarcha en el exterior del cilindro debido a que el gas consume grandes cantidades de calor para vaporarse [3], inclusive llegando a cortarse el flujo de gas ya que el GLP líquido no se puede vaporar y no se consume el contenido de GLP en su totalidad sino hasta que el estado de vapor- líquido en el interior del cilindro se recupere con el pasar del tiempo y en condiciones ambientales que lo permitan, se conoce además que aproximadamente 400 gr de GLP regresan en el cilindro [4] como remanentes; por esto es necesario establecer un volumen óptimo de el o los cilindros que abastezca la demanda de GLP a una adecuada presión.

El problema también ha existido especialmente en la zona 3 por el crecimiento urbanista sin las medidas municipales adecuadas como la creación de ordenanzas que lleven a los consumidores de grandes volúmenes de GLP a la instalación de sistemas centralizados ya que mientras aumenta la densidad urbanista la instalación de dichos sistemas se convierte en problemas de ingeniería al tener que aplicar la normativa vigente, en este caso la NTE INEN 2 260:2010.

Por lo tanto la aplicación de un sistema centralizado de GLP trae beneficios en cuanto al control y regulación en la comercialización del GLP, se reduce el desperdicio de GLP cuando se consume en cilindros de 15 Kg, se elimina la probabilidad de que el cilindro contenedor no provea la suficiente cantidad de vapor de GLP cuando los equipos que lo consumen están al máximo de su operación o todos en conjunto prendidos, también una autonomía del cilindro contenedor y se contaría de una instalación con tuberías que proveerán de una presión de gas constante a los equipos; además un sistema seguro en las instalaciones dentro y fuera del edificio esto a través del uso de tuberías que garanticen la seguridad, distancias recomendadas de seguridad en los tanques y en las líneas, señalética, extintores en las cercanías donde podría existir conatos de incendio, sistema de enfriamiento del tanque; códigos de colores que identifican las líneas de transmisión, carga y enfriamiento como lo establece la norma vigente NTE INEN 2260:2010.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. General

Diseñar una instalación de GLP centralizada para la “Hostería SPA Miramelindo”

1.4.2. Específicos

- Identificar las normas técnicas y reglamentos para la instalación de sistemas centralizados de GLP.
- Estimar el consumo para los equipos que utilizan GLP.
- Dimensionar la capacidad del tanque estacionario de almacenamiento de GLP.
- Trazar las trayectorias de las tuberías adecuadas dentro del establecimiento.
- Dimensionar las tuberías de conducción del GLP.
- Realizar una simulación utilizando recursos informáticos para verificar con los cálculos teóricos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS

En el proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico de autoría de Oscar Bladimir André Sarmiento, **“Diseño y análisis económico de una instalación de gas licuado de petróleo aplicada al edificio Millenium de la ciudad de Loja”**, **Guayaquil,2005**. Disponible en Repositorio digital de la Escuela Superior Politécnica del Litoral: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/14578>

Las principales conclusiones del proyecto son:

- ❖ Se observó que la obra civil del edificio Millenium civil no se tomaron en cuenta para la instalación de líneas de GLP y menos aún para la colocación del tanque estacionario, pero eso no es impedimento para adecuar la estructura existente a una instalación de suministro centralizado de GLP.
- ❖ Para la selección del tanque estacionario y el dimensionamiento del diámetro de las tuberías se analizó un “factor de diversidad” que considera el consumo posible de todos los aparatos que consumen GLP dentro del edificio.
- ❖ Se observó un interés en el tipo de uniones ya que el material utilizado en las tuberías es cobre, y además el cobre con los accesorios esto también en base a la presión de diseño.

En el proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Químico de autoría de Christian Ricardo Lomas Páez, **“Diseño e implementación de sistemas centralizados de**

gas licuado de petróleo (GLP) en edificaciones de uso residencial, comercial o industrial”, Quito, octubre 2012. Disponible en Repositorio digital de la Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5164>

En el proyecto se realiza el diseño de un sistema centralizado de GLP para un edificio departamental en la ciudad de Quito utilizando para ello varias opciones de caídas de presión seleccionando la más adecuada.

Las principales conclusiones del proyecto son:

- ❖ Se obtuvo que el costo de los dos tanques estacionarios de 0.454 m³ representaron la tercera parte del costo total de la instalación, lo que implica una adecuada selección de la capacidad.
- ❖ Se observó que el tiempo de recarga que fue entre 12 y 16 días fue adecuado sin embargo la vaporización combinada de ambos tanques a una capacidad de llenado del 30% a una temperatura entre 5°C y 25°C de 6.77 Kg/h no abastecieron el requerimiento térmico corregido de simultaneidad de 13.23 Kg/h.
- ❖ Los cálculos diametrales de las tuberías representan una cuantiosa cantidad de cálculos por dicho motivo se diseñó un sistema informático que minimizó la cantidad de cálculos

En el proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico de Bryan David Arroyo Panchi y Wilmer Javier Tufiño León, **“Rediseño de la instalación centralizada de gas licuado de petróleo (GLP) de la empresa textil San Pedro”, Quito, enero 2016** Disponible en repositorio digital de la Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/14025>

Las principales conclusiones del proyecto son:

- ❖ Se implementó un plan de mantenimiento para todo el sistema centralizado de GLP, y éste sirve para la ejecución de inspecciones y mantenimiento en cumplimiento del Registro Oficial 313 del 8 de mayo de 1998 y del Registro Oficial 435 del 10 de febrero del 2015.

- ❖ Se observó que se necesita de un vaporizador forzado de mayor capacidad ya que la vaporización natural del tanque y un vaporizador forzado ALGAS XP 25 ya instalado no satisfacen la demanda en condiciones de operación por debajo de los 20°C y 65% de llenado.
- ❖ Se encontró en la revisión de los diámetros mediante la ecuación de Renouard que la mitad de los tramos están sobredimensionados y la mitad restante son menores al valor obtenido sin embargo con la aplicación de las ecuaciones de la NFPA los resultados son superiores lo que hace deducir que las redes instaladas fueron diseñadas con la norma NFPA.

2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

En lo concerniente a la instalaciones y comercialización del GLP hay que tomar en cuenta los reglamentos, requisitos y aspectos legales que están vigente en la legislación ecuatoriana que a continuación se detallará y los organismos de control que ejecutan los mencionados aspectos.

La Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), es el organismo encargado del control y la fiscalización de las actividades técnicas operacionales en las diferentes etapas de la industria hidrocarburífera entre ellas la comercialización del GLP ejecutando las políticas vigentes para el aprovechamiento adecuado de los hidrocarburos y la eficiencia de la inversión pública a fin de precautelar los intereses de la sociedad [2].

2.2.1. Normas y Códigos

- a) NTE (Norma Técnica Ecuatoriana) INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 2260:2010 “Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos”.

“Esta norma se aplica a las instalaciones receptoras (conjunto de tuberías y accesorios comprendidos entre la válvula de acometida, excluida ésta, y las válvulas de conexión al aparato, incluidas éstas) que utilizan gases combustibles suministrados desde tanques, cilindros portátiles, redes de distribución, que corresponden a los diferentes tipos de gases de la primera, segunda y tercera familias, cuya presión máxima de servicio sea inferior o igual a 500kPa.

Esta norma se aplica también para instalaciones de GLP líquido en empresas industriales, cuya aplicación se utilice en su propio proceso productivo interno.

Se excluye del alcance de esta norma, el montaje de artefactos que estén alimentados por un único cilindro de gas combustible, de contenido unitario igual o inferior a 15 kg, conectado por tubería flexible hasta una distancia de 2 m o acoplado directamente.”

- b)** NTE (Norma Técnica Ecuatoriana) INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 2261:2015 “Tanques para gases a baja presión. Requisitos e Inspección”.

“Esta norma establece los requisitos para el cálculo, diseño, fabricación, ensayo e inspección de tanques de acero soldados, estacionarios o móviles, para almacenamiento o transporte de gases a baja presión.

Establece también los requisitos mínimos de los accesorios que deben tener para control y seguridad.

Esta norma se aplica a los tanques estacionarios o móviles que almacenan o transportan gas de hasta 1.72 MPa de presión y mayores a 0.11 m³ de capacidad.”

- c)** NFPA (National Fire Protection Association) 58 “Liquefied Petroleum Gas Code” 1998 Edition

“Este código se aplica a la operación de todos los sistemas de los GLP excepto a los que contienen amonio, esto abarca:

Contenedores, tuberías y el equipo asociado en el transporte del GLP hacia instalaciones que lo utilizan como combustible.

Transporte de GLP en carreteras.

El diseño, construcción, instalación, y operación de terminales marinos cuyo propósito primario es la recepción de GLP para entrega a transportadores, distribuidores o usuarios, con la excepción de terminales marítimas asociadas a refinerías petroquímicas, plantas de gas y terminales marítimas cuyo propósito sea el suministro de GLP a embarcaciones marítimas.

El diseño, construcción, instalación y operación de terminales de gasoductos que reciben GLP proveniente de gasoductos bajo la jurisdicción del Departamento de Transporte de los Estados Unidos para su entrega a transportistas, distribuidores o usuarios. La cobertura se iniciará corriente debajo de la última válvula del gasoducto o cabezal múltiple de entrada al tanque.”

- d)** NFPA (National Fire Protection Association) 54 “Liquefied Petroleum Gas Code” 2006 Edition.

“Este código proporciona requisitos de seguridad que se aplicará en instalaciones de tuberías que transporten gas combustible a equipos y sus accesorios.

La cobertura de los sistemas de tuberías se extenderá desde el punto de distribución hasta las conexiones con el o los artefactos.

La máxima presión de operación deberá ser de 125 psi (862kPa).

Los requisitos de los sistemas de tuberías incluirán diseño, materiales, componentes, fabricación, montaje, instalación, prueba, inspección, operación y mantenimiento.

Los requisitos para electrodomésticos, equipos y accesorios relacionados deberán incluir instalación, combustión y ventilación.”

- e)** Código ASME (American Society of Mechanical Engineers) Sección VIII División 1 y 2.

Esta norma establece los requerimientos para el diseño y construcción de los tanques destinados para el almacenamiento de recipientes a presión, como materiales, cargas, temperaturas máximas y mínimas de diseño, ecuaciones para el diseño con presiones internas y externas, fabricación, inspecciones, pruebas y ensayos.

2.2.2. Obtención del permiso de operación

Por parte del Cuerpo de Bomberos existen disposiciones y aspectos técnicos que se debe presentar ante la jefatura de la localidad en la que se será ubicado el proyecto, estos aspectos técnicos son los requisitos expuestos en la NTE INEN 2260, para ello se envía:

- ❖ Planos de la instalación
- ❖ Memoria técnica
- ❖ Solicitud de Servicio

El cuerpo de bomberos revisará que la construcción de las instalaciones de GLP no haya comenzado y emitirá un permiso de factibilidad observando el diseño más factible, y una vez aprobado el diseño factible se procederá a la construcción. Luego una vez concluida la instalación de GLP, al Cuerpo de bomberos se solicitará una nueva inspección donde un personal calificado emitirá criterios de aceptación o rechazo, una vez ya sea aprobado o ejecutadas las correcciones una nueva inspección emitirá un permiso definitivo.

Las documentaciones para la emisión del permiso necesario son:

- ❖ Copia de Factibilidad aprobada
- ❖ Certificado INEN de tanques semi y/o estacionarios de GLP
- ❖ Certificado de conformidad con norma de tuberías, válvulas, accesorios y aporte soldadura según fabricante o certificador
- ❖ Certificado de la empresa comercializadora de GLP actualizado
- ❖ Impronta de los tanques de GLP
- ❖ Certificado y actas del resultado de las pruebas de estanqueidad
- ❖ Registro fotográfico a color de la instalación centralizada de GLP
- ❖ Informe de Prueba hidrostática de los tanques de GLP
- ❖ Calificación de soldadores según norma aplicable

- ❖ Estudio técnico de la instalación de pararrayos con cobertura a los tanques de GLP (en caso de aplicar)
- ❖ Certificado de procedimiento de soldadura y soldadores calificados
- ❖ Certificado de resistencia de losa (en caso de que los tanques estén ubicados en terrazas).

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.3.1. Propiedades y características del GLP

El Gas Licuado de Petróleo por sus siglas (GLP), es producto del refinamiento del petróleo luego de la obtención de la gasolina, normalmente en condiciones de presión y temperatura atmosférica se encuentra en estado de vapor, pero mediante la compresión se convierte en líquido, siendo la manera más común de almacenamiento y transporte mientras que en estado de vapor es donde se aprovecha su máximo poder calorífico.

Los Gases licuados del petróleo son el propano y en butano y en proporciones que dependen de la legislación de cada país, en el Ecuador el GLP es una mezcla del propano y butano en proporciones de volumen de 70 y 30 respectivamente

En la tabla 1 se muestran las características del propano y el butano recopiladas de la fuente [5].

Tabla 1. Propiedades del Propano y del Butano

Nombre	Propano	Butano
Presión de Vapor [kPa]	293.15°K	103
	313.15°K	285
	318.15°K	345
	328.15°K	462
Gravedad específica	Líquido	0,582
	Vapor @ 288.71°K	2,01
Temperatura de ebullición a 1 atm [°K]	-231.15	-264.15
Temperatura máxima de la llama [°K]	2253.15	2281.15

Límites de inflamabilidad	Inferior	2,15	1,55
	Superior	9,6	8,6
Poder Calorífico del Vapor	kJ/m3	92430	121280
	kJ/Kg	49920	49140
	BTU/ft3	2488	3280
	BTU/Lb	21548	21221
Metros cúbicos de vapor por litro @ 288.71°K		0,271	0,235
Metros cúbicos de vapor por kilogramo @ 288.71°K		0,539	0,41
Kilogramos por metro cúbico de líquido @288.71°K		504	582

Fuente: [5]

2.3.1.1. Usos y aplicaciones del GLP

El GLP al poder comprimirse presenta una ventaja de ocupar volúmenes muy reducidos y así su uso se puede aprovechar de manera prolongada convirtiéndose en una fuente de aprovechamiento de calor eficiente y así es utilizado en diversos sectores como se muestra en la figura 2

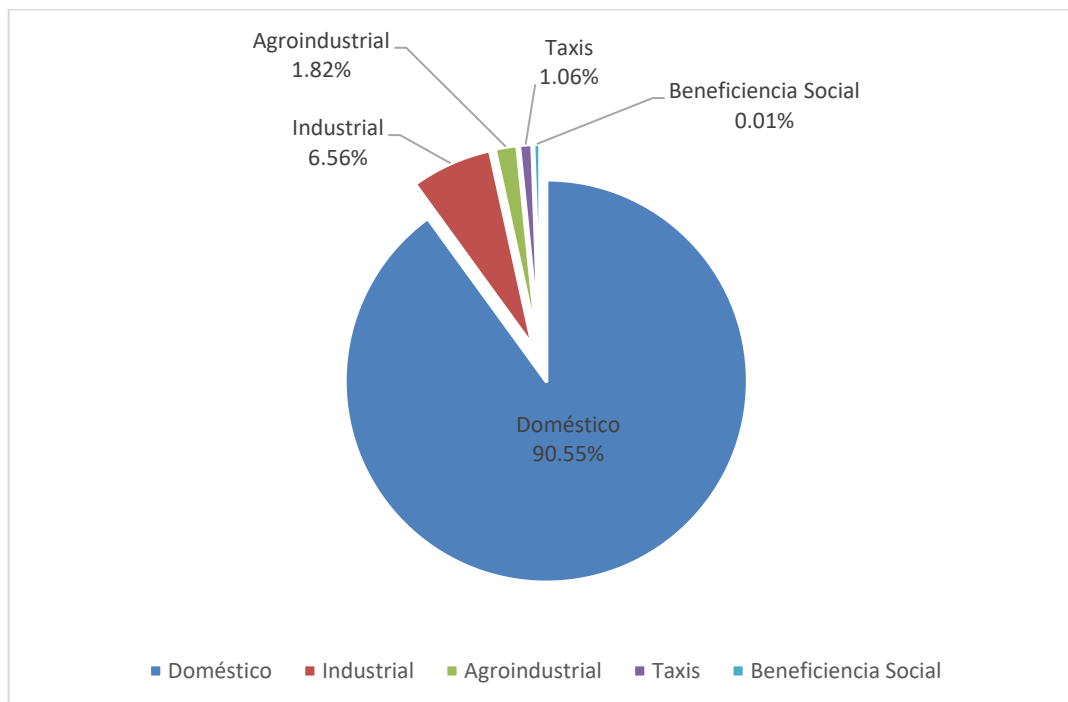


Figura 2: Segmentos de Mercado del GLP

Fuente: [2]

2.3.2. Tanque estacionario

El diseño o la selección adecuada del recipiente contenedor del GLP es fundamental para el óptimo desempeño de la instalación debido a que un erróneo cálculo de la vaporización del GLP puede ocasionar un corte del suministro de la presión de vapor por las líneas de conducción.

El tanque estacionario debe ser diseñado y construido bajo la norma vigente NTE INEN 2261 y el código ASME Sección VIII, división 1 ó 2 y tener sus respectivos certificados de conformidad [6].

2.3.2.1. Vaporización del GLP

Dentro del depósito o recipiente contenedor del GLP coexisten las mezclas de propano y butano y estas a su vez en fase líquida y la fase gaseosa, en una presión de equilibrio diferente en función de la temperatura. El GLP cuando está en fase gaseosa se puede aprovechar su poder calorífico máximo, para esto puede tener una vaporización natural a la temperatura ambiente que se encuentre, o una vaporización forzada mediante mecanismos de transferencia forzada de calor como sopladores o serpentines que rodeen al recipiente contenedor o vaporizadores externos que se colocan a la salida del recipiente.

Cuando se realiza la extracción de GLP de manera controlada, la temperatura del líquido se mantiene porque el calor necesario se toma del exterior a través del área en contacto con el líquido. Esto cambia cuando se extrae un caudal de GLP de manera excesiva, la temperatura del líquido desciende por la cantidad de energía que necesita el GLP en estado líquido para transformarse en vapor llegando a largo tiempo a verse un fenómeno de formación de escarchas posteriormente en hielo en el área de las paredes que se encuentran en contacto con el líquido en el interior, y esto a una larga duración con la descompensación de flujo de vapor de GLP.

Para el cálculo de la vaporización del GLP se realiza una sumatoria de la transferencia de calor de las paredes en contacto con el líquido hacia el aire, el calor resultante es la necesaria para transformar el líquido en vapor, con este concepto el cálculo se lo realiza en las condiciones más críticas esto quiere decir al máximo de vaciado del recipiente permitido y a la temperatura más baja que se encuentre en el entorno donde se encuentre el recipiente contenedor.

2.3.2.2. Clasificación

En la INEN NTE 2260:2010 se muestran las clasificaciones de las instalaciones de almacenamiento para sistemas centralizados de acuerdo a la sumatoria de los volúmenes geométricos de todos los tanques

- ❖ Tanques sobre nivel del terreno
 - A-A Mayor de 0.11 hasta 1 m³
 - A-0 Mayor de 1 y hasta 5 m³
 - A-1 Mayor de 5 y hasta 10 m³
 - A-2 Mayor de 10 y hasta 20 m³
 - A-3 Mayor de 20 y hasta 100 m³
 - A-4 Mayor de 100 y hasta 500 m³
 - A-5 Mayor de 500 y hasta 2000 m³
- ❖ Tanques enterrados o semienterrados
 - E-E Mayor de 0.11 hasta 1 m³
 - E-0 Mayor de 1 y hasta 5 m³
 - E-1 Mayor de 5 y hasta 10 m³
 - E-2 Mayor de 10 y hasta 100 m³
 - E-3 Mayor de 100 y hasta 700 m³

2.3.2.3. Ubicación

La ubicación de él o los tanques pueden ser:

- ❖ Tanques sobre nivel de terreno
- ❖ Tanques en terrazas
- ❖ Tanques en talud
- ❖ Tanques enterrados
- ❖ Tanques semienterrados

2.3.3. Selección y cálculo de tuberías

2.3.3.1. Materiales de tuberías

- a) **Tuberías de plomo:** Este tipo de tuberías sólo serán utilizables en instalaciones receptoras alimentadas desde una red de distribución de baja presión. Serán fabricadas según lo estipulado en la norma UNE 37.202.
- b) **Tuberías de cobre:** Este tipo de tuberías pueden ser utilizadas en redes de baja y mediana presión, también admite soldadura tipo fuerte y blanda. Serán de tipo rígida o flexible, sin costura, y serán fabricadas bajo las normas ISO 1640 o ASTM B88, tipo K o L.
- c) **Tuberías de acero:** Este tipo de tuberías pueden ser utilizadas en instalaciones de boca de carga o de alta presión y se pueden utilizar siempre y cuando se cuente con una protección interna cuando esté en presencia de condensados, con un recubrimiento galvanizado o equivalente. Serán de acero al carbono y mínimo cédula 40, y serán fabricadas bajo las normas ASTM A53 grados A y B.
- d) **Tuberías de acero inoxidable:** Este tipo de tuberías pueden ser utilizadas en redes de alta presión y su método de unión será siempre por soldadura fuerte. Para el

caso de las tuberías flexibles serán corrugadas del tipo CSST y fabricadas bajo la norma ANSI/AGALC1, y para el caso de las tuberías rígidas serán del tipo AISI 304L y AISI 316L según ASTM A240 y fabricadas bajo las normas UNE 19.049 o ASTM A312M.

