

T
696.2
ESCI



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Implementación de un Sistema de Gas Canalizado (GLP) en un Condominio"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Henry Michel Escalante Flores

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2004

AGRADECIMIENTO

A todas las personas
que me han apoyado
incondicionalmente en
la realización de este
trabajo y al Ing. José
Pacheco, Director de
Tesis, por su
invaluable ayuda.

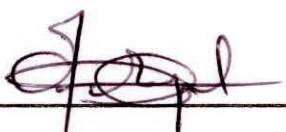
DEDICATORIA

A MI SEÑOR JESÚS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Marcos Tapia Q.
DELEGADO POR EL DECANO
PRESIDENTE



Ing. José Pacheco M.
DIRECTOR DE TESIS

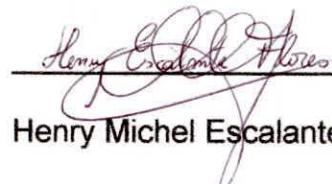


Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta
Tesis de Grado, me corresponden
exclusivamente; y el patrimonio intelectual de
la misma a la ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Henry Michel Escalante Flores
Henry Michel Escalante Flores

RESUMEN

El objetivo de la tesis se establece en evidenciar una técnica sencilla para las instalaciones de GLP en edificios y el correcto dimensionado y selección de tanques, tuberías y accesorios para la red canalizada bajo parámetros establecidos por organismos reguladores de control.

El uso de gas en el edificio es un problema por cuanto el usuario debe afrontar el agotamiento por peso en el traslado del cilindro y los peligros que encierran el manipuleo del transporte hacia el lugar de consumo. Al implantarse gas canalizado garantiza un flujo continuo del combustible y se obtiene por parte del consumidor, el desembolso por consumo real de sus equipos instalados.

El condominio escogido posee 6 pisos con 16 departamentos que alojan a 81 habitantes como máximo. El procedimiento para la implementación de una instalación de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en el edificio, se realizó a través de la selección de tanques, tuberías, reguladores y contadores suministrados por fabricantes que cumplen las normas implantadas por

institutos internacionales y locales, adoptándose como guía la norma ecuatoriana NTE INEN 2260: 2001, basada fundamentalmente en la Asociación Nacional de Protección Contra Incendio NFPA 58.

La aplicación de un combustible alternativo como el Gas Natural (GN), utilizando la misma red canalizada, se planteó pero con cambios solo en los quemadores de los aparatos de consumo, para caudales menores a $4 \text{ m}^3/\text{h}$ (3.01 Kg/h) de GN, que con el auge del uso de combustibles más limpios y el impulso de las autoridades locales en la inversión y facilidades en el desarrollo de este mercado, se proyecta a futuro el uso común de gas canalizado (GN o GLP) como sucede en otro países, tales como México y Argentina.

Se usó las fórmulas de Renouard y la fórmula de Bernoulli, en la verificación del diámetro de la tubería horizontal y vertical respectivamente, dadas en las tablas de empresas que suministran accesorios de GLP, donde las cuatro posibles alternativas escogidas, en función de la presión de suministro (media presión B y baja presión) y del material de la tubería (cobre o acero negro o galvanizado) dentro del edificio, presentan costos totales ligeramente diferentes debido a la mano de obra, materiales e instalación, eligiéndose el sistema de cobre por ser más conveniente por montaje y mantenimiento.

El costo estimado para el sistema incluido materiales, mano de obra, instalación de tanque, reguladores, armario y contadores es de \$ 41653.93, incluido I.V.A. para un sistema de media presión B, 20 – 10 – 5 psig, con tubería de cobre tipo L, en donde los costos de instalaciones y montaje se aplicaron cotizaciones locales de materiales y equipos; en cambio, los costos de mano de obra se usaron los valores registrados por el boletín de la Cámara de Construcción de Guayaquil.