- e) **Tuberías de polietileno:** Este tipo de tuberías se utilizan exclusivamente para tramos enterrados cumpliendo lo establecido en las normas ASTM D2513 o ISO 4437 y serán de calidad PE80 o PE100.
- f) **Tuberías de polietileno – aluminio – polietileno:** Se utiliza en instalaciones interiores y exteriores dependiendo de las condiciones que se muestran en el anexo A, deben cumplir con las normas AS4176 o la ISO 17484-1

2.3.3.2. Uniones para tuberías y accesorios

Las uniones de las tuberías y además los accesorios deben cumplir la estanqueidad total del sistema sin que se afecte con los diferentes cambios de presión que se puedan presentar y tampoco al entorno donde se encuentre situada.

- a) **Uniones mediante soldaduras:** las tuberías que sean sometidas a una unión con soldadura contempladas en el Código ASME Sección IX o ANSI/AWS A 5.8 o NTE INEN 128 y la persona que lo realice deben cumplir características y estar calificados para dicho proceso, además tomar en cuenta las especificaciones del fabricante de las tuberías. La soldadura deber ser soldadura fuerte, esto quiere decir que los materiales de aporte se deben fundir a mínimo 500°C y tiene que ser capaz de resistir presiones de operaciones hasta 500 kPa. Los tipos de unión por soldadura son: Unión Polietileno – Polietileno, unión cobre – cobre, unión aleación – cobre, unión acero - acero, unión acero inoxidable – acero inoxidable, unión cobre o bronce – acero, unión cobre – acero inoxidable.
- b) **Uniones desmontables:** las tuberías que sean unidas pensando en su desmontaje pueden ser colocadas en: dispositivos de corte, contadores, reguladores de presión

y válvulas de seguridad. Los tipos de uniones desmontables son: Uniones por junta plana, uniones por brida, uniones metal – metal

- c) **Uniones roscadas:** las tuberías que se han de unir mediante roscado solamente pueden ser de acero mínimo de cédula 35 en adelante, deben cumplir condiciones de estanqueidad y para ello se recomienda el uso de compuestos anaeróbicos o compuestos no endurecibles o bien con cinta de estanqueidad de teflón, la rosca debe de ser del tipo cónica y cumplir los parámetros establecidos en la NTE INEN 117 ó ANSI/ASME B1.20.1 ó ISO 7/1, la presión de servicio que circule por una junta roscada no debe superar los 35 kPa en instalaciones interiores y 68 kPa en instalaciones exteriores, el diámetro permisible para tuberías de tipo roscado es de 50 mm y no se debe exceder, los accesorios como eles, tees, cruces, acoples, uniones, bridas y tapones que sean de hierro fundido no se deben utilizar lo permisible es de cobre, acero, bronce, fundición maleable y también dúctil (nodular).

2.3.3.3. Ecuaciones de Renouard

Para la adecuada selección de tubería hay que obtener un diámetro que satisfaga una caída de presión de bajo porcentaje con respecto a la presión inicial y en función del consumo a la salida de la tubería.

Las fórmulas simplificadas de Renouard determinan las pérdidas de carga a través de una línea de conducción, la condición que debe cumplir está en relación con el caudal y el diámetro interior que sea menor a 150 para el Gas Natural y 27,7 para el propano y el butano [7].

$$\frac{Q}{D * 1000} < 150 \text{ ó } 27,7 \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

Q: Caudal que circula por el tramo calculado [m³/h]

D: Diámetro interior de la tubería [m]

La fórmula de Renouard para una presión media ($5\text{kPa} < P < 500\text{kPa}$) se muestra a continuación

$$P_A^2 - P_B^2 = 0.515 * dc * Lc * \frac{Q^{1.82}}{(1000 * D)^{4.82}} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

P_A y P_B : Presiones absolutas en el origen y al final del tramo [MPa]

dc : Densidad corregida [kg/m^3]

L_c : Longitud de cálculo de la conducción más un % por pérdidas [m]

Q : Caudal de gas en el tramo [m^3/h]

D : Diámetro interior de la tubería [m]

Y la fórmula de Renouard para baja presión ($P < 5\text{kPa}$) se muestra a continuación

$$P_A^2 - P_B^2 = 250.76 * dc * Lc * \frac{Q^{1.82}}{(D * 1000)^{4.82}} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

P_A y P_B : Presiones absolutas en el origen y al final del tramo [kPa]

dc : Densidad corregida [Kg/m^3]

L_c : Longitud de cálculo de la conducción más un % por pérdidas [m]

Q : Caudal de gas en el tramo [m^3/h]

D : Diámetro interior de la tubería [m]

El manual de CEPSA para uso de GLP nos recomienda que para pérdida de carga por las líneas de conducción de baja presión se evalúe la pérdida un 20% adicional y para el caso de la media presión se evalúe en un 5% adicional a la longitud calculada, esto debido a los elementos que se añaden en las tuberías sean estos: codos, tes, válvulas, reguladores, etc.

2.3.3.4. Velocidad de conducción

La velocidad es la distancia que recorre un fluido en una unidad de tiempo, para el caso de las redes de distribución las unidades más comunes son en [m/s] y [ft/s]. Los problemas de una velocidad excesiva en una red de tuberías son: ruido, erosión de las tuberías. Para ello la velocidad dentro de la red también puede ser un criterio a evaluar los diámetros definidos, según nos recomienda velocidades máximas se presentan en la tabla 2:

Tabla 2: Comparación de las velocidades de conducción por ductos para gases

Tipo de instalaciones	Velocidad en (m/s) según referencia [7]	Velocidad en (m/s) según referencia [8]
Redes urbanas en general de baja y media presión BP, MP. Y acometidas enterradas	25	30
Redes particulares de media presión MP. Y acometidas aéreas	20	20
Acometidas de baja y media presión BP, MP	10	10
Redes interiores de viviendas en baja presión BP	6	10

Fuente: Crithian José Ortiz Caaspa

La velocidad en una sección de conducción por la que circula un gas se calcula con la siguiente fórmula:

$$v = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{D^2} \cdot \frac{P_o \cdot T}{P \cdot T_o} \cdot z \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Dónde:

v: velocidad del fluido [m/s]

Q: caudal transportado [m³/s]

D: diámetro interior de la tubería [m]

P: Presión absoluta del gas en condiciones de servicio [Pa]

P_o: Presión absoluta del gas en condiciones normales [Pa]

T: Temperatura del gas en condiciones de servicio [K]

T₀: Temperatura del gas en condiciones normales [K]

z: Coeficiente de compresibilidad (adimensional)

Resolviendo la anterior ecuación en condiciones de presión atmosférica y temperatura variable se puede simplificar en la siguiente ecuación:

$$v = k \times \frac{Q}{P \times (D * 1000)^2} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Siendo k, una constante que varía en función de la temperatura y sus valores se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3: Coeficiente “k” para la fórmula simplificada de cálculo de velocidad.

Coeficiente	Temperatura (°K)					
	273.15	278.15	288.15	298.15	308.15	313.15
k	358,3613	364,9211	378,0407	391,1602	404,2798	410,8319

Fuente: [7]

Mientras que la UNE 60 621/96 nos recomienda una ecuación simplificada que se puede apreciar en la siguiente fórmula:

$$v = 378.04 \times \frac{Q}{P \times (D * 1000)^2} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

2.3.3.5. Reguladores de presión

Los reguladores de presión a seleccionarse deben satisfacer las siguientes condiciones:

- ❖ Debe compensar las variaciones de presión que se pudieran presentar.
- ❖ Debe soportar las variaciones volumétricas imprevistas sin que se altere la presión de suministro.
- ❖ Debe antecederle una válvula de corte.

La NTE INEN 2260:2010 nos indica los valores máximos de operación permisibles y se muestran en la tabla 4:

Tabla 4: Máximas presiones de operación permisible (MPOP)

Clase de sistema y clase de usuario	Presión de GLP	
	kPa	mbar
MEDIA PRESIÓN 14 kPa (140mbar) < P = 500 kPa (5bar)	kPa	mbar
Líneas secundarias, líneas de acometidas y líneas matrices exteriores a la edificación	200	2000
Instalaciones para suministros de gas destinadas a usos industriales, derivadas de líneas secundarias	200	2000
Líneas matrices interiores en instalaciones para suministro de gas destinadas a usos residenciales a usos residenciales y comerciales	35	350
Líneas individuales en instalaciones para suministro de gas destinadas a usos comerciales	35	350
BAJA PRESIÓN P ≤ 14 kPa (140mbar)	kPa	mbar
Líneas individuales en instalaciones para suministro de gas destinadas a usos residenciales para suministro de gas a artefactos con regulador asociado	14	140
Líneas individuales en instalaciones para suministro de gas destinados a usos residenciales para suministro de gas a artefactos sin regulador	3.7	37

Fuente: [6]

2.3.4. Accesorios

Los accesorios para unión a utilizar están en función del material de la tubería que selecciona, los más comunes son de cobre, latón y bronce para tuberías de cobre.

Los accesorios más típicos son y se muestran en las figuras 3 y 4:

- ❖ Codos 45°
- ❖ Codos 90°
- ❖ Tes
- ❖ Reducciones
- ❖ Uniones de manguitos
- ❖ Uniones universales
- ❖ Acoples
- ❖ Bridas

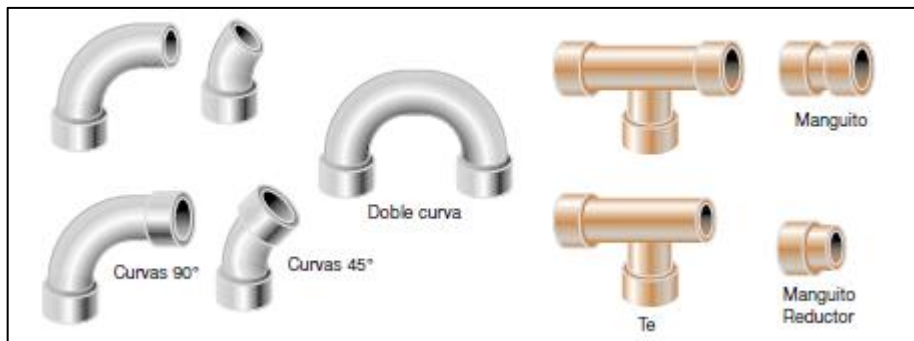


Figura 3: Accesorios de cobre

Fuente: [8]

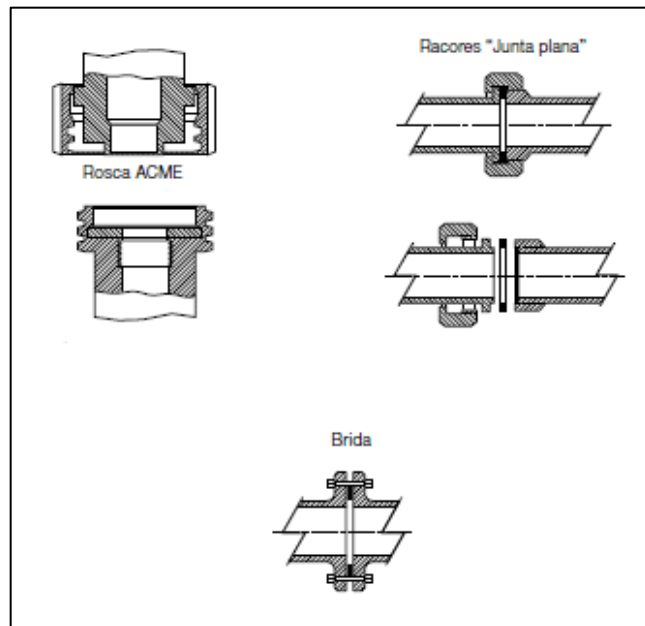


Figura 4: Juntas

Fuente: [8]

2.3.5. Dispositivos para maniobra y control

2.3.5.1. Llaves

Se denominan así a los dispositivos que abren o cierran el flujo del fluido tienen que cumplir con la estanqueidad en su configuración esto quiere decir sin fugas al exterior y que garanticen su hermetismo cuando estén cerradas completamente y son de accionamiento manual y sus tipos son los siguientes:

- a) **Llaves de asiento:** Un conducto con un tornillo en su interior que se arrastra verticalmente sobre un asiento o anillo a un tapón, se acciona mediante un al girar en sentido que esté configurado el tornillo, presenta una alta pérdida de carga debido al cambio brusco de flujo que ocasiona la configuración de cierre del tornillo como se muestra en la figura 5.

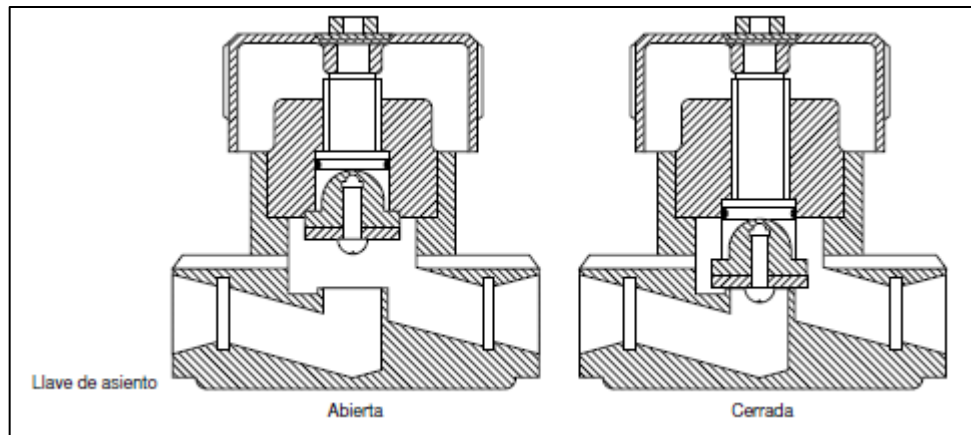


Figura 5: Vista transversal de una llave de asiento

Fuente: [8]

- b) **Llaves de bola:** en su interior tiene una esfera transpasada con un orificio controlada por una manivela que cuando su cavidad está paralela al flujo permite el paso total del fluido y a medida que la esfera gira en sentido de la manivela hasta el cierre, el flujo se va disminuyendo, presentan una baja resistencia a la fricción debido a su configuración sencilla y sin trayectorias y cambios de sección bruscos. Y se presentan como en la figura 6.

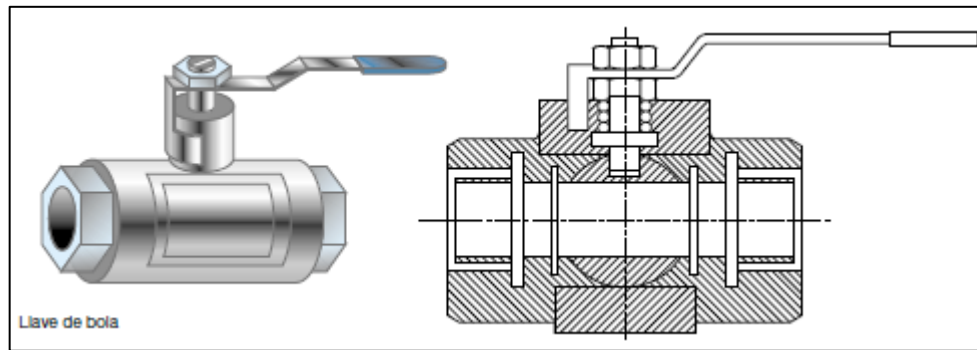


Figura 6: Vista esquemática y transversal de una llave de bola

Fuente: [8]

- c) **Llaves de mariposa:** en su interior posee un obturador en forma de anillo que realiza un cierre de la cavidad interior, controlada por una manivela que gira sobre su eje vertical y su apertura a veces viene graduada en su cuerpo o simplemente tiene topes de abierto y cerrado y se presenta en la figura 7.

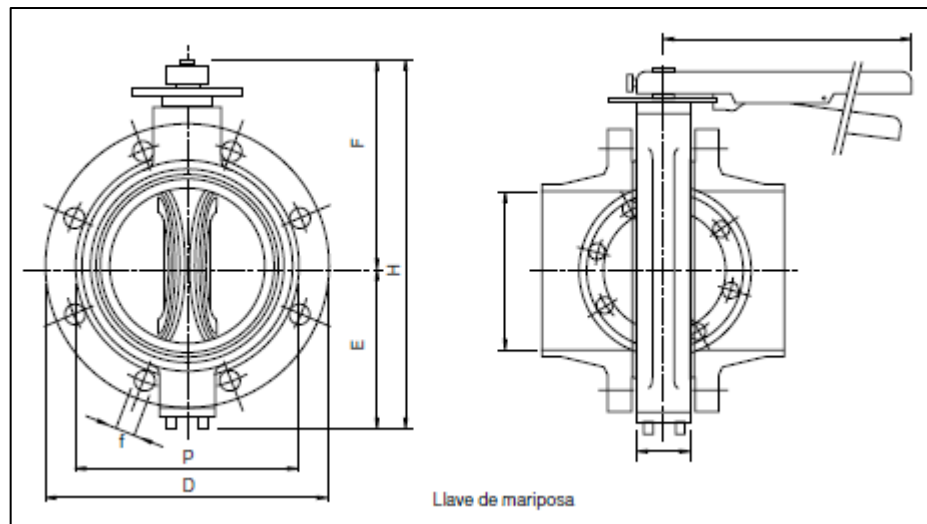


Figura 7: Vista esquemática de una llave de mariposa

Fuente: [8]

2.3.5.2. Válvulas

- a) **Válvula de antirretorno:** tienen una configuración que permite el cierre del flujo ya sea líquido o gas cuando éste quiere circular en sentido opuesto al que está diseñada, los más típicos en instalaciones de gas son los de husillo y están conformados por:

Una parte fija o cuerpo que tiene una configuración dependiendo del diámetro del ducto al que se adiciona

Una parte móvil que hace las veces de tapón que se desliza por la parte fija y reacciona al impulso del fluido

Un muelle cuyo diseño hace que cuando la presión del flujo aumenta del cero y su fuerza es débil para que cuando la presión baja, cierra el tapón.

b) Válvulas de exceso de flujo: es una válvula muy parecida a la de antirretorno con un funcionamiento es opuesto ya que cuando hay un exceso de flujo ésta está en la función de derivar dicho flujo hacia algún ducto de alivio o descarga, su principio está en el muelle, pues es éste en el que su diseño determina el caudal de diseño o presión para abrirse y dejar pasar al fluido.

Ambos tipos de válvulas se presentan en la figura 8.

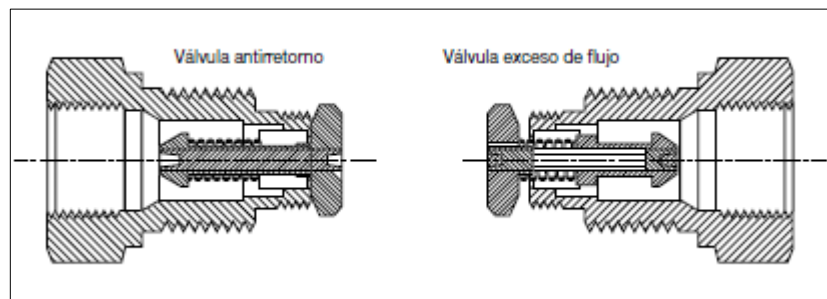


Figura 8: Vista transversal de una válvula antirretorno y de exceso de flujo

Fuente: [8]

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL PROYECTO

3.1. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

3.1.1. Características de la Hostería – SPA Miramelindo

La Hostería – SPA Miramelindo se encuentra en la parroquia de Río Verde en la Provincia de Tungurahua en el Cantón de Baños de Agua Santa, presenta un clima tropical húmedo y una temperatura media de 24°C, a una altura de 1516 m.s.n.m. La hostería cuenta con un área de 1621 m² y de estos 1187.5 m² son de construcción entre áreas de hospedaje, piscina y SPA, cocina, bodegas y administrativos.

3.1.2. Posibles ubicaciones

Por las distancias alejadas entre los aparatos de consumo se plantea 3 posibles ubicaciones de él o los tanques estacionarios, tomando además en consideración las recomendaciones que se expondrán en adelante de los tanques las cuales por su proximidad a los equipos podría ser:

Ubicación 1: Utilizar la terraza del edificio principal que cuenta con un área horizontal de 159 m² para instalar el o los tanques estacionarios.

Ubicación 2: Utilizar la terraza del bloque A de departamentos que cuenta con un área de 77 m² para la instalación.

Ubicación 3: Utilizar la bodega actual de gas que cuenta con un área de 9.5 m² para la instalación.

3.2. CÁLCULOS

3.2.1. Consumos

Para obtener la información del consumo de Gas o la potencia (Gasto energético) de los equipos utilizados en las instalaciones de la hostería se toma de la placa de datos de cada equipo. Y el tiempo de consumo se lo obtiene con la observación y tomando nota el tiempo utilizado de cada aparato en el transcurso del día.

Cada fabricante expresa su placa de datos sin una generalización, esto debido a su procedencia o su destino dado esto se puede hallar en Kilowatts, BTU/h y kg/h. y se generaliza en la tabla 5.

Tabla 5: Requerimientos térmicos y de GLP de cada aparato que se utiliza en la hostería en estudio

Aparato de consumo	Requerimiento				
	(kW)	(BTU/h)	(m ³ /h)	(kg/h)	(kg/s)
Cocina	18,103	61767,342	0,701	1,3	0,000361
Horno	8,267	28208,291	0,32	0,594	0,000165
Calefón Cocina	22,4	76428,800	0,870	1,609	0,000447
Calefón Apartamentos	22,4	76428,800	0,870	1,609	0,000447
Calefón Suite	19,16	65373,920	0,744	1,376	0,000382
Calefón Piscinas	22,4	76428,800	0,870	1,609	0,000447
Secadora de ropa	14,726	50246,018	0,57	1,058	0,000294
Calentador de piscina	117,233	400000	4,17470446	7,745	0,002151
Calentador de agua	41,776	142540,020	1,617	3	0,000833
TOTAL	286,466	977421,991	10,736	19,898	0,006

*Los valores sombreados son los que se encontraron en la placa del fabricante

Fuente: Cristhian José Ortiz Caaspa

La transformación de KW a BTU tiene la siguiente constante, según [9], y se utilizan otras relaciones de unidades que se presentan en el anexo B.

$$1kW * \frac{3412 BTU}{1 kWh}$$

Para la transformación de los BTU/h en este caso energía por hora por unidades de consumo de GLP en BTU/Lb se utiliza el poder calorífico del propano en fase vapor (21548 BTU/Lb) según los valores que se encuentran en [5], como se muestra en la tabla 1 de las propiedades del propano y del butano, al no existir una ecuación química que dé como resultado el poder calorífico al mezclar propano y butano, siendo el GLP que se comercializa en Ecuador una mezcla entre los dos gases en proporciones de 70% propano y 30% butano, según reportes de Petroecuador EP.

La Hostería se abastece en todos sus aparatos con cilindros de 15 Kg de GLP y su mes de más alto consumo se observó que fue en el mes de agosto por parte de los propietarios y se presentan un resumen de consumo en la tabla 6.

Tabla 6. Histórico de consumo en el mes de agosto

CONSUMO EN EL MES DE AGOSTO DE G.L.P.										
Día	TOTAL, en Cilindros de 15 kg.	Aparatos de consumo								
		Cocina	Horno	Calefón Cocina	Calefón	Calefón Suite	Calefón Piscinas	Secadora de ropa	Calentador de cocina	Calentador de agua
2	4	1	0	1	0	0	1	0	1	0
4	3	1	1	0	0	0	0	1	0	0
8	5	1	0	0	1	0	1	0	1	1
7	4	1	0	1	0	0	0	0	2	0
10	4	1	1	1	0	0	0	1	0	0
12	5	1	0	0	1	0	1	0	1	1
14	3	1	0	0	0	0	0	1	1	0
15	4	1	1	1	0	0	0	0	1	0
16	4	1	0	0	1	0	0	1	0	1
21	5	1	0	1	0	0	1	0	2	0
27	4	1	1	0	0	0	1	0	1	0

28	7	1	0	1	1	1	0	1	2	0
30	4	1	0	0	0	0	1	0	1	1
TOTAL, CILINDROS	56	13	4	6	4	1	6	5	13	4
TOTAL, kg	840	195	60	90	60	15	90	75	195	60

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

En total la Hostería consume 840 Kg de GLP en el mes de agosto, mes en el que más consumo se produce e independientemente cada aparato funciona en determinadas horas del día e incluso existen días en los que ciertos aparatos están inoperativos, pero la sumatoria de consumo en el mes nos puede dar una idea de cuánto consume por día la Hostería con todos sus equipos.

3.2.2. Cálculo y dimensionamiento del tanque

3.2.2.1. Autonomía del tanque estacionario

El término autonomía se refiere al tiempo mínimo de funcionamiento normal hasta la siguiente recarga, y por sus condiciones físicas del o los tanques de peso y dimensiones su recarga debe ser in situ [10]. Las indicaciones porcentuales de llenado de estos tanques sólo se recomiendan hasta un 85% por seguridad en la presión de vaporización, y para el vació el stock mínimo que debe poseer el tanque es de 30%, así el tanque se llena un 55% en cada recarga lo que sería la capacidad del tanque. La autonomía según [8], se debe tomar un n número de días para la recarga del tanque y dependerá de la disponibilidad del transporte por la comercializadora. El cálculo de contenido en masa de GLP está en función del consumo diario y el número de días entre recargas.

$$Contenido = C_{DIARIO} * N^{\circ} \text{ de días} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

El C_{DIARIO} se refiere a el consumo total de los equipos, que se presenta en la tabla 7, teniendo una relación el consumo total en el mes con la tabla 6.

Tabla 7: Consumo diario de los equipos de hostería en estudio

Aparato de consumo	Tiempo de operación	Requerimiento de GLP		
	(h/d)	(kg/h)	(kg/día)	(kg/mes)
Cocina	5	1,3	6,5	195
Horno	3,37	0,594	2,00	60,00
Calefón Cocina	1,87	1,609	3,00	90,00
Calefón Apartamentos	1,24	1,609	2,00	60,00
Calefón Suite	0,36	1,376	0,50	15,00
Calefón Piscinas	1,87	1,609	3,00	90,00
Secadora de ropa	2,36	1,058	2,50	75,00
Calentador de piscina	0,84	7,745	6,50	195,00
Calentador de agua	0,67	3	2,00	60,00
TOTAL	17,58	19,898	28,00	840,00

Fuente: Cristhian José Ortiz Caaspa

El consumo diario es de 28 kg por día aproximadamente, por lo tanto:

$$\text{Contenido} = 28 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} * 14 \text{ días}$$

$$\text{Contenido} = 392 \text{ Kg}$$

Para conocer la cantidad volumétrica se utiliza la masa en volumen en fase líquida del gas al vaporizarse un metro cúbico, que se encuentra en la Tabla 1 (504 Kg por metro cúbico de GLP en fase líquida).

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Contenido}}{\text{Masa en volumen en fase líquida de GLP}} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

$$\text{Volumen} = \frac{392 \text{ kg}}{504 \text{ Kg/m}^3}$$

$$\text{Volumen} = 0.777 \text{ m}^3$$

3.2.2.2. Volumen del depósito

Autonomía resultante: Considerando lo anterior dicho que por cuestiones de seguridad sólo se puede disponer del 65% del depósito, el volumen del depósito se puede definir por la siguiente ecuación:

$$Volumen = 0.65 * Volumen\ del\ dep\acute{o}sito \quad (Ec.\ 3.3)$$

$$Volumen\ del\ dep\acute{o}sito = \frac{0.777\ m^3}{0.65}$$

$$Volumen\ del\ dep\acute{o}sito = 1.19\ m^3$$

Se necesita 1.19 m³ de volumen para que exista una autonomía de 14 días, pero esto habrá que revisar si el recipiente contenedor que se ha de seleccionar satisface la vaporización de gas necesaria para todos los aparatos de consumo.

3.2.2.3. Vaporización natural

El caudal de vaporización de los tanques debe ser calculado en función de la temperatura más baja probable del entorno y en una temperatura media condiciones ambientales, la temperatura mínima registrada en la parroquia Río Verde fue de: 8°C. También en condiciones de temperatura media,

Para determinar el caudal másico de vapor de gas del tanque se utiliza la fórmula de la fuente [9].

$$Q = P \cdot S \cdot K \cdot \frac{(T_e - T_g)}{CLV} \quad (Ec.\ 3.4)$$

Donde:

Q: caudal másico de vapor [kg/h]

P: Porcentaje de superficie del depósito en contacto con el líquido mojada.

S: Superficie del depósito [m²].

K: Coeficiente de transmisión de calor a través de las paredes de depósito [kW/m² °C]

T_e : Temperatura exterior mínima media prevista, del ambiente en el que está instalado el depósito [$^{\circ}\text{K}$].

T_g : Temperatura de equilibrio líquido-gas del gas en el interior del depósito [$^{\circ}\text{K}$].

CLV: Calor latente de vaporización del propano [kWh/kg].

Para el cálculo de la vaporización se analizará de cada tanque ya que al ser tres tanques de la misma capacidad cada tanque se vaporizará individualmente:

$$Q = 0.397 \cdot 2.22 \text{ m}^2 \cdot 0.0116 \text{ kW/m}^2\text{C} \cdot \frac{(283.15^{\circ}\text{K} - 244.73^{\circ}\text{K})}{0.11 \text{ kWh/kg}}$$

$$Q = 3.57 \text{ kg/h}$$

Para cada tanque de 0.454 m^3 hay una vaporización de 3.57 kg/h a una temperatura mínima en el ambiente de 8°C a un nivel de carga del tanque del 30%. Y en función de diferentes temperaturas y los niveles de llenado se elaboró las tablas 8 y 9 para un tanque de $0,45 \text{ m}^3$ y 2 m^3 , respectivamente.

Tabla 8: Vaporización de un tanque de 0.45 m^3 , en función del llenado y de la temperatura.

CONDICIÓN	Vaporización natural [kg/h] en función de la temperatura				
	8°C	10°C	15°C	20°C	25°C
30% llenado	3.38	3.57	4.33	4.79	5.25
85% llenado	8.04	9.17	10.27	11.37	12.44

Fuente: Cristhian José Ortiz Caaspa

Tabla 9: Vaporización de un tanque de 2 m^3 , en función del llenado y de la temperatura.

CONDICIÓN	Vaporización natural [kg/h] en función de la temperatura				
	8°C	10°C	15°C	20°C	25°C
30% llenado	12.66	14.44	16.19	17.91	19.6
85% llenado	30.06	34.29	38.45	42.54	46.55

Fuente: Cristhian José Ortiz Caaspa

3.2.2.4. Factor de Simultaneidad

Este factor se utiliza cuando se tiene varias instalaciones interiores de GLP y su uso es para calcular el valor del caudal máximo probable ya que existe la posibilidad de que no todos los aparatos estén en funcionamiento al mismo tiempo, su valor se puede obtener a través de las fórmulas de simultaneidad en la referencia [11] y es la que se muestra a continuación:

$$f_s = \frac{a \times (PIT/1.163)^b + c}{(PIT/1.163)} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Donde:

fs: factor de simultaneidad

PIT: Potencia Total Instalada [kW]

a,b,c: parámetros dependientes de los artefactos conectados

Para la aplicación de la fórmula se debe contemplar los siguientes factores en función de los aparatos conectados como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10: Parámetros (a,b,c) de los artefactos para aplicar en la fórmula de simultaneidad

Artefactos	a	b	c
Cocina	1.05	0.76	5.8
Cocina + Calefón	1.01	0.75	23
Otros Artefactos (Potencia sobre 44.194 kW)	0.95	0.85	33

Fuente: [11]

Al tener una cocina de (18.103 kW), un horno de (8.267 kW), tres calefones cada uno de (22.4 kW), un calefón de (19.16 kW), una secadora de ropa de (14.726 kW), un calentador de agua de (41.726 kW), y un calentador de piscina de (117.233 kW). Se tiene una potencia total instalada de 286.46kW.

Se tiene el cálculo siguiente correspondiente a una potencia total sobre los 44.194kW aplicando los parámetros de la tabla 10 en la ecuación 3.5 se tiene:

$$f_s = \frac{0.95 \times (286.46/1.163)^{0.85} + 33}{(286.46/1.163)}$$

$$f_s = 0.594$$

Entonces la probabilidad de la instalación funcione simultáneamente es del 59.4%, teniendo del consumo de 286.16kW un consumo aplicando el factor de simultaneidad de 170.15 kW (10.924 kg/h).

3.2.2.5. Selección del tanque

En el mercado comercial no existen recipientes de 1.19 m³ a menos que realice el proceso de fabricación bajo la norma ASME Sección VIII, la complejidad de la construcción y la existencia de cilindros fabricados por empresas certificadas hace que sea más factible la adquisición; el más cercano comercialmente es un tanque de 2 m³ o tres tanques de 0.454 m³ cuya sumatoria contendría 1.362 m³, lo que para criterios de diseño satisfacen las necesidades en cuanto a la autonomía del volumen, mientras que para vaporización existiría un déficit al descender la temperatura de 283.15°K (10°C) y a un 30% de llenado del tanque, condición extrema que se tendría que evitar al usar 3 tanques de 0.454 m³ además que se observó que la probabilidad de que el consumo de todos los equipos en simultáneo fue de 59.4%. Condición que si soportaría un tanque de 2 m³ estando al 30% lleno podría vaporizar el suficiente GLP pasado los 281.15°K (8°C). Pero se tendría un sobredimensionamiento tanto en volumen como en vaporización, por lo que con tres tanques se tiene un buen desempeño.

3.2.3. Análisis de Ubicación del tanque

Para el uso de la tabla de distancias mínimas de seguridad de los tanques se hace una sumatoria del volumen total, y para esta instalación representaría el volumen total de 3 tanques de 0.454 m^3 igual a 1.36m^3 .

Para los tanques en terraza se utiliza las consideraciones igual a los tanques sobre nivel del terreno, según la NTE 2260:2010 por el volumen total se clasifica el volumen de 1.36m^3 como A-0 por ser mayor a 1m^3 y no supera los 5m^3 , como se puede apreciar en el anexo C y el resumen en la tabla 11:

Además, para un tanque que se ha de colocar en la terraza de cualquier edificación resulta necesario un análisis de si la losa tiene la resistencia adecuada para que soporte el peso de él o los tanques, para ello es necesario estimar el peso de los tanques llenos de agua (recomendación del cuerpo de Bomberos), cada tanque de 0.45m^3 tiene un peso en vacío de 128 Kg que viene en la tabla del fabricante que se puede visualizar en el Anexo D, el peso del agua que cada uno de ellos puede contener es de 453.092 kg resultado de multiplicar su capacidad de agua por la densidad de la misma a 20°C , entonces el peso que los tres tanques juntos pueden ocasionar es de 1743.276 kg, en un área de 13609 cm^2 , lo que genera un esfuerzo para la losa de 0.13 kg/cm^2 . En el Anexo E, se hace un estudio de resistencia a la compresión en función de la dureza al choque de la losa con un esclerómetro arrojando un resultado máximo de 270 Kg/cm^2 y mínimo de 225 Kg/cm^2 , lo cual da la confiabilidad de que los tanques pueden ser alojados en la terraza del edificio ya que puede soportar sin ningún problema el peso de los tanques.

Tabla 11: Distancias mínimas de seguridad para tanques en la clasificación A-0

Para tanques dentro del rango de A-0	Distancia en metros desde la válvula de alivio	Distancia en metros desde las paredes del tanque
Referencia 1	-	0,6
Referencia 2	-	1,3
Referencia 3	-	0,6
Referencia 4	3,0	2,0

Referencia 5	6,0	-
Referencia 6	3,0	-
<p>Referencia 1: Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito.</p> <p>Referencia 2: Distancia al cerramiento de la estación.</p> <p>Referencia 3: Distancia a muros o paredes ciegas.</p> <p>Referencia 4: Distancias al lidero de la propiedad, aberturas a inmuebles, focos fijos de inflamación, motores de explosión, vías públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas aéreas de alta tensión, equipos electrónicos no protegidos, sótanos, alcantarillas y desagües.</p> <p>Referencia 5: Distancia a aberturas de edificios para uso docente, sanitario, hospedaje, culto, esparcimiento o espectáculo, acuartelamientos, centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos. Estaciones de servicios (Bocas de almacenamiento y puntos de distribución).</p> <p>Referencia 6: Distancia de la boca de carga al tanque cisterna.</p>		

Fuente: [6]

Las distancias de seguridad para 3 tanques horizontales con su respectiva referencia están presentadas en la figura 9.

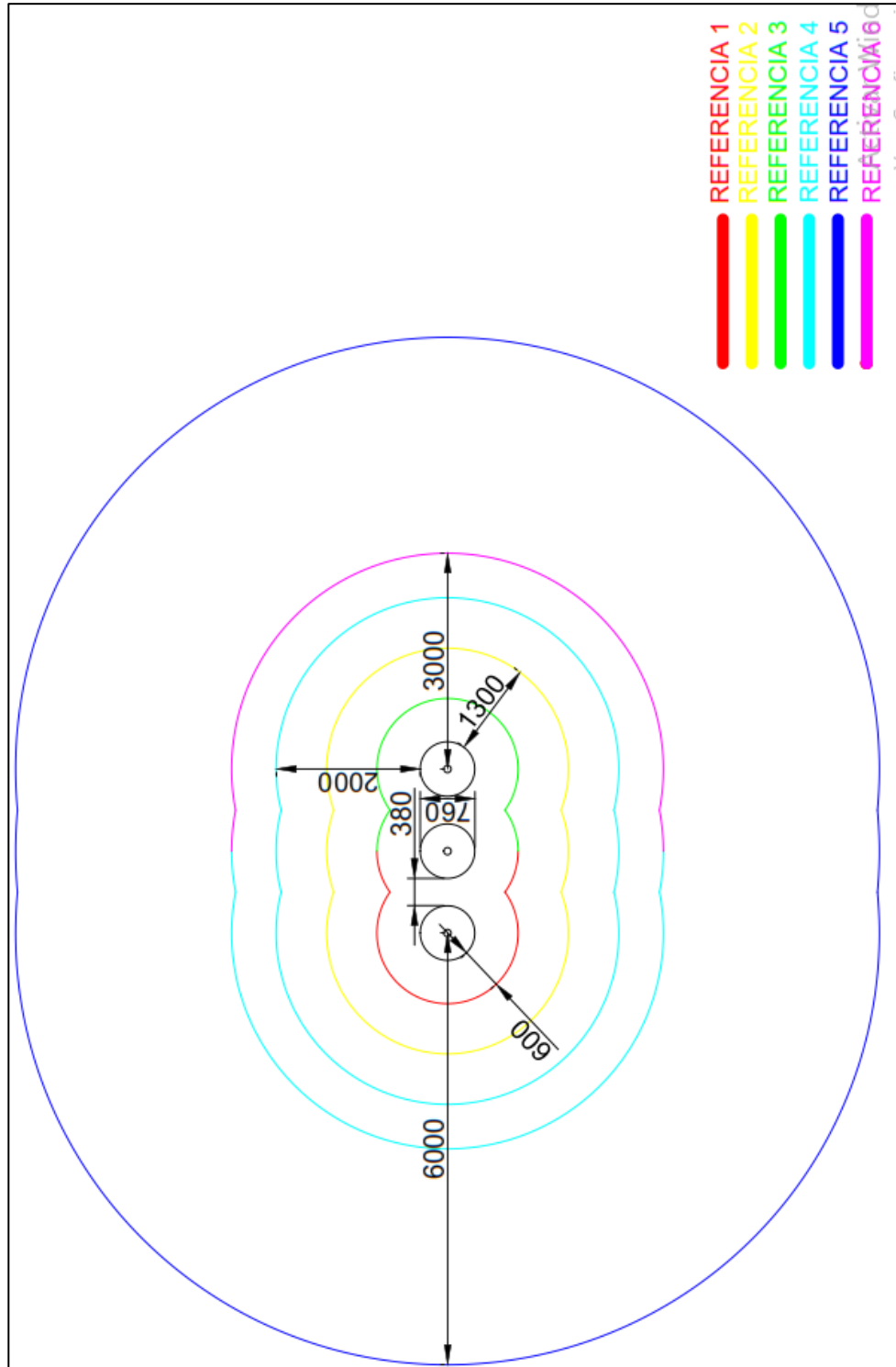


Figura 9: Distancias horizontales de seguridad de 3 tanques de 0.454 m^3 en serie, distancias en milímetros.

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

3.2.3.1. Distancias de seguridad

Ubicación de los tanques 1: Tres tanques en serie en la terraza del edificio principal están representados en la figura 10.