El sistema consume un estimado de 109.269 Kg/día de GLP que equivale a 8 cilindros de 15 Kg, que representa un desembolso de \$ 192 durante los 15 días en el periodo del uso del tanque si utilizara los cilindros, pero se considera a este sistema a un costo industrial de \$0.4012 por Kg de GLP, pagándose por el uso de gas canalizado un total de \$ 657.58, valor exageradamente superior que no representa un incentivo para la masificación de la red canalizada, pero se logra cero riesgo por el no manipuleo de los cilindros domésticos, flujo continuo y valor real por consumo de los aparatos domésticos en el condominio.

El resultado obtenido es un práctico y verificado procedimiento de los cálculos bajo normas establecidas en la instalación de red de gas canalizado en el condominio de 6 pisos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	V
ABREVIATURAS	IX
SIMBOLOGÍA	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
ÍNDICE DE PLANOS	XIX
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTOS Y CRITERIOS DEL GAS COMBUSTIBLE	4
1.1 Introducción a los Gases Combustibles	4
1.2 Clasificación de los Gases Combustibles	5
1.3 Propiedades y Características de los Gases Combustibles	11
1.3.1 Intercambiabilidad de Gases Combustibles	11
1.3.2 Módulo de un Gas	13
1.3.3 Límites de Inflamabilidad	14
1.3.4 Temperatura de Inflamación y Combustión	15

1.3.5 Poder Calorífico y de Combustión	17
1.4 Obtención de Gas Natural y de Propano	18
1.4.1 Obtención de Gas Natural	18
1.4.2 Obtención de Gas Licuado de Petróleo	21
1.5 Propiedades de Gas Natural y Propano	22
1.6 Ventaja y Desventajas del Uso de Gas Natural y de Propano	24

CAPÍTULO 2

2. INSTALACIONES DE COMBUSTIBLES GASEOSOS	25
2.1 Clasificación de las Instalaciones de Combustibles Gaseosos	25
2.1.1 Clasificación de las Instalaciones	26
2.1.2 Clasificación Según Grado de Gasificación en Vivienda . . .	27
2.2 Consideraciones para la Instalación	28
2.2.1 Aparatos de Consumo y Ubicación	29
2.2.2 Consumo por Aparato y el Caudal Total	30
2.2.3 Diámetro de Tubería y su Pérdida de Carga	34
2.3 Materiales y Accesorios de una Instalación a Gas	38
2.3.1 Tuberías: Clasificación y Dimensionado	38
2.3.2 Accesorios: Clasificación y Dimensionado	40
2.4 Reguladores	41
2.4.1 Clases de Reguladores	41
2.4.2 Características y Dimensionado de los Reguladores	42

2.5 Contadores	43
2.5.1 Clases de Contadores	43
2.5.2 Características y Dimensionado de los Contadores	44
2.6 Tanques	45
2.6.1 Clases y Dimensionado	45
2.7 Criterios para Ubicación de la Instalación	48
2.7.1 Alojamiento para Tuberías y Accesorios	48
2.7.2 Alojamiento para Reguladores	49
2.7.3 Alojamiento para Contadores	49
2.7.4 Alojamiento para Tanque	49

CAPÍTULO 3

3. DIMENSIONADO DE LA RED CANALIZADA DE GAS EN EL CONDOMINIO.....	51
3.1 Plano Arquitectónico del Condominio	51
3.2 Ubicación de los Aparatos de Consumo	52
3.3 Requerimientos de Instalación	52
3.3.1 Cálculo de Cargas de Consumo	52
3.3.2 Selección del Tanque de Depósito	55
3.3.3 Dimensionado de la Tubería	59
3.4 Ubicación del Tanque	70
3.5 Trayectoria de la Red Canalizada	71

CAPÍTULO 4

4. NORMAS REGULATORIAS DE INSTALACIONES DE GLP	73
4.1 Normas de Tuberías y Accesorios	75
4.2 Normas de Instalaciones en Edificios	75
4.3 Normas de Seguridad de la Red Canalizada	76

CAPÍTULO 5

5. PRUEBAS DEL SISTEMA DE RED CANALIZADA DE GAS	77
5.1 Prueba de Estanqueidad	78
5.2 Prueba de Ensayos No Destructivos	79
5.3 Prueba Hidrostática	79