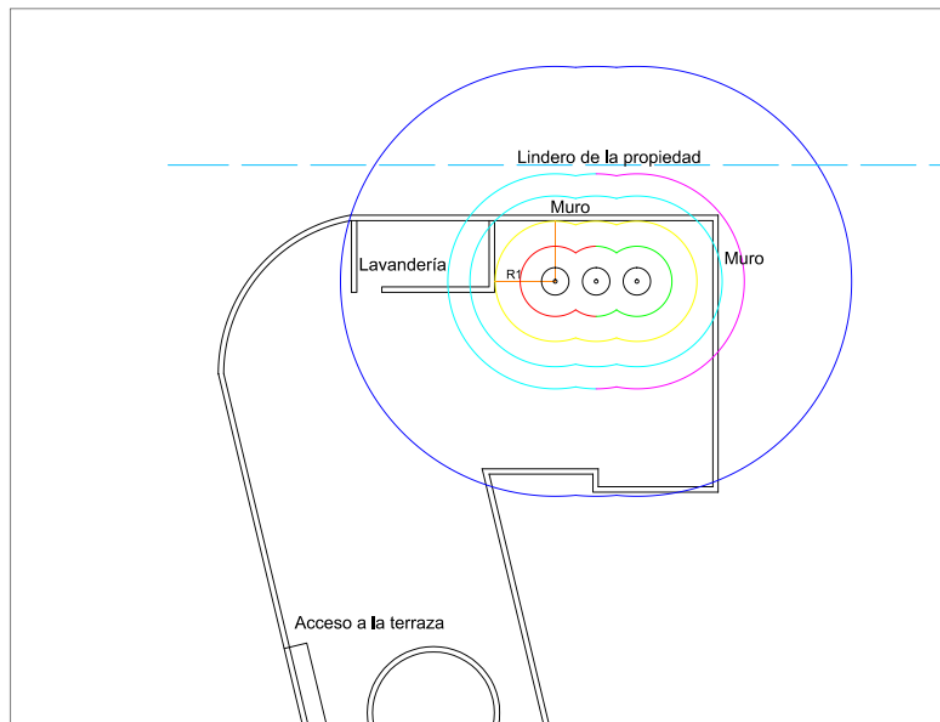


Figura 10: Distancias horizontales de seguridad de 3 tanques de 0.454 m^3 en serie ubicados en la terraza del edificio principal.

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

Y las distancias hacia los límites correspondientes según la referencia se presentan en la tabla 12:

Tabla 12: Distancias horizontales de seguridad correspondientes a los tanques de la Figura 10

EXPOSICIÓN	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	
	Distancia desde la válvula del tanque	Distancia desde las paredes del tanque
R1: Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito	1.7	1.32
R2: Distancia al cerramiento de la estación	1.7	1.32
R3: Distancia a muros o paredes ciegas	1.7	1.32
R4: Distancia al lindero de la propiedad	3.25	2.87
R5: Distancia a aberturas de edificio para uso	12.25	11.87

R6: Distancia de la boca de carga al tanque cisterna	9.61	9.23
--	------	------

Fuente: Cristhian José Ortiz Caaspa

Ubicación de los tanques 2: Dos tanques en serie en la terraza del edificio principal se presenta en la figura 11 y un tanque en la terraza del Bloque A de departamentos se presenta en la figura 13.

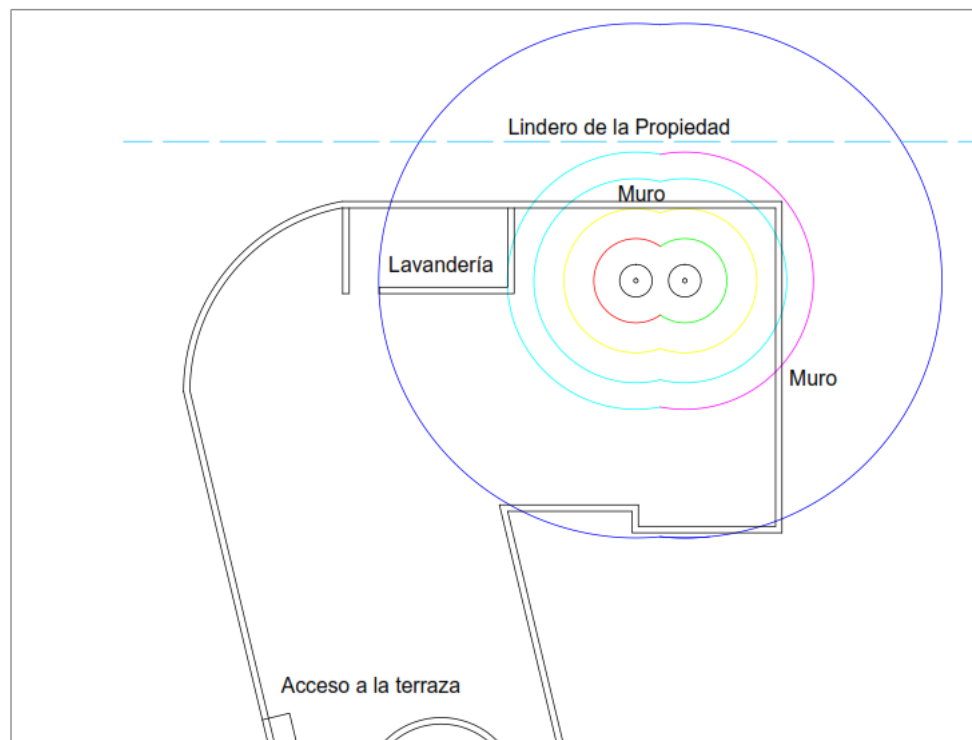


Figura 11: Distancias horizontales de seguridad de 2 tanques de 0.454 m³ en serie ubicados en la terraza del edificio principal.

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

Y las distancias hacia los límites correspondientes según la referencia se presentan en la tabla 13 para los dos tanques en la terraza del edificio principal y en la tabla 15 para el tanque que se ubicaría en la terraza del bloque de departamentos A:

Tabla 13: Distancias horizontales de seguridad correspondientes a los tanques de la Figura 11

EXPOSICIÓN	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	
	Distancia desde la válvula del tanque	Distancia desde las paredes del tanque
R1: Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito	1.7	1.32
R2: Distancia al cerramiento de la estación	1.7	1.32

R3: Distancia a muros o paredes ciegas	1.7	1.32
R4: Distancia al lindero de la propiedad	3.25	2.87
R5: Distancia a aberturas de edificio para uso	12.93	12.55
R6: Distancia de la boca de carga al tanque cisterna	10.62	10.34

Fuente: Cristhian José Ortiz Caaspa

Ubicación de los tanques 3: Un tanque en la bodega actual de gas se muestra en la figura 12, un tanque en la terraza del edificio principal se muestra en la figura 11 y un tanque en la terraza del Bloque A de departamentos se muestra en la figura 13.

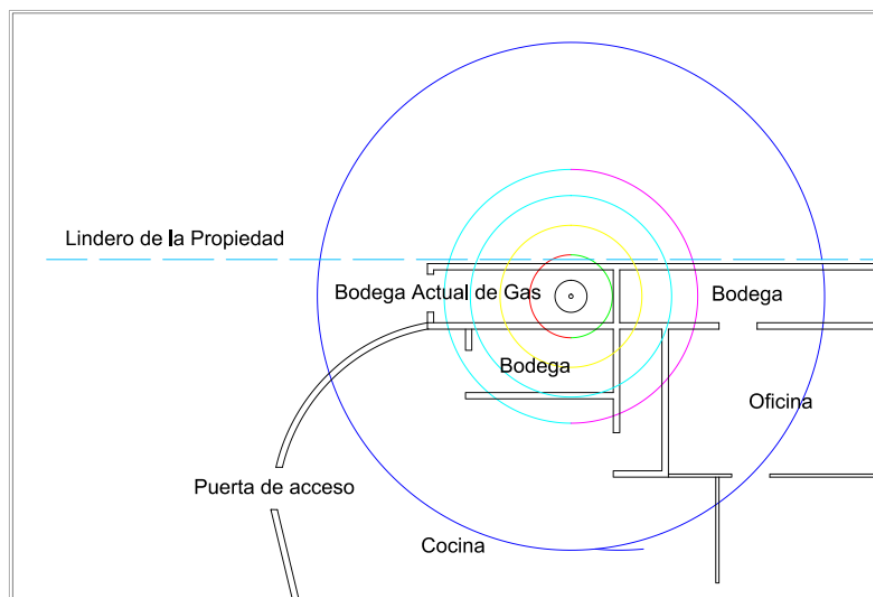


Figura 12: Distancias horizontales de seguridad de un tanque de 0.454 m³ ubicado en la bodega actual de gas en el edificio principal.

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

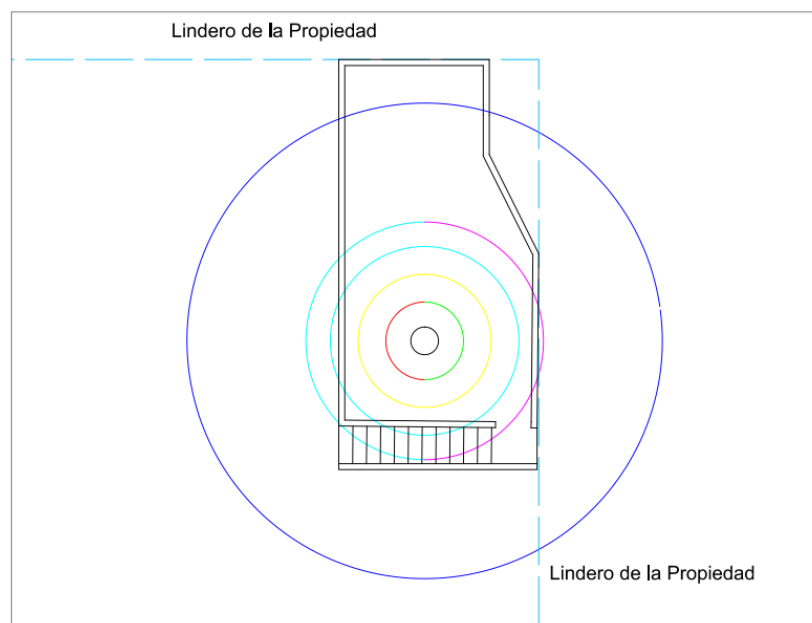


Figura 13: Distancias horizontales de seguridad de un tanque de 0.45m³ ubicado en la terraza del bloque A.

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

Y las distancias correspondientes según la referencia hacia los límites para el tanque que se podría ubicar en la bodega actual de gas se muestra en la tabla 14, y para el tanque que se podría ubicar en la terraza del bloque de departamentos A se presentan en la tabla 15:

Tabla 14: Distancias horizontales de seguridad correspondientes a los tanques de la Figura 12

EXPOSICIÓN	DISTANCIA HORIZONTAL m	
	Distancia desde la válvula del tanque	Distancia desde las paredes del tanque
R1: Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito	0.63	0.25
R2: Distancia al cerramiento de la estación	0.63	0.25
R3: Distancia a muros o paredes ciegas	0.63	0.25
R4: Distancia al lindero de la propiedad	0.70	0.32
R5: Distancia a aberturas de edificio para uso	7.94	7.55
R6: Distancia de la boca de carga al tanque cisterna	8.72	8.40

Fuente: Cristhian José Ortiz Caaspa

Tabla 15: Distancias horizontales de seguridad correspondientes a los tanques de la Figura 13

EXPOSICIÓN	DISTANCIA HORIZONTAL m	
	Distancia desde la válvula del tanque	Distancia desde las paredes del tanque
R1: Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito	2.02	1.67
R2: Distancia al cerramiento de la estación	2.02	1.67

R3: Distancia a muros o paredes ciegas	2.02	1.67
R4: Distancia al lindero de la propiedad	2.88	2.53
R5: Distancia a aberturas de edificio para uso	2.71	2.36
R6: Distancia de la boca de carga al tanque cisterna	3.40	3.05

Fuente: Cristhian José Ortiz Caaspa

3.2.3.2. Selección de la ubicación final del tanque

Para la selección de la mejor ubicación del tanque, tomamos en consideración las distancias de seguridad presentadas anteriormente, las longitudes de tuberías, posibles accesorios a utilizar lo que se presenta en una matriz en la tabla 15 a continuación:

Tabla 16: Resumen de las ubicaciones posibles de los tanques

		Ubicación 1	Ubicación 2		Ubicación 3		
Distancia mínima de seguridad	Figura	Figura 1	Fig.2	Fig.4	Fig. 1	Fig. 3	Fig. 4
	R1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
	R2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
	R3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
	R4	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple
	R5	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple
	R6	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Longitud de tubería en metros		111,315	125,533		119,073		
Bocas de carga		1	2		2		

Fuente: Cristhian José Ortiz Caaspa

Con los datos resumidos de la tabla 15 observamos que la opción más viable es la opción número 1 ya que cumple con las distancias de seguridad establecidas en la normativa vigente, además presenta una menor longitud de las tuberías hacia los equipos, por lo que

las demás alternativas se descartan y se procede al diseño de la red de tuberías con la opción de la ubicación de los tanques número 1.

3.2.4. Dimensionamiento de tuberías

Para el dimensionamiento de las tuberías primero se debe tener en cuenta el material que se ha de utilizar para seleccionarlas, las más comerciales son las de cobre y las de acero siendo las últimas más baratas, el polietileno se prohíbe utilizar dentro de las edificaciones y al existir acometidas que ingresan a la instalación de la hostería quedan descartadas.

Las tuberías de cobre rígido ofrecen las siguientes ventajas en comparación a las de acero:

- ❖ Presenta menor resistencia de las paredes al paso de los fluidos por lo que proporciona una pérdida baja de carga.
- ❖ Tiene una mejor resistencia a la corrosión, lo que a futuro impide la formación de sales que saturan el paso de los fluidos.
- ❖ El punto de fusión es elevado aproximadamente 1085°C por lo que los tramos de tubería se fundirían tardíamente y el gas contenido contribuya al fuego.
- ❖ Presenta mayor facilidad de instalación por sus métodos de corte sencillos y las uniones fácilmente se las puede hacer por soldadora fuerte o acoplamientos mecánicos de latón o bronce.
- ❖ Al ser más ligero que el acero su transporte e instalación es mucho más sencilla que con las tuberías de acero. Al necesitar menos elementos de sujeción en los tramos que lo necesiten.

Dicho todo lo anterior se procede a realizar los cálculos de los diámetros requeridos con tubería de cobre rígido tipo "K".

3.2.4.1. Cálculo del diámetro

Para simplificar los nombres de cada artefacto se les asignó un código como se muestra en la tabla 17

Tabla 17: Codificación de los aparatos de consumo utilizados

Aparato de consumo	CÓDIGO
Cocina	CO
Horno	HO
Calefón Cocina	Q1
Calefón Apartamentos	Q2
Calefón Suite	Q3
Calefón Piscinas	Q4
Secadora de ropa	SR
Calentador de piscina	CP
Calentador de agua	CA

Fuente: Cristhian José Ortiz Caaspa

Se establecen tramos de cálculo como se presenta en la figura 14.

Los tramos se encuentran distribuidos por toda la hostería siendo los puntos A, B y C en la tercera planta del edificio principal; los puntos E y D en la planta baja del mismo edificio principal; los puntos F y G en la sección de cuarto de bombas por la parte alta de la pared y el punto H en un segundo piso del bloque B.

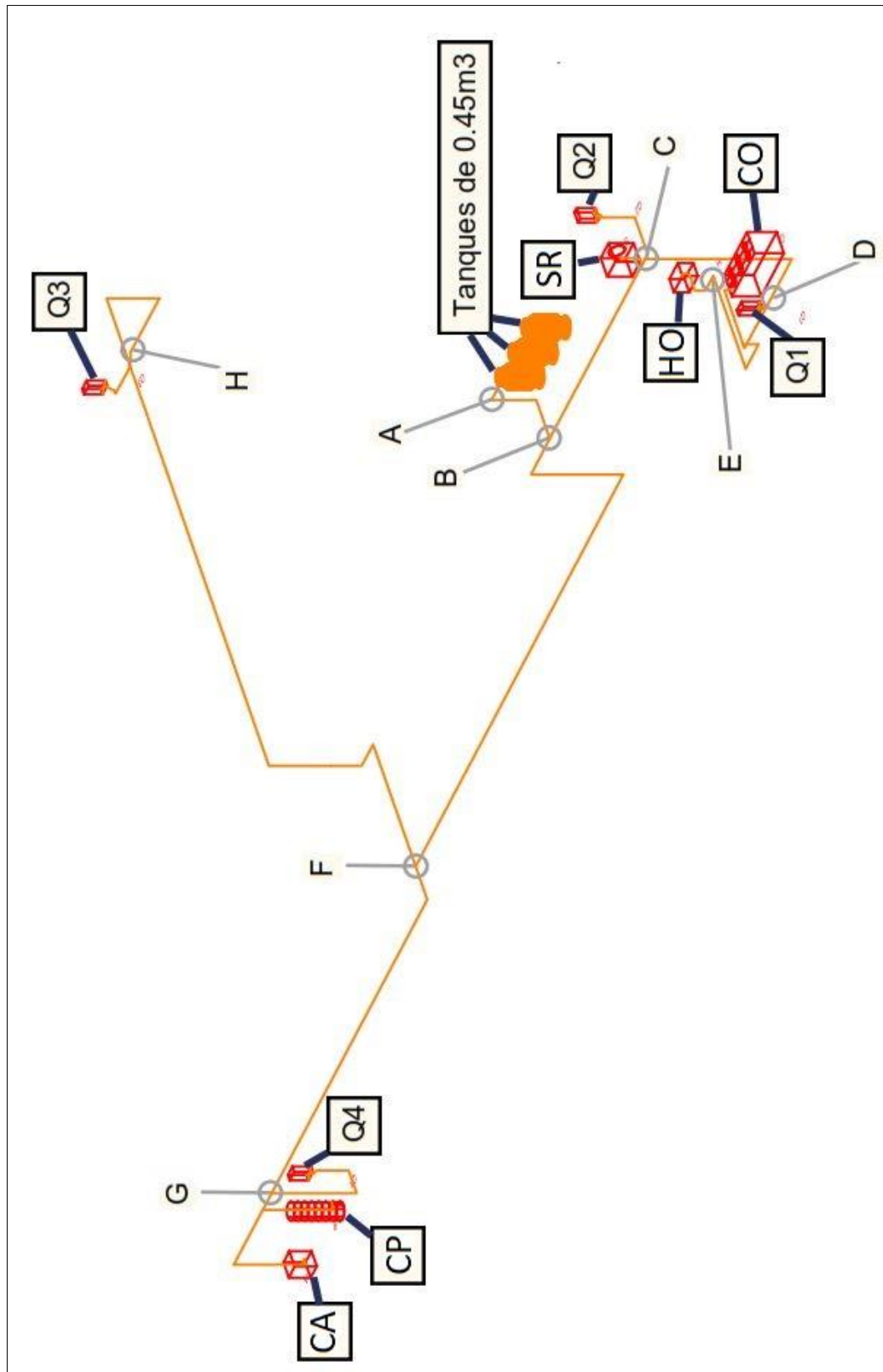


Figura 14: Esquema e identificación de los tramos de tuberías.

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

El tramo 0 – A comprende desde la salida de cada uno de los tanques de 0.45 m³ hasta el regulador de primera etapa, generalmente se ocupa un diámetro de ¾, se utiliza la fórmula de Renouard (Ec. 2.2) para determinar la pérdida de carga con el diámetro utilizado despejando la presión final como se muestra a continuación:

$$P_B = \sqrt[2]{P_A^2 - 0.515 \times dc \times Lc \times \frac{Q^{1,82}}{(1000 * D)^{4,82}}}$$

$$P_B = \sqrt[2]{0,10135^2 - 0.515 \times 1.833 \times 1 \times \frac{6,128^{1,82}}{(1000 * 0,01892)^{4,82}}}$$

$$P_B = 0,10126 \text{ MPa.}$$

Se observa que apenas existe una caída de presión de 1%, por lo que se acepta la consideración de una tubería de ¾ para las tuberías como accesorios que van desde los tanques hasta el regulador de primera etapa.

El tramo A – B que va desde la salida del regulador de primera etapa hasta la derivación del fluido en dos grandes fuentes de consumo, para calcular el caudal de consumo se realiza la sumatoria de todos los consumos que es igual a 10,736 m³/h y se estima una pérdida de carga de hasta el 10% del flujo inicial, despejando la ecuación (Ec. 2.2.) de Renouard para determinar el diámetro se obtiene la siguiente ecuación:

$$D = \frac{\sqrt[4,82]{\frac{0.515 \times dc \times Lc \times Q^{1,82}}{P_A^2 - P_B^2}}}{1000}$$

$$D = 1000 * \sqrt[4,82]{\frac{0.515 \times 1,833 \times (2,9 \times 1,2) \times 10,736^{1,82}}{0,0689^2 - 0,0627^2}}$$

$$D = 0,01368 \text{ m}$$

Verificando las tablas para tubería de cobre tipo K en el Anexo D, el diámetro nominal para lo calculado es una tubería de 5/8 in (16,56 mm), para verificar cuál es la pérdida real con el diámetro seleccionado ocupamos la ecuación (Ec. 2.2.) y despejamos la presión final dándonos:

$$P_B = \sqrt[2]{P_A^2 - 0.515 \times dc \times Lc \times \frac{Q^{1,82}}{(1000 * D)^{4,82}}}$$

$$P_B = \sqrt[2]{0,0689^2 - 0.515 \times 1.833 \times (2,9 \times 1,2) \times \frac{10,736^{1,82}}{(1000 * 16.56)^{4.82}}$$

$$P_B = 0,0665 \text{ MPa}$$

La pérdida de carga en el tramo es de 3,5 % que se encuentra dentro del rango establecido inicialmente de 10%, entonces se acepta el diámetro de 5/8 in de tubería en el tramo.