CAPÍTULO 6

6. COSTOS DE LA INSTALACIÓN	81
6.1 Costos de Materiales y Mano de Obra	81
6.2 Costos de Mantenimiento y Suministro	92
6.3 Costos de Consumo de cada Usuario	92

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
---	----

APÉNDICES**BIBLIOGRAFÍA**

ABREVIATURAS

Abre.	Abreviatura
ANSI	Instituto Nacional Americano de Normas
APA	Alta Presión A
APB	Alta Presión B
APQ	Almacenamiento de Productos Químicos
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
BCBG	Benemérito Cuerpo de Bombero de Guayaquil
BP	Baja Presión
c.d.a.	Columna de agua
ced.	Cédula
CSST	Tubo de Acero Inoxidable Corrugado
D1, D2	Departamento 1, Departamento 2
D3, D4	Departamento 3, Departamento 4
DNH	Dirección Nacional de Hidrocarburo
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GN	Gas Natural
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
I.V.A.	Impuesto al Valor Agregado
iW	Índice de Wobbe
Máx. , MÁX	Máximo
min.	Minutos
MPA	Media Presión B
MPB	Media Presión A
N	Normal
NFPA	Asociación Nacional de Protección Contra Incendio
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
NPT	Nivel de Piso Terminado
P1, P2, P3	Piso 1, Piso 2, Piso 3
P4, P5, P6	Piso 4, Piso 5, Piso 6
Pág.	Página
PB	Planta Baja
P.C.S.	Poder Calorífico Superior
P.C.I.	Poder Calorífico Inferior

P. Distr.	Presión de Distribución
PE	Polietileno
p.p.m	Partes por millón
UNE	Norma Española
UNIT.	Unitario
T.	Tubería
RF	Resistencia al Fuego

SIMBOLOGÍA

A, B, C, D, N	Caudales Nominales de los Aparatos
A	Área Transversal
A _{auto}	Autonomía del Tanque
BTU/h	BTU (Unidad térmica Británica) por hora
cal	Caloría
cm	Centímetro
cm ²	Centímetros cuadrados
ced.	Cédula
D	Diámetro Interior
g	Aceleración de la Gravedad
h	Hora
h _L	Pérdidas de Carga
h/día	Horas por día
J	Joules
K	Grados Kelvin
Kcal/h	Kilocalorías por hora
Kcal/m ³	Kilocalorías por metros cúbicos
Kg	Kilogramo
Kg/cm ²	Kilogramo por centímetro cuadrado
Kg/día	Kilogramo por día
Kg/h	Kilogramo por hora
KJ/Kg	Kilo Joules por kilogramo
KPa	KiloPascal
KW	KiloWatt
l	litros
L	Longitud de Tubería
L _{infl}	Límite de Inflamabilidad
L _{infl i}	Límite de Inflamabilidad Inferior
L _{infl s}	Límite de Inflamabilidad Superior
m	Metro
mbar	Milibar
mm	milímetro
m _d	Consumo Diario Máximo
m _u	Capacidad Útil del Tanque

m^3	Metros cúbicos
$m^3(N)$	Metros cúbicos Normales
m^3/h	Metros cúbicos por hora
m/s	Metros por segundo
MJ/m^3	MegaJoules por metro cúbico
N	Newton
P	Presión absoluta
pulg., "	Pulgada
P_{dina}	Presión Dinámica
P_{gas}	Presión de Gas
P_o	Presión Atmosférica
P_{ot}	Potencia
P_s	Potencia Nominal de Utilización Simultánea
P_{sc}	Potencia Nominal de Utilización Simultánea Común
P_{si}	Potencia Nominal de Utilización Simultánea Individual
psig	Libras por pulgadas cuadradas Manométricas
Q_c	Caudal calorífico o gasto
Q_s	Caudal máximo probable de simultaneidad
Q_{sc}	Caudal máximo probable de simultaneidad común
Q_{si}	Caudal máximo probable de simultaneidad individual
Q_v	Caudal volumétrico
S	Factor de simultaneidad
T	Temperatura
T_a	Temperatura de Autoignición o Combustión Espontánea
T_{comb}	Temperatura de Combustión
T_{infl}	Temperatura de Inflamación o Punto de Inflamación
v	Velocidad del Gas
$V_{máx}$	Velocidad Máxima
β	Módulo de un gas
k	Relación de calores Específicos a Presión y Volumen Constante
ρ_c	Densidad Corregida
ρ_{gas}	Densidad en Estado Gaseoso
ρ_{liq}	Densidad en Estado Líquido
ρ_{rel}	Densidad Relativa del Gas Respecto al Aire
$^{\circ}C$	Grados Centígrados
Σ	Sumatoria

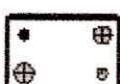
Ω	Ohm
ϕ	Diámetros
%	Porcentaje
\$	Dólares americanos
\$/Kg	Dólares americanos por kilogramo
\forall	Volumen del tanque
\forall_{corr}	Volumen Corregido del Tanque
<	Menor que
>	Mayor que
\approx	Aproximadamente
\Rightarrow	Entonces
"a``a``"	Tramo de Tubería
"a`a`"	Tramo de Tubería
"a`a ^o "	Tramo de tubería
"a``a ^o "	Tramo de Tubería
"a ^o a"	Tramo de Tubería
"a ^o d"	Tramo de Tubería
"ab"	Tramo de Tubería
"ae"	Tramo de Tubería
"bd"	Tramo de Tubería
"bc"	Tramo de Tubería
"cf"	Tramo de Tubería
"cg"	Tramo de Tubería
"ef"	Tramo de Tubería
"eg"	Tramo de Tubería
"jz4"	Tramo de Tubería
"lm"	Tramo de Tubería



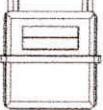
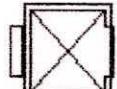
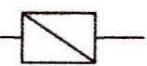
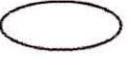
Calentador de Agua



Calentador de Agua para Piscina SPA



Cocina

-  Contador
-  Ductos de aire
-  Elevador
-  Filtro
-  Filtro
-  Lavadora
-  Manómetro
-  Tanque Estacionario de GLP
-  Tubería de Gas
-  Toma de Presión



Regulador de Presión



Válvula de corte

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	16
Figura 1.2	20
Figura 2.1	43
Figura 2.2	44
Figura 3.1	61

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.	
Tabla	I	Clasificación de los Combustibles Gaseosos	5
Tabla	II	Clasificación de Combustibles Naturales Gaseosos	6
Tabla	III	Clasificación de Combustible Gaseoso Manufacturados ...	8
Tabla	IV	Clasificación de Combustible Gaseoso Según Índice de Wobbe	10
Tabla	V	Reservas en Sudamérica del Gas Natural	20
Tabla	VI	Producción Anual de Derivados de Petróleo	21
Tabla	VII	Ventajas y Desventajas del Uso de Gas Natural y GLP	24
Tabla	VIII	Clasificación de Instalaciones Receptoras de Gas	26
Tabla	IX	Grado de Gasificación	27
Tabla	X	Factor de Simultaneidad en Instalaciones Comunes	33
Tabla	XI	Velocidades Máximas Recomendadas en Instalaciones de Gases	35
Tabla	XII	Valores Máximos Aceptables por Renouard	35
Tabla	XIII	Recomendaciones Necesarias para Instalación de GLP ...	37
Tabla	XIV	Clasificación de las Tuberías en Instalación de Gas	39
Tabla	XV	Presión de Trabajo en Tubería de Metal	40
Tabla	XVI	Presiones de Diseño para Tanque ASME	47
Tabla	XVII	Consumo Diario de un Departamento de 6 Habitantes	56
Tabla	XVIII	Selección de Contador para cada Departamento	60
Tabla	XIX	Selección de Reguladores para Sistema 10 – 5 psig y 11" c.d.a.	68
Tabla	XX	Selección de Reguladores para Sistema 20 – 10 – 5 psig	70
Tabla	XXI	Distancias de Soportes para Tuberías	72
Tabla	XXII	Presiones para Prueba de Estanqueidad	79
Tabla	XXIII	Tiempo en la Instalación un Metro de Tubería	82
Tabla	XXIV	Tiempo en Aplicación de Pintura y Señalización de un Metro de Tubería	83
Tabla	XXV	Cronograma de Trabajo	84
Tabla	XXVI	Costos de Horas Hombres	85