Con estos valores se procede a realizar una verificación ahora tomando en consideración la velocidad que viajará a través del conducto, con la ecuación 2.6 de cálculo de velocidades:

$$v = 378,04 \times \frac{Q}{P \times (D * 1000)^2}$$

$$v = 378,04 \times \frac{10,736}{0,677 \times (0,01656 * 1000)^2}$$

$$v = 21,86 \text{ m/s}$$

Teniendo una velocidad de 21,9 m/s, siendo superior a lo recomendado de 20 m/s, por lo que se procede a tomar un diámetro superior al de 0,01656 m (5/8 in), siendo el inmediato superior el de 0,01892 m (3/4 in), y se verifica si satisface la velocidad:

$$v = 378,04 \times \frac{10,736}{0,677 \times (0,01892 * 1000)^2}$$

$$v = 16,74 \text{ m/s}$$

Ahora con una velocidad de 16,74 m/s se acepta el diámetro de 18,92 mm (3/4 in) para un diámetro preliminar que posterior cuando se introduzca accesorios será posible que se modifique.

El tramo B – C, comprende desde la derivación de flujos en del punto B hasta la siguiente derivación en el punto C, uno en el mismo nivel de referencia hacia un cuarto de lavandería que posee una secadora de ropa y contiguo existe un calefón que abastece de agua a unos cuantos departamentos, y el otro flujo baja del nivel de referencia hasta el primer piso de la edificación para abastecer una cocina industrial, un horno, y un calefón que se ocupa en la cocina.

El tramo C – D, comprende desde la derivación en el punto C y baja hasta el primer piso de la edificación hasta una siguiente derivación cuyas divergencias abastecen; por una parte, a una cocina industrial y a un calefón, y por otra a un horno a gas.

El tramo D – E, comprende un tramo único desde la divergencia en el punto C hasta un horno a gas.

El tramo B – F, comprende desde la derivación de flujos en el punto B hasta un punto de divergencia F que abastece por una parte a un calentador de piscinas, un calentador de agua y a un calefón, mientras que por la otra parte abastece a un único calefón para usos de una suite departamental.

El tramo F – G, comprende desde la divergencia en el punto F hasta un punto H que abastece a un calentador de agua, un calentador de piscinas y un calefón.

El tramo F – H, comprende desde el punto F hasta el punto G que abastece a un solo calefón.

Los cálculos preliminares de los diámetros para una presión de entrada de 10 psi se muestran en la tabla 18, para una presión de 7.5 en la tabla 19 y para una presión de 5 psi en la tabla 20.

Tabla 18: Cálculos preliminares de los diámetros de tuberías por tramos. Con una presión a la salida del regulador de primera etapa de 68.95kPa(10 psi)

TRAMO		A-B	B - C	C -D	D - E	B - F	F-H	F-G
CARACTERÍSTICAS	Unidades							
Longitud	m	2,9	2,79	6,96	8,145	22,9	31,9	14,95
Consumo	m ³ /h	10,736	3,331	1,891	0,32	7,4	0,744	6,6617
Presión Inicial	kPa	68,95	67,71	64,74	62,05	67,71	62,33	62,33
% de pérdida	%	10	10	10	10	10	10	10
Presión deseada	kPa	62,67	61,50	58,88	56,40	61,50	56,67	56,67
Diámetro	m	0,01368	0,00879	0,00874	0,0047	0,01839	0,00856	0,01674
Diámetro corregido	m	0,01656	0,01021	0,01021	0,007036	0,01892	0,01021	0,01892
Verificación de presión	kPa	66,53	64,74	62,05	61,29	62,33	59,98	59,29
Porcentaje de pérdida	%	3,5	4,3	4,2	1,2	7,9	3,8	4,9
Velocidad	m/s	21,85	18,25	10,82	3,96	12,03	4,41	11,57
Diámetro corregido	m	0,01892	0,01021	0,01021	0,007036	0,01892	0,01021	0,01892
Velocidad final	m/s	16,74	18,25	10,82	3,96	12,03	4,41	11,57
Presión final	kPa	67,71	64,74	62,05	61,29	62,33	59,98	59,29
Porcentaje final de pérdida (%)		1,8	4,3	4,2	1,2	7,9	3,8	4,9

Fuente: Ortiz Caaspa Crsthian José

Tabla 19: Cálculos preliminares de los diámetros de tuberías por tramos. Con una presión a la salida del regulador de primera etapa de 51.71 kPa (7.5 psi)

TRAMO		A-B	B - C	C -D	D - E	B - F	F-H	F-G
CARACTERÍSTICAS	Unidades							
Longitud	m	2,9	2,79	6,96	8,145	22,9	31,9	14,95
Consumo	m ³ /h	10,736	3,331	1,891	0,32	7,4	0,744	6,6617
Presión Inicial	kPa	51,71	51,30	50,26	46,75	51,30	49,57	49,57
% de pérdida	%	7,5	7,44	7,29	6,78	7,44	7,19	7,19
Presión deseada	kPa	47,01	46,63	45,69	42,46	46,63	45,08	45,08
Diámetro	m	0,01542	0,00986	0,00971	0,00529	0,02064	0,00942	0,01841
Diámetro corregido	m	0,01656	0,01021	0,01021	0,007036	0,02527	0,01021	0,01892
Verificación de presión	kPa	48,40	47,37	46,75	45,71	49,57	46,61	45,64
Porcentaje de pérdida	%	6,3	7,6	7,1	2,2	3,3	6,1	7,9
Velocidad	m/s	29,57	24,5	14,15	5,29	8,69	5,61	14,78
Diámetro corregido	m	0,02527	0,01339	0,01021	0,007036	0,02527	0,01021	0,01892
Velocidad final	m/s	12,7	14,25	14,15	5,29	8,69	5,61	14,78
Presión final	kPa	51,30	50,26	46,75	45,71	49,57	46,61	45,64
Porcentaje final de pérdida (%)		0,805	2	7,1	2,2	3,3	6,1	7,9

Fuente: Ortiz Caaspa Crsthian José

Tabla 20: Cálculos preliminares de los diámetros de tuberías por tramos. Con una presión a la salida del regulador de primera etapa de 34.47 kPa (5 psi)

TRAMO		A-B	B - C	C -D	D - E	B - F	F-H	F-G
CARACTERÍSTICAS	Unidades							
Longitud	m	2,9	2,79	6,96	8,145	22,9	31,9	14,95
Consumo	m ³ /h	10,736	3,331	1,891	0,32	7,4	0,744	6,6617
Presión Inicial	kPa	34,47	33,85	33,30	31,85	33,85	31,23	31,23
% de pérdida	%	5	4,91	4,83	4,62	4,91	4,53	4,53
Presión deseada	kPa	31,34	30,77	30,26	28,96	30,77	28,37	28,37
Diámetro	m	0,01824	0,01172	0,01152	0,0062	0,02452	0,01141	0,02231
Diámetro corregido	m	0,01892	0,01339	0,01339	0,007036	0,02527	0,01339	0,02527
Verificación de presión	kPa	31,85	32,27	31,85	30,34	31,23	29,92	29,65
Porcentaje de pérdida	%	7,6	4,7	4,3	4,8	7,8	4,1	4,9
Velocidad	m/s	34,21	21,25	12,24	7,86	13,48	5,13	12,96
Diámetro corregido	m	0,02527	0,01656	0,01339	0,007036	0,02527	0,01339	0,02527
Velocidad final	m/s	19,18	13,9	12,24	7,86	13,48	5,13	12,96
Presión final	kPa	33,85	33,30	31,85	30,34	31,23	29,92	29,65
Porcentaje final de pérdida (%)		1,82	1,7	4,3	4,8	7,8	4,1	4,9

Fuente: Ortiz Caaspa Crsthian José

En resumen, los diámetros nominales que se podrían utilizar en la red de tuberías se presentan en la tabla 21:

Tabla 21: Diámetros preliminares calculados para los tramos

Tramo	Diámetro en m	Diámetro en in
A - B	0,01892 – 0,02527	3/4 - 1
B - C	0,01021 – 0,01656	3/8 – 5/8
C - D	0,01021 – 0,01339	3/8 - 1/2

D - E	0,07036	1/4
B - F	0,01892 – 0,02527	3/4 - 1
F - G	0,01892 – 0,02527	3/4 - 1
F - H	0,01021 – 0,01339	3/8 - 1/2

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

3.2.4.2. Cálculo de pérdidas por accesorios

Ahora con un diámetro nominal se puede colocar los accesorios a las tuberías en los tramos antes estudiados como se muestra en la figura 15:

Para los tramos A – B, B – C, C – D, B - F como se observa en la figura 15:

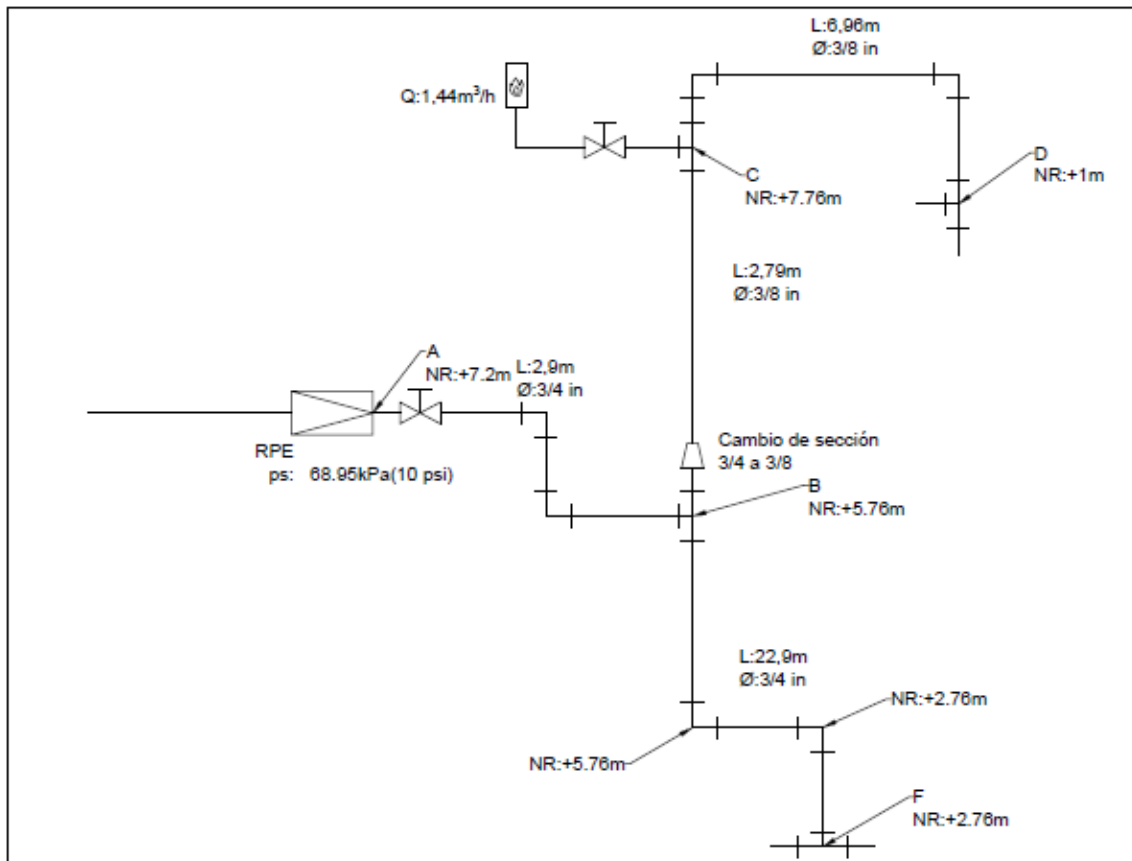


Figura 15: Esquema de accesorios en los tramos A - B, B - C, C - D, B - F.

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

Para el cálculo de las pérdidas reales con los accesorios en los trayectos de la tubería se va a estimar las longitudes equivalentes que cada uno de ellos va a ocasionar en el tramo y esta longitud añadirla a la longitud real del tramo para reemplazarla por el valor estimado en la ecuación (Ec. 2.2.).

De la referencia [17] se observan los valores de longitudes equivalentes por accesorio en la tabla 22:

Tabla 22: Valores de factor k y relación longitud equivalente/diámetro para accesorios de tuberías

ACCESORIO	Característica	Factor k	(Le/d)
Accesorio Roscado	45°	0,42	14
	90°	0,9	30
	180°	2	67
	Te	1,8	60
Codos soldados a 90° y curvas suaves	R/d=1	0,48	16
	R/d=1 1/3	0,36	12
	R/d=2	0,27	9
	R/d=4	0,21	7
	R/d=6	0,27	9
	R/d=8	0,36	12
Codos por número de juntas	1-45°	0,45	15
	1-60°	0,9	30
	1-90°	1,8	60
	2-90°	0,6	20
	3-90°	0,45	15
Tee soldada	Forjadas	1,35	40
	Por nº de partes	1,8	60
Válvulas (Roscadas, Bridadas, Soldadas)	Compuerta	0,21	7
	Globo	10	333
	Angular	50	167
	Check	2,5	83

Fuente: [17]

La longitud equivalente resultante se expresa en la siguiente ecuación:

$$L_E = \left(\frac{L_E}{D}\right) * D \quad (\text{Ec. 3.7})$$

Dónde:

L_E : Longitud Equivalente.

(L_E/d): Relación longitud equivalente por el diámetro.

D: diámetro del ducto.

Entonces tenemos la longitud equivalente para cada tramo por el número de accesorios que utiliza presentados en la tabla 23.

Tabla 23: K resultante para el tramo A - B, B - C, C - D, B - F

		A-B		B-C		C-D		B-F	
ACCESORIOS	(Le/d)	n	(Le/d)*n	n	(Le/d)*n	n	(Le/d)*n	n	(Le/d)*n
Válvula	7	1	7	0	0	0	0	0	0
Codo	12	2	24	0	0	2	24	2	24
Te	40	1	40	1	40	2	80	2	80
(Le/d) Total			71		40		104		104

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

Para calcular la longitud equivalente por accesorios en el tramo multiplicamos la longitud equivalente de los accesorios por el diámetro como lo indica la ecuación (Ec. 3.7.) resultado la tabla 24:

Tabla 24: Longitud equivalente por pérdidas para los tramos A - B, B - C, C - D, B - F

TRAMOS	A-B	B-C	C-D	B-F
(Le/d) TOTAL	71	40	104	104
Diámetro	0,01892	0,01021	0,01021	0,01892
Longitud equivalente (m)	8,04	4,89	5,25	6,82

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

Se procede a realizar un nuevo cálculo de las pérdidas con la ecuación (Ec. 2.2.) pero en la longitud de cálculo se realiza la sumatoria de la longitud de la tubería y la longitud equivalente por pérdidas de accesorios, resultado de esto se tiene un nuevo diámetro que está se tiene que comprobar con los diámetros comerciales, el ejemplo del tramo A-B se muestra a continuación y el cálculo de los demás tramos en la tabla 25.

$$D = \frac{\sqrt[4.82]{\frac{0.515 \times 1.833 \times 10.94 \times 10.736^{1.82}}{0.06895^2 - 0.06267^2}}}{1000}$$

$$D = 0.01735m$$

Siendo el diámetro comercial más aproximado de 0.01892m (3/4 in)

Tabla 25: Diámetros de las tuberías por pérdidas de accesorios

TRAMOS	A-B	B-C	C-D	B-F
Longitud Corregida(m)	10,94	7,68	12,21	29,72
Diámetro(m)	0,01735	0,01044	0,00946	0,01869
Diámetro comercial(m)	0,01892	0,01021	0,01021	0,01892

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

Finalmente, en la Tabla 26 se muestran la comparación de los diámetros seleccionados por los criterios de: pérdidas por accesorios, Renouard con un 20% de alargamiento de los tramos y la velocidad limitante en la tubería.

Tabla 26: Diámetros de los ductos en metros: A - B, B - C, C - D, B - F

TRAMOS	A-B	B-C	C-D	B-F
Diámetro corregido por pérdidas de accesorios	0.01892	0.01021	0.01021	0.01892
Diámetro preliminar calculado (Renouard)	0.01656	0.01021	0.01021	0.01892
Diámetro corregido por velocidades	0.01892	0.01021	0.01021	0.01892

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

Siendo mejor optar por los diámetros corregidos por el criterio de velocidad que son igual al diámetro corregido por las pérdidas ocasionadas por accesorios.

3.2.5. Verificación computacional

Para verificar lo anteriormente calculado de: demandas de flujo, caídas de presión, velocidades, se puede utilizar un software especializado en fluidos que además nos puede dar mejores criterios de diseño ya que con las ecuaciones simplificadas de Renouard no se toma en cuenta la altura con respecto al suelo de los tramos.

Para poder utilizar el programa hay que proporcionar datos con respecto al fluido a transportarse por las redes como la temperatura, densidad corregida del propano, presión, viscosidad; también con respecto al material de las tuberías, para este caso es cobre tipo K. Además, es necesario entrar con un diámetro y las pérdidas por accesorios.

Al igual que en los cálculos con fórmulas se realizaron 3 iteraciones con diferentes presiones a la salida del regulador de primera etapa. Teniendo en la figura 16 la verificación para una presión de 68.95 kPa (10 psi) a la salida del regulador de primera etapa, en la figura 17 la verificación para una presión de 51.71 kPa (7,5 psi) a la salida del regulador de primera etapa, y en la figura 18 la verificación para una presión de 34.47 kPa (5 psi) a la salida del regulador de primera etapa.

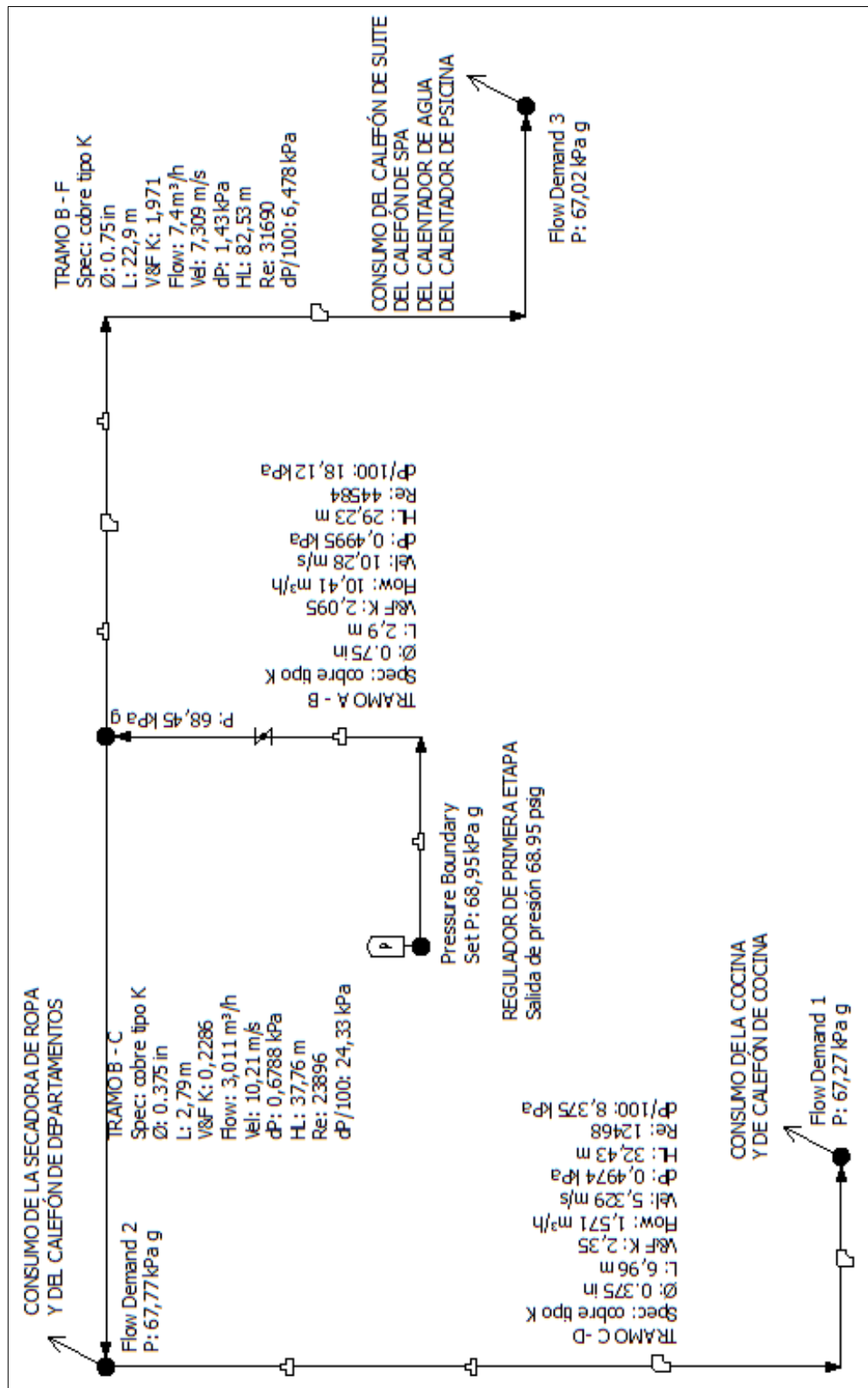


Figura 16: Verificación de cálculos en los tramos A - B, B - C, C - D, B - F. Para una presión a la salida del regulador de primera etapa de 68.95 kPa (10 psig).