	Pág.	
Tabla XXVII	Costos para Tuberías de Acero en el Sistema de 10 – 5 psig y 11" c.d.a.	85
Tabla XXVIII	Costos para Tuberías de Acero en el Sistema de 20 – 10 – 5 psig	87
Tabla XXIX	Costos para Tuberías de Cobre en el Sistema de 10 – 5 psig y 11" c.d.a.	88
Tabla XXX	Costos para Tuberías de Cobre en el Sistema de 20 – 10 – 5 psig	90
Tabla XXXI	Resumen de Costos del Sistema de Gas Canalizado	91
Tabla XXXII	Costo Total de la Instalación	92
Tabla XXXIII	Valores de Costos Reales por Consumo de GLP a 0.4012 \$/Kg	93
Tabla XXXIV	Valores de Costos por Consumo de GLP a 0.11 \$/Kg	94

ÍNDICE DE PLANOS

- Plano 1 Vista de Planta – Corte Longitudinal A-A`
- Plano 2 Vista de Planta de Subsuelo 2 – Subsuelo 1
- Plano 3 Vista de Planta de Planta Baja – Piso 1 – Piso2
- Plano 4 Vista de Planta de Piso 3 – Piso 4 – Piso 5 – Piso 6-A
- Plano 5 Vista de Planta de Terraza – Piso 6-B
- Plano 6 Ubicación de: Tanque Estacionario – Armario de Contadores
- Plano 7 Vista Superior – Vista Frontal – Isometría de Armario y
Distribución de Contadores
- Plano 8 Isometría de Planta Baja: Departamento 1 – Departamento 2
- Plano 9 Isometría de Piso 1 – Piso 2: Departamento 1 –
Departamento 2 – Departamento 3
- Plano 10 Isometría de Piso 3 – Piso 4 – Piso 5: Departamento 1 –
Departamento 2
- Plano 11 Isometría de Piso 6-A: Departamento 1 – Departamento 2
- Plano 12 Isometría de Ubicación del Tanque de Almacenamiento

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la tesis trata los parámetros mínimos necesarios para la instalación de una red canalizada de GLP en un edificio de 6 pisos, de aproximadamente 23.94 metros desde el nivel de piso terminado (NPT), con el fin de impulsar el crecimiento de industrias que brinden el servicio y nuevas formas de consumo a niveles poblacionales densos como se dan en las nuevas ciudadelas que se construyen en Guayaquil.

Con el auge de uso de combustibles más limpios y el impulso de las autoridades locales en la inversión y facilidades en el desarrollo de este campo, pronto se proyecta a futuro el uso común de gas canalizado (gas natural o GLP) como sucede en otros países, tales como México y Argentina.

El capítulo uno emplea las bases de la clasificación del combustible gaseoso y su intercambiabilidad dentro de los rangos permitidos, las propiedades y ventajas de utilizar gas natural y gas licuado de petróleo.

El capítulo dos describe los criterios de los diversos materiales y accesorios para su selección en la instalación de combustible gaseoso (GLP), poniendo de antemano las mínimas condiciones normalizadas de la red canalizada.

El capítulo tres muestra el procedimiento en el dimensionado del tanque como las selecciones de las tuberías y reguladores, cumpliendo los reglamentos establecidos en nuestro territorio. Se plantean cuatro posibles soluciones en el tamaño del diámetro de tubería, todas ellas dentro de los límites que indican una presión no mayor de 138 KPa (20 psig) dentro del edificio, a través de la verificación de los diámetros del sistema por medio de las fórmulas de Renouard, y por la mecánica de fluidos en la variación de caída de presión en la altura del último piso, indicándose el diámetro sugerido a escoger.

El capítulo cuatro registra las normas que se emplean en la instalación de combustible gaseoso, donde siempre se debe estar revisándolas, pues en cada año, existen cambios por tecnología y/o experiencias de las organizaciones reguladoras. El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) también lo realiza, pero arrastra un error desde su edición anterior al no mostrar una tabla de distancias entre las sujeteciones de tuberías.

El capítulo cinco orienta las pruebas mínimas que se deben realizar antes de poner en funcionamiento el sistema de gas canalizado. La responsabilidad técnica se distribuye entre el contratista, la comercializadora y la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH).

El capítulo seis hace referencia a los costos de los cuatro sistemas propuestos, cuya elección está basado en: la comodidad de instalación, mantenimiento, los menores contratiempos en la distribución de diámetros y la vida del material.

El capítulo siete indica las conclusiones y recomendaciones que se emplean para hacer de este trabajo una fuente de consulta en el desarrollo de instalaciones de combustibles gaseosos de tercera familia, en especial el de GLP.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTOS Y CRITERIOS DEL GAS COMBUSTIBLE

El gas combustible se utiliza ampliamente en la industria, como también en el área comercial y residencial, este último en aumento, por el crecimiento poblacional que garantiza un consumo interno para el país. Existen diferentes clases de gases combustibles que se lo trata de forma abreviada, enfocando el estudio en el gas licuado de petróleo (GLP).

1.1 Introducción a los Gases Combustibles

Un gas combustible es una sustancia en estado gaseoso capaz de combustionarse al combinarse con el oxígeno bajo condiciones determinadas, cuya combustión depende de la carga de oxígeno y del espacio necesario para su mezcla. El apéndice A amplia el concepto de la combustión y sus elementos.

Aquí interesa por estudio, el estado líquido y de gases y vapores, donde el primero no arde sino lo hacen los vapores generados en su evaporación; mientras, los gases y vapores inflamables arden en la propia fase gaseosa con emisión de llama.

Por lo general, los combustibles están compuestos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre con otras impurezas en proporciones variadas.

1.2 Clasificación de los Gases Combustibles

Existen dos grandes grupos de combustibles gaseosos, en base a su origen y su intercambialidad, presentado en la tabla I.

TABLA I
CLASIFICACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES GASEOSOS (ref. 2)

ORIGEN	a) Combustibles Naturales b) Combustibles Manufacturados (artificiales)
INTERCAMBIALIDAD	a) Primera Familia b) Segunda Familia c) Tercera Familia

El gas natural y el GLP pertenecen a los combustibles naturales, pero se encasillan en la segunda y tercera familia respectivamente

en el estado de intercambialidad.

Actualmente existen nuevos combustibles para resolver los problemas energéticos puntuados entre ellos: hidrógeno, biomasa, biogas, etc., en sustitución del combustible convencional de petróleo.

a) Combustibles Gaseosos por su Origen

Combustibles Gaseosos Naturales

Incluyen a todos los combustibles de origen fósil, a base de mezclas de hidrocarburos. La tabla II muestra los diferentes combustibles gaseosos naturales.

TABLA II
CLASIFICACIÓN DE COMBUSTIBLES NATURALES
GASEOSOS (ref. 2)

Combustibles Gaseosos Naturales	Gases Licuados de Petróleo (GLP)
	Gas Natural (GN)
	Grisú

Los apéndices B y C indican las características del GLP (norma INEN 675) y resumen del gas natural y de Grisú,

respectivamente.

Combustibles Gaseosos Manufacturados

Llamados también combustibles gaseosos artificiales, anteriormente se lo obtenía por una destilación destructiva (la primera técnica de gasificación de Philippe Lebón) donde el carbón se calentaba hasta la descomposición química.