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

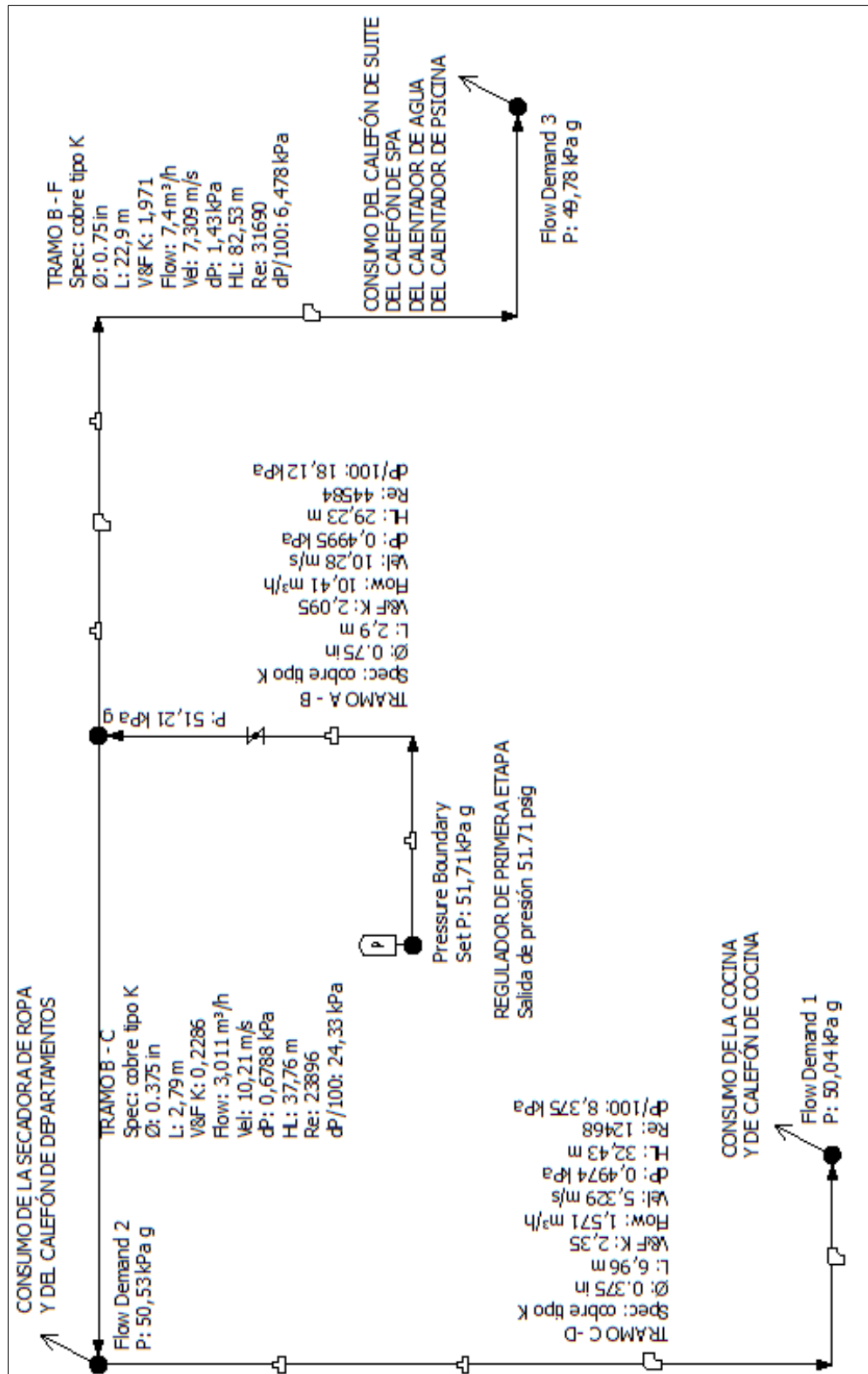


Figura 17: Verificación de cálculos en los tramos A - B, B - C, C - D, B - F. Para una presión a la salida del regulador de primera etapa de 51.71 kPa (7.5 psig).

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

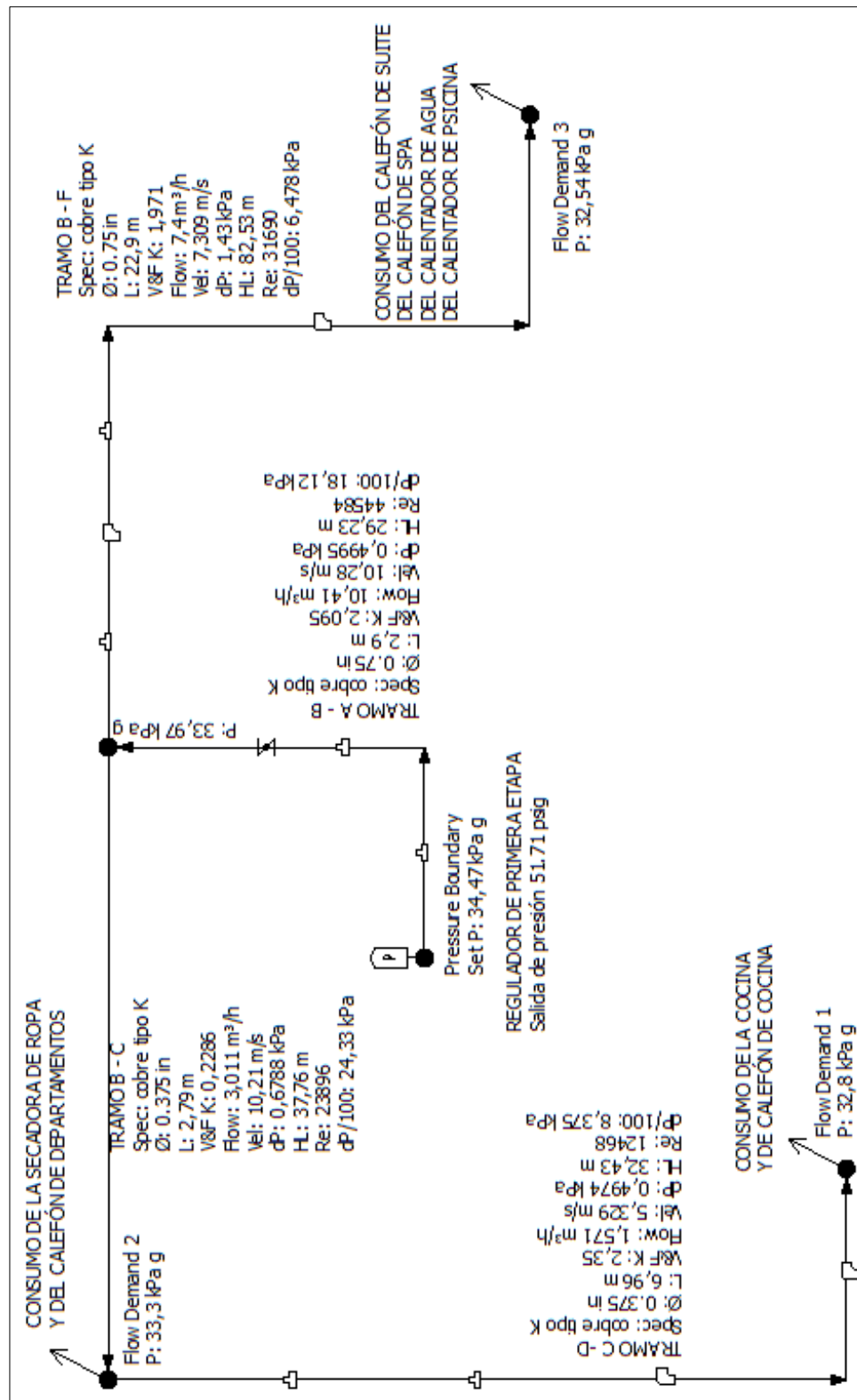


Figura 18: Verificación de cálculos en los tramos A - B, B - C, C - D, B - F. Para una presión a la salida del regulador de primera etapa de 5 psig.

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

Se realizó la comparación de datos de la presión final y la velocidad de los datos calculados y los datos obtenidos en la verificación computacional en la tabla 27:

Tabla 27: Diámetros de los ductos: A - B, B - C, C - D, B - F

TRAMOS	CRITERIOS	Presión final (kPa)	Velocidad final (m/s)
TRAMO A - B	Calculada	67,71	16.64
	Verificación computacional	63,98	10.28
TRAMO B - C	Calculada	64,74	18.25
	Verificación computacional	67,78	10.21
TRAMO C - D	Calculada	62,05	10.82
	Verificación computacional	67,29	5.33
TRAMO B - F	Calculada	62,33	12.03
	Verificación computacional	67,02	7.31

Fuente: Ortiz Caaspa Crsthian José

3.3. PRESUPUESTO

3.3.1. Costo de la instalación centralizada

Para estimar el costo de la instalación centralizada de GLP hay que organizar en una lista los componentes que se han de utilizar y consultar a los proveedores de tuberías de cobres y accesorios los valores comerciales para realizar una sumatoria del costo al que llegará la instalación.

En la Tabla 28 se detallan los componentes que se utilizarán en la instalación

Tabla 28: Presupuesto de la instalación

Accesorio	Tanque	Número de Accesorios									TOTAL
		A-B	B-C	C-D	D-E	B-F	F-G	F-H	Suma	Costo unitario	
Codo 3/4" SO SO		3					9		12	0,73	8,76

Codo 1/2" SOSO	2								2	0,32	0,64
Codo 3/8" SO SO			5	1	5			5	16	0,85	13,60
Manguera flexible 1/2"	3		2		3		3	1	12	3,32	39,84
Manómetro0-4 bar	1								1	5,84	5,84
Manómetro0-10bar	1								1	2,34	2,34
Medidor de consumo	1								1	58,00	58,00
Reducción 1/2"- 1/4"	2								2	1,73	3,46
Reducción 3/4"-3/8"		1						1	2	0,83	1,66
Reducción 3/4"-1/2" SOSO	1								1	0,83	0,83
Regulador de presión	1								1	35,00	35,00
Tanque 0,5 m ³	3								3	700	2100,00
Te 1/2" SO SO	2								2	0,59	1,18
Te 1/2" SO SO HI	2								2	3,63	7,26
TE 3/4" SO SO		1				2	4		7	1,5	10,50
TE 3/8" SO SO			2		3				5	1,6	8,00
Tubería 1/2"	2,5								2,5	5,59	13,98
Tubería 3/4"		2,9				1,6	49,76		54,26	6,28	340,75
Tubería 3/8"			11,59	6,96	10,63			30,9	60,08	5,59	335,85
Universal 1/2" SO HE	3		2			3	3	1	12	3,74	44,88
Universal 1/2" SO SO	2								2	1,65	3,30

Válvula antirretorno ½"	2								2	4,09	8,18
Válvula esférica ¼"	2								2	2,03	4,06
Válvula esférica ½"	4		2			3	3	1	13	4,52	58,76

Fuente: Ortiz Caaspa Cristhian José

Aproximadamente el costo de los materiales para la instalación sería aproximadamente de 3106,67 dólares

3.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La instalación contará con las siguientes consideraciones:

- ❖ Adecuación del área de 3 tanques estacionarios para almacenamiento de GLP, con capacidad de 454 Kg. aprox. (c/u), esto implica la rotulación tanto de los tanques estacionarios, así como la rotulación al ingreso de dicha área.
- ❖ Una línea troncal en tubería de cobre tipo “K” de diámetro 1/2”, la misma que estará soportada y pintada de color amarillo de acuerdo a la NTE INEN 2260: 2010.
- ❖ Una línea para las derivaciones a los equipos: secadora de ropa y calefón de apartamentos; en tubería de cobre tipo “K”, diámetro 3/4”, la misma que estará soportada y pintada de color amarillo de acuerdo a la NTE INEN 2260 año 2010. Cada equipo tendrá su respectiva válvula de corte.
- ❖ Una línea para las derivaciones a los equipos: cocina, calefón de cocina y horno; en tubería de cobre tipo “K”, diámetro 3/8”, la misma que estará soportada y pintada de color amarillo de acuerdo a la NTE INEN 2260 año 2010. Cada equipo tendrá su respectiva válvula de corte.

- ❖ Una línea para las derivaciones a los equipos: calentador de piscina, calefón de SPA y calentador de agua en tubería de cobre tipo “K”, diámetro 3/4”, la misma que estará soportada y pintada de color amarillo de acuerdo a la NTE INEN 2260 año 2010. Cada equipo tendrá su respectiva válvula de corte.
- ❖ Una línea para la derivaciones al calefón de la suite en tubería de cobre tipo “K”, diámetro 3/8”, la misma que estará soportada y pintada de color amarillo de acuerdo a la NTE INEN 2260 año 2010. Cada equipo tendrá su respectiva válvula de corte.
- ❖ Una línea de carga de GLP en tubería de Hierro Negro, sin costura, cédula 40, diámetro 1”, la misma que estará soportada y pintada de color blanco de acuerdo a la NTE INEN 2260 año 2010.
- ❖ Una línea de enfriamiento para los tanques de GLP en tubería de hierro galvanizado de diámetro 1/2”, con la ubicación de 1 sprinkler sobre cada tanque, con válvula de corte, la misma que estará soportada y pintada de color rojo de acuerdo a la NTE INEN 2260 año 2010. Se solicita una acometida de agua hasta el área de los tanques.
- ❖ Una instalación de una descarga a tierra para tanque granelero con alambre 7 hilos # 6 con varilla cooperweld, abrazadera de cobre y talón eléctrico. Se incluye pinza dentro de un gabinete metálico con cerradura
- ❖ Una instalación de una descarga a tierra individual para cada tanque con alambre 7 hilos # 6 con varilla cooperweld, abrazadera de cobre y talón eléctrico.
- ❖ Una estación de regulación de presión (1° etapa de regulación) localizada inmediatamente después de los tanques de GLP en el cual se ubicará 1 regulador de primera etapa, manómetro, conexiones flexibles para alta presión con acoples prensados y válvulas de cierre rápido.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

La instalación centralizada de GLP para la Hostería SPA Miramelindo, está diseñada para soportar las condiciones actuales de operación y se reducen los gastos operativos cuando se consume el GLP como fuente de energía ya que el costo de GLP al granel es menor aproximadamente 11.5 USD por cada 15 kg, mientras que el GLP en cilindros de 15 kg cuesta aproximadamente 19.1 USD, varían los valores debido a los cambios internacionales del precio del petróleo.

Las presiones de diseño que se utilizarán están calculadas para un rango de presión que va desde 5 psi hasta 10 psi que es lo que comúnmente se puede encontrar los reguladores de primera etapa.

La presión es mal vista a veces por los que desconocen la función que realiza y se instala manómetros a las entradas de los equipos esperando que se obtengan lecturas de entre 80 a 100 psig, cuando en realidad es el flujo de vaporización lo que alimenta a él o los equipos que estén conectados, para el caso de la hostería en las condiciones actuales la presión que está instalada en los equipos es de las anterior mencionadas 80 a 100 psi ya que están conectados directamente y al flujo que el cilindro de 15 kg abastezca por lo que cuando se encuentran en total funcionamiento todos los equipos, el fenómeno de congelamiento de los tanques se hace presente, se espera que con los criterios tomados en el diseño del tanque de GLP la vaporización satisfaga las demandas.

Los diámetros obtenidos a través de las ecuaciones de Renouard satisfacen hasta determinadas condiciones ya que cuando se comprueba la velocidad que circulará por los ductos estos tuvieron que ser nuevamente estimados a un inmediato superior.

Se prevé que la instalación puede soportar futuras ampliaciones ya que existe un amplio rango de diseño para los tramos, pero en cuanto a los tanques de 0.45 m^3 habría que analizar más minuciosamente el índice de simultaneidad para saber si con los 3 tanques es suficiente para las ampliaciones o si se tiene que aumentar otro tanque.

4.2. RECOMENDACIONES

Realizar un mantenimiento periódico de inspección en las líneas de conducción con el fin de evitar posibles fugas que podrían afectar a la vida útil del proyecto o aumentar el consumo de GLP.

Realizar una investigación donde se obtenga los valores característicos de la mezcla propano - butano ya que solamente se encuentran las propiedades de las dos sustancias en estado líquido como en vapor por separados, y no existe relaciones químicas que demuestren que al mezclar las proporciones porcentuales o molares de propano y butano sean las reales, por ello se trabajó durante todo el proyecto como si fuera solamente propano.

Se vuelve necesario recordar que las condiciones de diseño para las que se calculó culminaron satisfactoriamente, aunque si se piensa en una expansión de la hostería a futuro será necesario volver a calcular si el caudal de vapor será el necesario, además de volver a analizar el escenario ambiental que es muy variable en el sector.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Subsecretaria de presupuesto, “Programación Presupuestaria Cuatrianual,” Ministerio de Finanzas, Quito. 2016 – 2019, 2015.
- [2] H. Albán, *Comercialización del gas licuado de petróleo*. ARCH. Quito, 2016.
- [3] *Manipulación del gas licuado de petróleo*, Abelló Linde, S.A, Barcelona, 2012.
- [4] A. Vargas, A. Barriga, “Adaptación tecnológica de una máquina recuperadora de glp residual en tanques domésticos aplicación del modelo de dispersion”, *ESPOL: Guayaquil* , pp 2, feb 2009.
- [5] *Liquefied Petroleum Gas Code*, NFPA 58, 1998.
- [6] *Instalaciones de Gases Combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos*, NTE INEN 2 260:2010, 2010.
- [7] A. Romero, A. Paloma, *Diseño y cálculo de instalaciones de gases combustibles. Redes*. Madrid:PEARSON EDUCACIÓN S.A.,2007
- [8] *Manual de instalaciones de GLP*, 2ª ed. CEPSA ELF GAS, S.A., Madrid, 2001.
- [9] R. L. Mott, *Mecánica de Fluidos.*, México.: PEARSON EDUCATION, 2006.
- [10] V. Salazar, G. Martinez, J. Abad, “Modelo para la determinación del tamaño óptimo de un tanque estacionario de almacenamiento de GLP aplicado al negocio de comercialización al granel”, *ESPOL: Guayaquil* , 2011.

- [11] *Instalaciones de gas en baja presión*, PRO COBRE, Santiago de Chile, 2001.
- [12] C. Lomas, “Diseño e Implementación de sistemas centralizados de gas licuado de petróleo (GLP) en edificaciones de uso residencial, comercial o industrial”, *EPN*: Quito, 2012.
- [13] F. Incropera, *Fundamentos de transferencia de calor*, México.: PRENTICE HALL, 1999.
- [14] *Catálogo L-102SV*, REGO, Estados Unidos, 2016.
- [15] Y. Cengel, M. Boles, *Termodinámica*, 7^{ma} ed. México: McGRAW-HILL, 2012.
- [16] O. Ibarra, “La Focalización del subsidio a los combustibles y su incidencia en las finanzas públicas”, Universidad de Guayaquil: Guayaquil, 2015.
- [17] *Liquefied Petroleum Gas Code*, NFPA 54, 2006.
- [18] CCA. “Lista de Materiales Febrero/2018”. *Modus Vivendi*, vol. 50, pp 30-53, Feb. 2018.

ANEXOS

ANEXO A: TABLA DE LIMITACIÓN DE INSTALACIONES

TABLA 3. Limitaciones en la instalación de tuberías

TIPO DE TUBERIA LUGAR DE INSTALACION	POLIETILENO	POLIETILENO-ALUMINIO-POLIETILENO	COBRE	ACERO	ACERO INOXIDABLE RIGIDO	ACERO INOXIDABLE CORRUGADO
AL INTERIOR DE LA EDIFICACION	PROHIBIDO	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 8 y 14)	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 8)	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 8)	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 8)	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 8)
VISTA (ver requisitos adicionales nota 10)	PROHIBIDO (ver excepción en nota 1)	PROHIBIDO (ver excepción en nota 1 y 14)	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO
EMBEBIDA EN PAREDES (ver nota 5)	PROHIBIDO (ver excepción en nota 1)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 13)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 13)	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 13)
EMBEBIDA EN PISOS (CONTRAPISO, MASILLADO) AL INTERIOR DE LA EDIFICACION (ver nota 5)	PROHIBIDO	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 13)	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO
EMPOTRADA DIRECTAMENTE EN LOSAS, FUNDICIONES AL INTERIOR O EXTERIOR DE LA EDIFICACION	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
ENTERRADA AL EXTERIOR DE LA EDIFICACION (ver nota 6)	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 2)	ACEPTADO	ACEPTADO
ENTERRADA POR DEBAJO DE LOS CIMIENTOS DE LA EDIFICACION	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
POR TECHOS FALSOS	PROHIBIDO	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 4, y 15)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 4)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 4)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 4)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 4)
POR PRIMER SUBSUELO BAJO EL NIVEL DEL TERRENO (SOTANOS, PARQUEADEROS Y OTROS USOS)	PROHIBIDO	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 3)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 7)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 7)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 7)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 7)
POR EL SEGUNDO O SUBSIGUIENTES SUBSUELOS BAJO EL NIVEL DEL TERRENO (SOTANOS, PARQUEADEROS Y OTROS USOS)	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO

(Continuación tabla 3)

TIPO DE TUBERIA LUGAR DE INSTALACION	POLIETILENO	POLIETILENO-ALUMINIO-POLIETILENO	COBRE	ACERO	ACERO INOXIDABLE RIGIDO	ACERO INOXIDABLE CORRUGADO
EN DOMITORIOS Y BAÑOS (ver aclaración en nota 8)	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
EN ZONAS COMUNALES DENTRO DE EDIFICIOS (ver requisitos adicionales nota 9)	PROHIBIDO	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 13, a)	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO
HUECOS DE ASCENSORES O MONTACARGAS	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
LOCALES QUE CONTENGAN TRANSFORMADORES ELECTRICOS DE POTENCIA	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
LOCALES QUE CONTENGAN RECIPIENTES DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS (ver aclaración en nota 11)	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
DUCTOS DE EVACUACIÓN DE BASURAS Ó PRODUCTOS RESIDUALES	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
CHIMENEAS O DUCTOS DE EVACUACIÓN DE PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
DUCTOS O BOCAS DE AIREACIÓN O VENTILACIÓN, (ver excepción en nota 12)	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO

ANEXO B: Factores de conversión

K Factores de conversión

Nota: En general, aquí se dan los factores de conversión con tres o cuatro cifras significativas. En la referencia 1 del capítulo 1, IEEE/ASTM Standard SI 10-2002, se dispone de valores más precisos.

Masa Unidad estándar del SI: kilogramo (kg). Unidad equivalente: N·s ² /m.					
14.59 kg	32.174 lb _m	2.205 lb _m	453.6 gramos	2000 lb _m	1000 kg
slug	slug	kg	lb _m	ton _m	tonelada métrica _m
Fuerza Unidad estándar del SI: newton (N). Unidad equivalente: kg·m/s ² .					
4.448 N	10 ⁵ dinas	4.448 × 10 ⁵ dinas	224.8 lb _f		
lb _f	N	lb _f	kN		
Longitud					
3.281 pies	39.37 pulg	12 pulg	1.609 km	5280 pies	6076 pies
m	m	pies	mi	mi	milla náutica
Área					
144 pulg ²	10.76 pies ²	645.2 mm ²	10 ⁶ mm ²	43,560 pies ²	10 ⁴ m ²
pies ²	m ²	pulg ²	m ²	acre	hectárea
Volumen					
1728 pulg ³	231 pulg ³	7.48 gal	264.2 gal	3.785 L	35.31 pies ³
pies ³	gal	pies ³	m ³	gal	m ³
28.32 L	1000 L	61.02 pulg ³	1000 cm ³	1.201 U.S. gal	
pies ³	m ³	L	L	galón imperial	
Flujo volumétrico					
449 gal/min	35.31 pies ³ /s	15 850 gal/min	3.785 L/min		
pies ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	gal/min		
60 000 L/min	2119 pies ³ /min	16.67 L/min	101.9 m ³ /h		
m ³ /s	m ³ /s	m ³ /h	pies ³ /s		
Densidad (masa/unidad de volumen)					
515.4 kg/m ³	1000 kg/m ³	32.17 lb _m /pies ³		16.018 kg/m ³	
slug/pies ³	gramos/cm ³	slug/pies ³		lb _m /pies ³	
Peso específico (peso/unidad de volumen)					
157.1 N/m ³	1728 lb/pies ³				
lb _f /pies ³	lb/pulg ³				

Presión	Unidad estándar del SI: pascal (Pa). Unidades equivalentes: N/m ² o kg/m·s ² .				
144 lb/pies ²	47.88 Pa	6895 Pa	1 Pa	100 kPa	14.50 lb/pulg ²
lb/pulg ²	lb/pies ²	lb/pulg ²	N/m ²	bar	bar
27.68 pulgH ₂ O	249.1 Pa	2.036 pulgHg	3386 Pa	133.3 Pa	51.71 mmHg
lb/pulg ²	pulgH ₂ O	lb/pulg ²	pulgHg	mmHg	lb/pulg ²
14.696 lb/pulg ²	101.325 kPa	29.92 pulgHg	760.1 mmHg		
atm. estándar	atm. estándar	atm. estándar	atm. estándar		

Nota: Los factores de conversión basados en la altura de una columna de líquido (por ejemplo en pulg H₂O y mm Hg), y que su vez se basan en un campo gravitacional estándar ($g = 9.80665 \text{ m/s}^2$), una densidad del agua igual a 1000 kg/m^3 y una densidad del mercurio de 13595.1 kg/m^3 , a veces reciben el nombre de valores convencionales para una temperatura de 0 °C o cercana a este valor. Las mediciones reales con tales fluidos pueden variar, debido a las diferencias en la gravedad local y la temperatura.

Energía	Unidad estándar del SI: joule (J). Unidad equivalente: N·m o kg·m ² /s ² .				
1.356 J	1.0 J	8.85 lb-pulg	1.055 kJ	3.600 kJ	778.17 pie-lb
lb-pies	N·m	J	Btu	W·h	Btu

Potencia	Unidad estándar del SI: (W) Unidad equivalente: J/s o N·m/s.				
745.7 W	1.0 W	550 lb-pies/s	1.356 W	3.412 Btu/h	1.341 hp
hp	N·m s	hp	lb-pies/s	W	kW

Viscosidad dinámica	Unidad estándar del SI: Pa·s o N·s/m ² (cP = centipoise)				
47.88 Pa·s	10 poise	1000 cP	100 cP	1 cP	
lb-s pies ²	Pa·s	Pa·s	poise	1 mPa·s	

Viscosidad cinemática	Unidad estándar del SI: m ² /s (cSt = centistoke)				
10.764 pies ² /s	10 ⁴ stoke	10 ⁶ cSt	100 cSt	1 cSt	10 ⁶ mm ² /s
m ² /s	m ² /s	m ² /s	stoke	1 mm ² /s	m ² /s

Consulte la sección 2.7.5 para la conversión a segundos Saybolt Universal.

ANEXO C: DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD

TABLA 8. Distancias mínimas de seguridad

(Distancias en m)

Clasificación	INSTALACIONES SOBRE NIVEL DEL TERRENO														INSTALACIONES ENTERRADAS				
	A-A		A-0		A-1		A-2		A-3		A-4		A-5		E-E	E-0	E-1	E-2	E-3
Volúmen V m ³	0,11<V ≤ 1		1 <V ≤ 5		5 <V ≤ 10		10 <V ≤ 20		20 <V ≤ 100		100<V ≤ 500		500<V ≤ 2000		0,11<V ≤ 1	1<V ≤ 5	5<V ≤ 10	10<V ≤ 100	100<V ≤ 700
Distancias (S o S1)	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1					
Referencia 1	-	-	-	0,6	-	0,6	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	2,0	-	0,8	0,8	0,8	0,8
Referencia 2	-	-	-	1,3	-	1,3	-	1,3	-	2,0	-	5,0	-	15,0	-	1,5	2,5	5,0	7,5
Referencia 3	-	-	-	0,6	-	0,6	-	1,0	-	5,0	-	5,0	-	10,0	-	0,8	1,0	2,5	5,0
Referencia 4	3,0	-	3,0	2,0	5,0	3,0	7,5	5,0	10,0	7,5	15,0	10,0	30,0	20,0	3,0	3,0	4,0	5,0	10,0
Referencia 5	6,0	-	6,0	-	10,0	-	15,0	-	20,0	-	30,0	-	60,0	-	6,0	6,0	8,0	10,0	20,0
Referencia 6	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

S: Distancia desde válvula de alivio de presión del tanque.
S1: Distancia desde las paredes del tanque (s).

Referencia 1.- Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito.

Referencia 2.- Distancia al cerramiento de la estación.

Referencia 3.- Distancia a muros o paredes ciegas (RF-120).

Referencia 4.- Distancias al lindero de la propiedad, aberturas de inmuebles, focos fijos de inflamación, motores de explosión, vías públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas aéreas de alta tensión, equipos eléctricos no protegidos, sótanos, alcantarillas y desagües.

Referencia 5.- Distancias a aberturas de edificios para uso docente, sanitario, hospedaje, culto, esparcimiento o espectáculo, acuartelamientos, centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos. Estaciones de Servicios (Bocas de almacenamiento y puntos de distribución).

Referencia 6.- Distancia de la boca de carga al tanque cisterna.




Activar V
02 x 1 mm

ANEXO D: DIMENSIONES DE TUBOS DE COBRE TIPO K

H Dimensiones de tubos de cobre tipo K

Tamaño nominal (pulg)	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior		Flujo de área	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pies)	(pies ²)	(m ²)
1/8	0.250	6.35	0.035	0.889	0.180	0.0150	1.767 × 10 ⁻⁴	1.642 × 10 ⁻⁵
1/4	0.375	9.53	0.049	1.245	0.277	0.0231	4.185 × 10 ⁻⁴	3.888 × 10 ⁻⁵
3/8	0.500	12.70	0.049	1.245	0.402	0.0335	8.814 × 10 ⁻⁴	8.189 × 10 ⁻⁵
1/2	0.625	15.88	0.049	1.245	0.527	0.0439	1.515 × 10 ⁻³	1.407 × 10 ⁻⁴
5/8	0.750	19.05	0.049	1.245	0.652	0.0543	2.319 × 10 ⁻³	2.154 × 10 ⁻⁴
3/4	0.875	22.23	0.065	1.651	0.745	0.0621	3.027 × 10 ⁻³	2.812 × 10 ⁻⁴
1	1.125	28.58	0.065	1.651	0.995	0.0829	5.400 × 10 ⁻³	5.017 × 10 ⁻⁴
1 1/4	1.375	34.93	0.065	1.651	1.245	0.1037	8.454 × 10 ⁻³	7.854 × 10 ⁻⁴
1 1/2	1.625	41.28	0.072	1.829	1.481	0.1234	1.196 × 10 ⁻²	1.111 × 10 ⁻³
2	2.125	53.98	0.083	2.108	1.959	0.1632	2.093 × 10 ⁻²	1.945 × 10 ⁻³
2 1/2	2.625	66.68	0.095	2.413	2.435	0.2029	3.234 × 10 ⁻²	3.004 × 10 ⁻³
3	3.125	79.38	0.109	2.769	2.907	0.2423	4.609 × 10 ⁻²	4.282 × 10 ⁻³
3 1/2	3.625	92.08	0.120	3.048	3.385	0.2821	6.249 × 10 ⁻²	5.806 × 10 ⁻³
4	4.125	104.8	0.134	3.404	3.857	0.3214	8.114 × 10 ⁻²	7.538 × 10 ⁻³
5	5.125	130.2	0.160	4.064	4.805	0.4004	1.259 × 10 ⁻¹	1.170 × 10 ⁻²
6	6.125	155.6	0.192	4.877	5.741	0.4784	1.798 × 10 ⁻¹	1.670 × 10 ⁻²
8	8.125	206.4	0.271	6.883	7.583	0.6319	3.136 × 10 ⁻¹	2.914 × 10 ⁻²
10	10.125	257.2	0.338	8.585	9.449	0.7874	4.870 × 10 ⁻¹	4.524 × 10 ⁻²
12	12.125	308.0	0.405	10.287	11.315	0.9429	6.983 × 10 ⁻¹	6.487 × 10 ⁻²

ANEXO D: PLACA DE DATOS DE ARTEFACTOS

<p>Placa de datos de calefón de 26 litros de agua</p>	 <p>Commodity: WATER HEATER Marca / Modelo: Instamatic / GO-179 Tipo: INSTANT / LPG Potencia kw: 23.18 kw Gasto nominal en kw: 22.4 kw Presión de agua min.: 7 l/min Presión de agua max: 26.3 l/min Size: 683*375*205(mm), N.W.: 15kg Serie: OVHT-PI# 09036 Fabricante: HONG YANN INDUSTRIAL CO., LTD.</p>
<p>Placa de datos de calentador de agua</p>	 <p>S SEMIO SISTEMAS INDUSTRIALES MAQUINA: [] CALOR MODELO: [] PYS 211 SERIE: [] 267119 PRESION TRABAJO: [] 26 PSI MAX PRESION GAS: [] 12 PSI MAX VOLTAJE: [] 120V 60Hz</p>
<p>Especificaciones de un tanque de 0.454 m³ de GLP</p>	 <p>CERTIFIED BY TRINITY INDUSTRIES MEXICO S. DE RL. DE C.V. DISEÑADO Y CONSTRUIDO SEGUN CODIGO ASME SECCION VIII DIV. 1, ULTIMA EDICION Y ADDENDA MAWP: 250 PSIG [1.72 Mpa] @ 125°F [51.7°C] TEMA: -20°F [-28.9°C] @ 250 PSIG [1.72 Mpa] YEAR BUILT: [] SEMIESF: 0.454m³ 0.76m 1.40m CABELLA: 4.44mm 3.99mm 128 Kg 1.40m SA-414G SA-414G 325 PSI 2.24m AG: 3.25m³ 80% 282 mm</p>

Placa del calentador de piscina



ANEXO E: ENSAYO DE RESISTENCIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS
CENTRO DE TRANSFERENCIA Y DESARROLLO DE TECNOLOGÍA



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DE LA DUREZA AL CHOQUE

<p>TEMA DE TESIS Diseño de una instalación centralizada de gas licuado de petróleo para abastecimiento de la Hostería- "SPA - MIRAMELINDO" en la ciudad de Baños de Agua Santa</p> <p>LUGAR DE LA OBRA: Baños - Río Verde</p> <p>SOLICITADO POR: Egdo. Christian Ortiz</p> <p>N° DE MUESTRAS: 2</p> <p>FECHA DE EMISIÓN: 23/10/2017</p> <p>FECHA DEL ENSAYO: 22/11/2017</p> <p>CASO / EQUIPO: MODELO "N" ESCLERÓMETRO. SCHMIDT</p>	
---	--

PUNTO	CARACTERÍSTICA	INCLINACIÓN		NÚMERO DE LA DUREZA PROMEDIO (Q)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	ESPECIFICACIÓN (Kg/cm ²)
		ESCLERÓMETRO	ESCLERÓMETRO			
1	Losa de Hostería	180°		47.60	225	210
2	Losa de Hostería	180°		51.60	270	210

OBSERVACIONES
 El ensayo esclerométrico para la determinación de resistencia del hormigón pueden conducir a errores muy importantes si no se relacionan estos ensayos de dureza con la resistencia de probetas-testigo obtenidas in situ.



Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

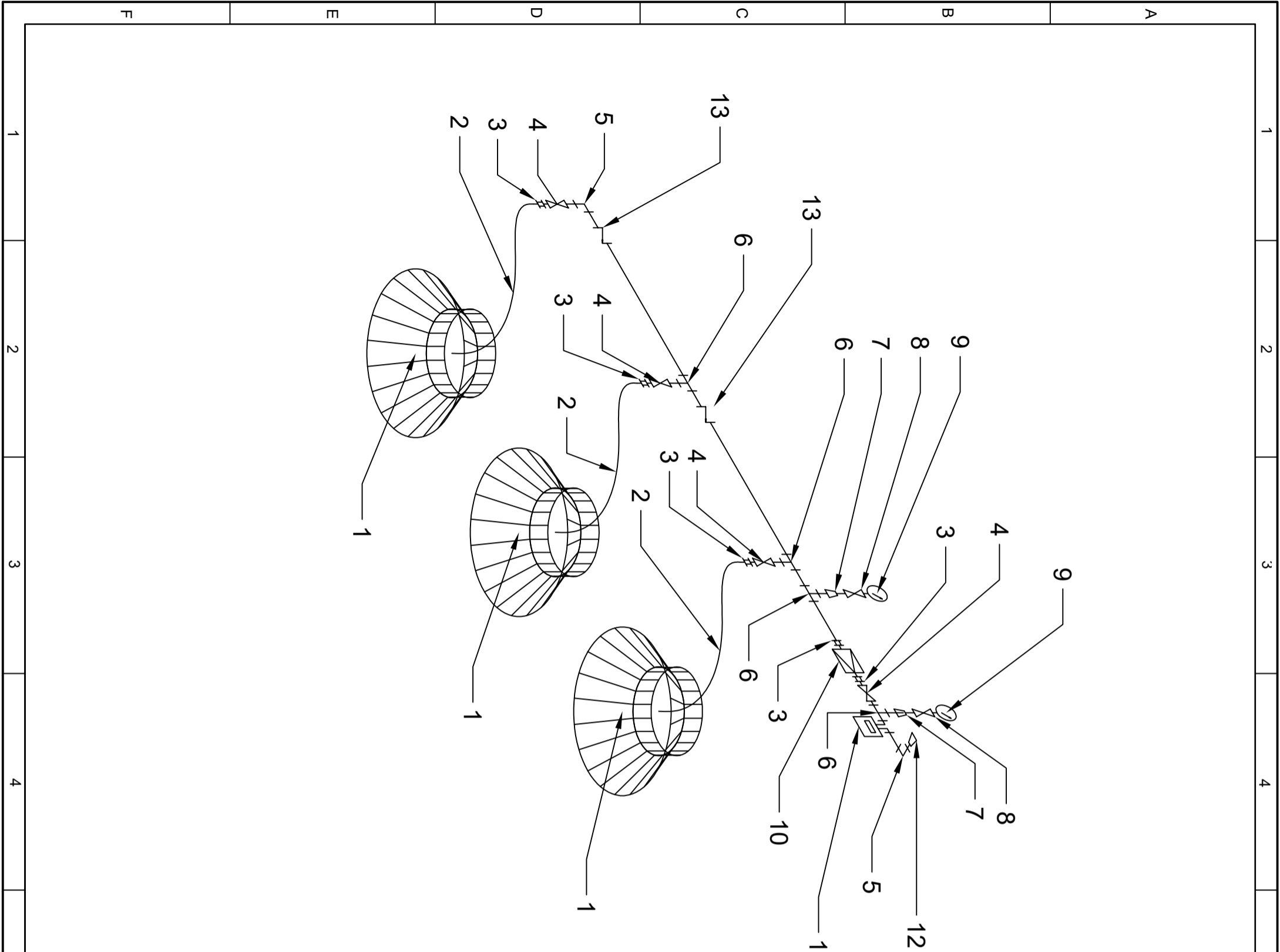




Egdo. Diana Pérez
AUXILIAR DEL LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



PLANOS













SIMBOLOGIA	
Te	
Codo	
Cambio de sección	
Tubería Flexible	
Acople	
Válvula	
Manómetro	
Regulador de presión	
Medidor de consumo	
Válvula antirretorno	