Actualmente se lo realiza por pirólisis, en la que se calienta el carbón en ausencia de aire para producir un gas combustible, en la cual existe una degradación térmica de las grandes moléculas del carbón; esta transformación produce constituyentes más ligeros que los iniciales, donde los átomos de hidrógeno se liberan en forma de compuestos volátiles, al mismo tiempo, producen compuestos más pesados a causa de la recomposición de las cadenas largas.

Cuando el calentamiento es rápido se crea más gas y la proporción de coque es mínima, pero al calentamiento lento en función a la temperatura de trabajo, se favorece la obtención de gas o de coque. Los diferentes combustibles artificiales obtenidos

se encasillan en la tabla III.

Un resumen de las características y manufactura de estos combustibles gaseosos se aprecia en el apéndice D.

TABLA III
CLASIFICACIÓN DE COMBUSTIBLES GASEOSOS
MANUFACTURADOS (ref. 2)

Combustibles Gaseosos Manufacturados (artificiales)	Gas de Alumbrado o gas de hulla
	Gas de Coquería
	Gas de Generador
	Gas de Agua o gas azul
	Gas de Agua carburado
	Gas de Ciudad
	Gas de Acerería
	Gas de Horno Alto
	Aire Propanado o butanado

b) Combustibles Gaseoso por su Intercambialidad

"La segunda clasificación es dada por la medida del índice de Wobbe (iW), relación entre el poder calorífico superior (P.C.S.) y la raíz cuadrada de la densidad relativa del gas con respecto al aire (ρ_{rel})" (ref. 2).

$$iW = \frac{P.C.S.}{\sqrt[2]{\rho_{rel}}}$$

Esta clasificación permite que los gases perteneciente a una familia sean intercambiables entre si, en los aparatos que utilizan, en cambio, los de familia diferentes es necesario realizar un rediseño en los aparatos terminales.

Los gases nombrados anteriormente se clasifican de acuerdo con la Norma UNE 60.002,1973 "Clasificación de los combustibles en familia" en tres grupos:

Familia Primera

- Gas Manufacturado
- Aire Metanado
- Aire Propanado o butanado de bajo índice de Wobbe.

Familia Segunda

- Gas Natural
- Aire Propanado o butanado de alto índice de Wobbe

Familia Tercera

- Butano Comercial
- Propano Comercial

Por lo tanto, el GLP pertenece a la tercera familia, dado en la tabla IV, pero de las combinaciones del propano y el butano

comercial con el aire se obtienen dos tipos de gases diferentes que se encasillan en la primera y segunda familia, lo que facilita la intercambialidad de estos gases en vistas a su utilización en un quemador determinado.

TABLA IV
CLASIFICACIÓN DE COMBUSTIBLE GASEOSO SEGÚN ÍNDICE DE
WOBBE (INTERCAMBIALIDAD) (ref. 2)

FAMILIA	RANGO MJ/m ³ (N) (Kcal/m ³ (N))	CLASE DE COMBUSTIBLE	RANGO MJ/m ³ (N) (Kcal/m ³ (N))
1 ^{ra} Familia	23.9 – 31.4 (5700 – 7500)	Gas Manufacturado	23.9 – 31.4 (5700 – 7500)
		Gas de Coquería	25.6 – 31.4 (6200 – 7500)
		Gas mezcla Hidrocarburo Aire	23.9 – 27.2 (5700 – 6500)
2 ^{da} Familia	41.3 – 57.9 (9860 – 13850)	Gases Naturales	48.1 – 57.9 (11500 – 13850)
		Gas mezcla Aire Hidrocarburo	41.3 – 47.0 (39860 – 11300)
		Propano Comercial	---
3 ^{ra} Familia	77.4 – 95.0 (18500 – 22700)	Butano Comercial	---

Cabe indicar que la norma NTE INEN 677 (Gas Licuado de Petróleo – Determinación de la Temperatura de Evaporación del 95% del volumen) en su numeral 5.6 y 5.7 clasifica al GLP en clases de: tipo A (propano comercial), tipo B (butano comercial) y tipo C (mezcla de propano – butano comercial).

1.3 Propiedades y Características de los Gases Combustibles

Las propiedades citadas a continuación se encuentran entre las más relevantes, pero las otras propiedades de un fluido deben ser también consideradas.