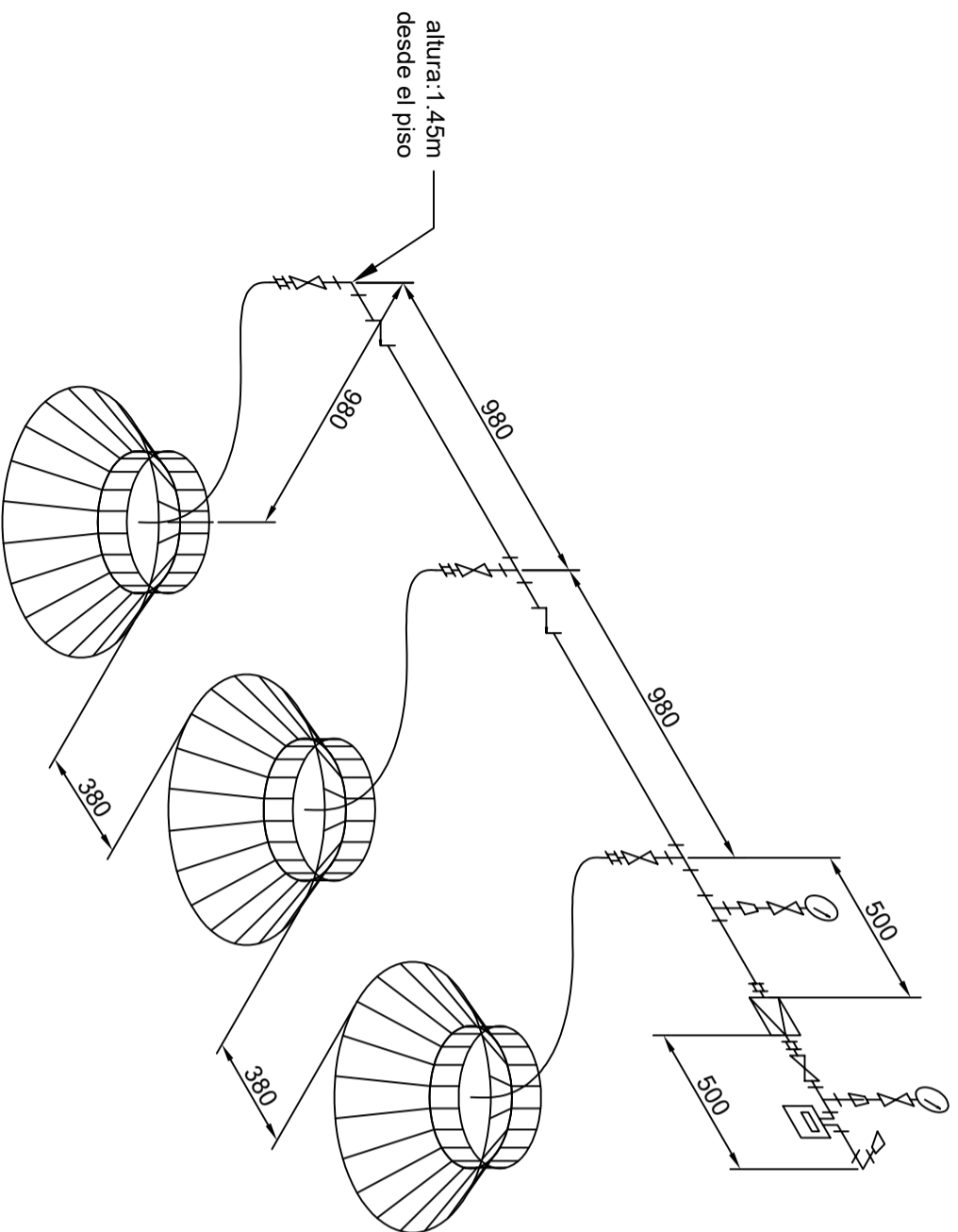
1	Válvula antirretorno de 1/2 in	UNE 60719	Cobre	13			Esquemático
1	Difusor de 1/2 a 3/4 in	UNE 60719	Cobre	12			Esquemático
1	Contador de GLP	NFPA 58	Varios	11			METREX G4
1	Regulador de presión 1ra Etapa	NFPA 58	Varios	10			REGO L4403TR, 0 - 30 psi
2	Manómetro de 1/4 in	UNE 837-1	Varios	9			Esquemático
2	Válvula de corte 1/4 in	UNE 60708	Hierro	8			Esquemático
2	Reductor de 1/2 a 1/4 in	UNE 60719	Cobre	7			Esquemático
4	Te de 1/2 in	UNE 60719	Cobre	6			Esquemático
2	Codo de 1/2 in	UNE 60719	Cobre	5			Esquemático
4	Válvula de corte de 1/2 in	UNE 60708	Hierro	4			Esquemático
5	Adaptador 1/2 in	UNE 60719	Cobre	3			Esquemático
3	Manguera flexible 1/2 in	UNE 1057	Cobre	2		Tipo K	Esquemático
3	Tanques de 0,5 m ³	INEN 2261	Acero	1			Capacid. 0,45m ³
No de pieza	Denominación	No de Norma/Dibujo	Material	No de Orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg	Observaciones

Tolerancia: (Peso)		± 0.5	190 kg
Fecha	Nombre	Materiales: VARIOS	

Dib.	29/07/17	Ortiz José	Denominación:	PLANOS DE INSTALACIÓN DE TANQUES	Escala:	1:20
Dib.	14/08/17	Ing. Cabrera				
Dib.	14/08/17	Ing. Cabrera				

Edi-Modificación	Fecha	Nombre	U.T.A Ingeniería Mecánica	Número de dibujo: HOJA 01 (Sustitución)	


SIMBOLOGIA	
Te	
Codo	
Cambio de sección	
Tubería Flexible	
Acople	
Válvula	
Manómetro	
Regulador de presión	
Medidor de consumo	
Válvula antirretorno	

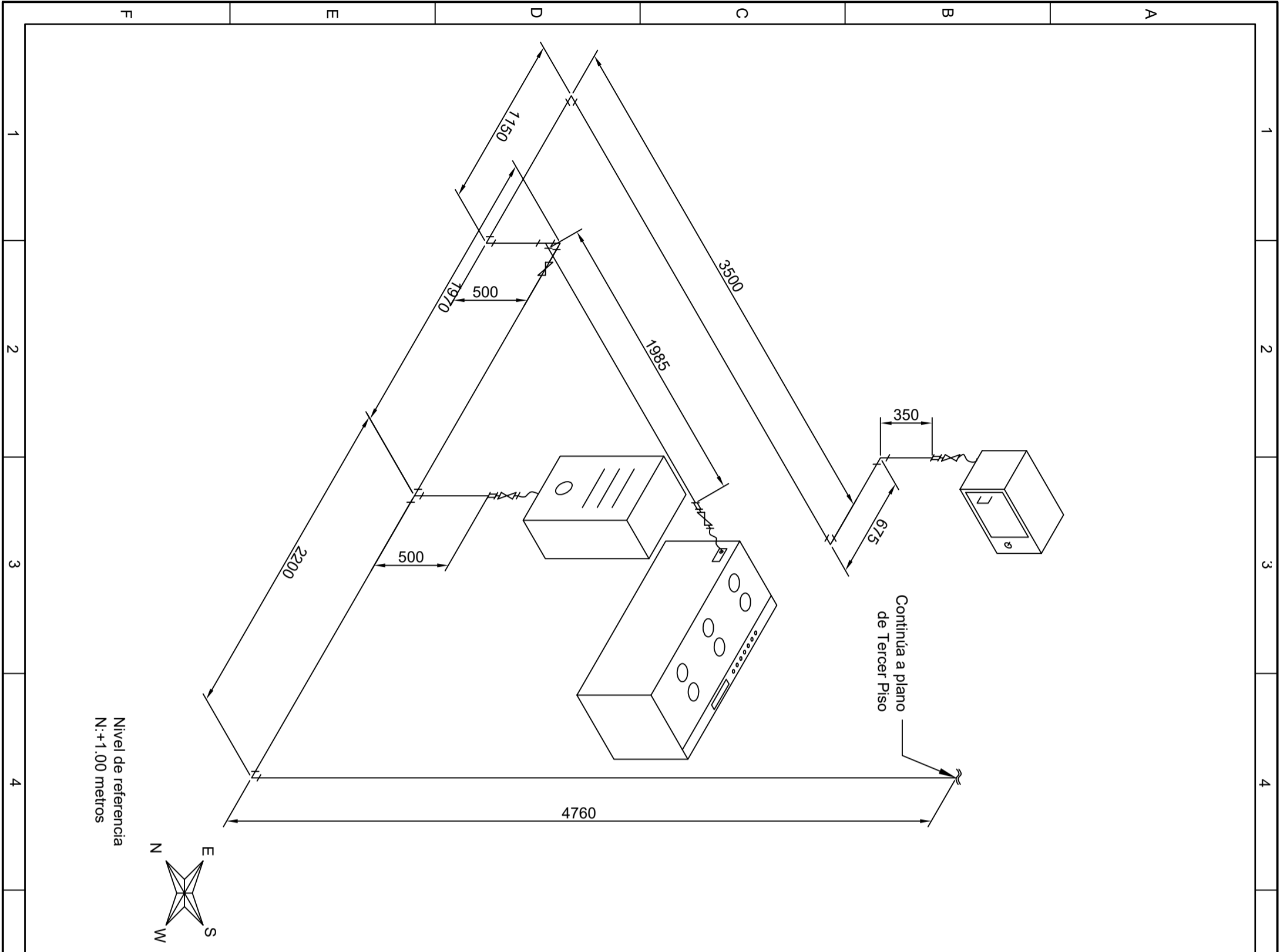


No de pieza	Denominación	No de Orden	Material	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg	Observaciones
1	Válvula antirretorno de 1/2 in	13	Cobre			Esquemático
1	Difusor de 1/2 a 3/4 in	12	Cobre			Esquemático
1	Contador de GLP	11	Varios			METREX G4
1	Regulador de presión 1ra Etapa	10	Varios			REGO L4403TR, 0 - 30 psi
2	Manómetro de 1/4 in	9	Varios			
2	Válvula de corte 1/4 in	8	Hierro			Esquemático
2	Reductor de 1/2 a 1/4 in	7	Cobre			Esquemático
4	Te de 1/2 in	6	Cobre			Esquemático
2	Codo de 1/2 in	5	Cobre			Esquemático
4	Válvula de corte de 1/2 in	4	Hierro			Esquemático
5	Adaptador 1/2 in	3	Cobre			Esquemático
3	Manguera flexible 1/2 in	2	Cobre	Tipo K		Esquemático
3	Tanques de 0,5 m ³	1	Acero			Capacid. 0,45m ³

Tolerancia: (Peso)	± 0.5	190 kg
--------------------	-------	--------

Materiales: VARIOS	
Denominación:	DISTANCIAS DE INSTALACIÓN DE TANQUES
Escala:	1:20

Edi-Modificación	Fecha	Nombre	U.T.A Ingeniería Mecánica	Número de dibujo: HOJA 02 (Sustitución)	



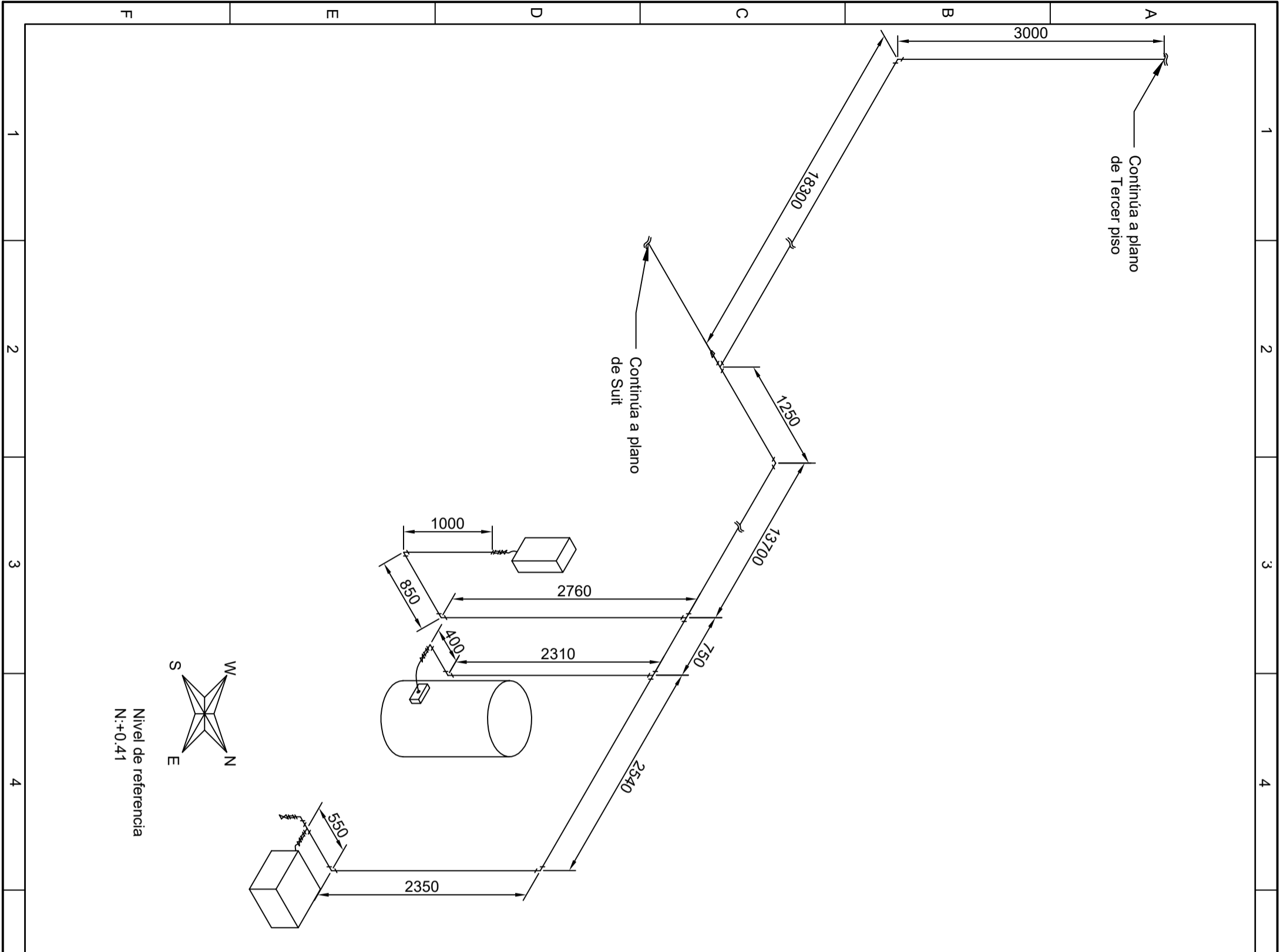
SIMBOLOGIA	
Te	
Codo	
Cambio de sección	
Tubería Flexible	
Acople	
Válvula	
Manómetro	
Regulador de presión	
Medidor de consumo	
Válvula antirretorno	

No de pieza	Denominación	No de Norma/Dibujo	Material	No de Orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg	Observaciones
3	Válvula de corte de 1/2 in	UNE 60708	Cobre	6			
3	Adaptador de 1/2 in	UNE 1057	Cobre	5			Roscado
3	Manguera flexible de 1/2 in	UNE 1057	Cobre	4	Tipo K		Soso
2	Te de 3/8 in	UNE 60719	Cobre	3			Soso
6	Codo de 3/8 in	UNE 60719	Cobre	2			Soso
1	Tubería rígida de cobre de 3/8 in	UNE 1057	Cobre	1	Tipo K		Ver medidas

Tolerancia: (Peso)		190 kg	
± 0.5			
Fecha	Nombre		
Dib. 29/07/17	Ortiz José		
Dib. 14/08/17	Ing. Cabrera		
Dib. 14/08/17	Ing. Cabrera		

Materiales:		VARIOS	
Denominación:		PLANOS DEL BLOQUE A	
Número de dibujo:		HOJA 04	
(Sustitución)			

U.T.A		Ingeniería Mecánica	
Escala:		1:30	



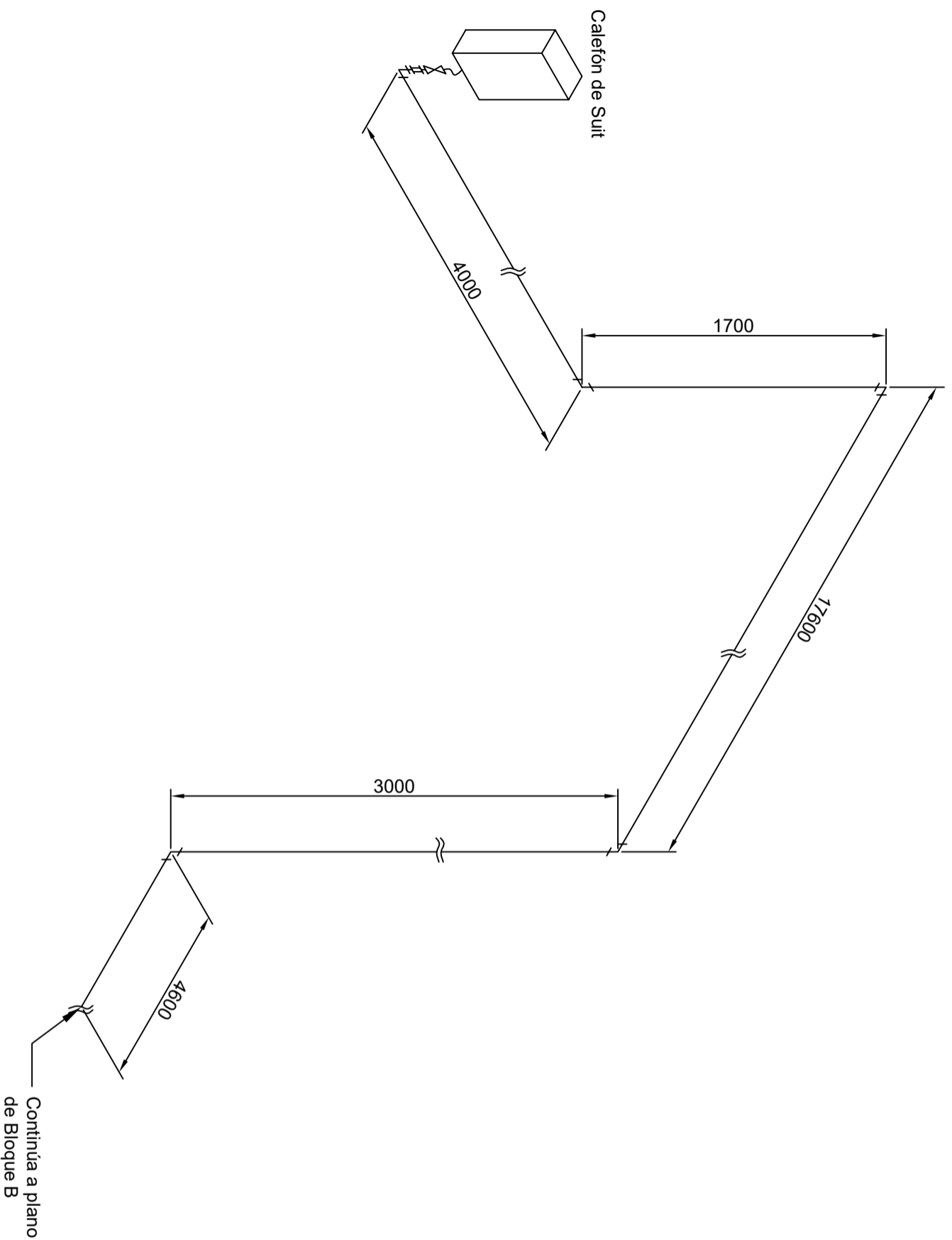
SIMBOLOGIA	
Te	
Codo	
Cambio de sección	
Tubería Flexible	
Acople	
Válvula	
Manómetro	
Regulador de presión	
Medidor de consumo	

No de pieza	Denominación	No de Norma/Dibujo	Material	No de Orden	No. del Tipo K	Peso del semiproducto Kg	Observaciones
1	Reductor de 3/4 a 3/8 in	UNE 60708	Cobre	7			
3	Válvula de corte de 1/2 in	UNE 60708	Cobre	6			
3	Adaptador de 1/2 in	UNE 1057	Cobre	5			Roscado
3	Manguera flexible de 1/2 in	UNE 1057	Cobre	4	Tipo K		Soso
4	Te de 3/4 in	UNE 60719	Cobre	3			Soso
9	Codo de 3/4 in	UNE 60719	Cobre	2			Soso
1	Tubería rígida de cobre de 3/4 in	UNE 1057	Cobre	1	Tipo K		Ver medidas

Tolerancia: (Peso)		± 0.5		190 kg	
Denominación:		Materiales: VARIOS			
Fecha		Dib. 29/07/17 Ortíz José			
Nombre		Dib. 14/08/17 Ing. Cabrera			
Dib.		Dib. 14/08/17 Ing. Cabrera			

U.T.A		Ingeniería Mecánica	
Número de dibujo:		HOJA 05	
(Sustitución)			

Escala:		1:50	
---------	--	------	--



Nivel de referencia
N:+2.76

SIMBOLOGIA	
Te	
Codo	
Cambio de sección	
Tubería Flexible	
Acople	
Válvula	
Manómetro	
Regulador de presión	
Medidor de consumo	

No de pieza	Denominación	No de Norma/Dibujo	Material	No de Orden	Tipo K	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg	Observaciones
1	Válvula de corte de 1/2 in	UNE 60708	Cobre	5				
1	Adaptador de 1/2 in	UNE 1057	Cobre	4				Roscado
1	Manguera flexible de 1/2 in	UNE 1057	Cobre	3	Tipo K			
5	Codo de 3/8 in	UNE 60719	Cobre	2				Soso
1	Tubería rígida de cobre de 3/8 in	UNE 1057	Cobre	1	Tipo K			Ver medidas

Tolerancia: (Peso)	± 0.5	190 kg
Materiales: VARIOS		

Denominación:	PLANOS DE LA SUIT	Escala:	1:30
Fecha	29/07/17	Nombre	Ortiz José
Dib.	14/08/17	Ing.	Cabrera
Dib.	14/08/17	Ing.	Cabrera

Edi-	U.T.A	Ingeniería Mecánica	Número de dibujo:	HOJA 06	
Modificación			(Sustitución)		