1.3.1 Intercambiabilidad de Gases Combustibles

Dos gases combustibles se pueden intercambiar a una misma temperatura utilizando el mismo quemador si tienen el equivalente de caudal calorífico, presión de suministro e idéntico índice de Wobbe.

Sea el caudal o gasto calorífico de un quemador dado por:

$$Q_c = P.C.S. \cdot Q_v$$

en donde:

Q_c : Caudal calorífico

P.C.S.: Poder calorífico superior

Q_v : Caudal volumétrico

Si la presión dinámica del gas esta dado por:

$$P_{dina} = \frac{v^2 \cdot \rho_{gas}}{2g}$$

en donde:

P_{dina} : Presión dinámica

v : Velocidad del gas

ρ_{gas} : Densidad del gas

g : Aceleración de la gravedad

Se remplaza la velocidad en el caudal calorífico y aplicando los requerimientos que se deben obtener: caudal calorífico y presión de suministro iguales en la utilización de la misma boquilla, se obtiene:

$$Q_c = P.C.S. \cdot Q_v = P.C.S. \cdot A \cdot v = P.C.S. \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2P_{dina} \cdot g}{\rho_{gas}}} \Rightarrow$$

$$Q_{c1} = Q_{c2} \Rightarrow P.C.S._1 \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{2P_{dina1} \cdot g}{\rho_{gas1}}} = P.C.S._2 \cdot A_2 \cdot \sqrt{\frac{2P_{dina2} \cdot g}{\rho_{gas2}}}$$

$$\Rightarrow \frac{P.C.S._1}{\sqrt{\rho_{gas1}}} = \frac{P.C.S._2}{\sqrt{\rho_{gas2}}}$$

$$\Rightarrow \frac{P.C.S._1}{\sqrt{\rho_{rel1}}} = \frac{P.C.S._2}{\sqrt{\rho_{rel2}}}$$

sustituyendo la densidad por la densidad relativa se consigue la definición del índice de Wobbe, por lo que si dos gases tienen el mismo valor, estos desarrollan las mismas características de combustión.

1.3.2 Módulo de un Gas

Su deducción ha sido experimental y se la define como la relación entre la raíz cuadrada de la presión del gas y el índice de Wobbe.

$$\beta = \frac{\sqrt{P}}{iW}$$

Aplicando este concepto, se puede deducir "la sección de la boquilla de un quemador" de gas cuando se realiza el cambio a otro combustible gaseoso, suministrado a presión diferente produciendo el mismo caudal calorífico pero con idéntico módulo de gas.

Si tienen el mismo módulo de gas, entonces:

$$\beta_1 = \beta_2 \Rightarrow \frac{\sqrt{P_1}}{iW_1} = \frac{\sqrt{P_2}}{iW_2} \Rightarrow \frac{iW_2}{iW_1} = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$$

Aplicando el mismo caudal calorífico, pero con presiones diferentes y reemplazando por la densidad relativa y la relación del módulo de gas, se logra:

$$\begin{aligned}
 Q_{c1} = Q_{c2} &\Rightarrow P.C.S._1 \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{2P_{dina1} \cdot g}{\rho_{gas1}}} = P.C.S._2 \cdot A_2 \cdot \sqrt{\frac{2P_{dina2} \cdot g}{\rho_{gas2}}} \\
 &\Rightarrow \frac{P.C.S._1 \cdot A_1 \cdot \sqrt{P_{dina1}}}{\sqrt{\rho_{rel1}}} = \frac{P.C.S._2 \cdot A_2 \cdot \sqrt{P_{dina2}}}{\sqrt{\rho_{rel2}}} \\
 &\Rightarrow iW_1 \cdot A_1 \cdot \sqrt{P_{dina1}} = iW_2 \cdot A_2 \cdot \sqrt{P_{dina2}} \\
 &\Rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \frac{iW_2}{iW_1} \cdot \sqrt{\frac{P_{dina2}}{P_{dina1}}} \\
 &\Rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{iW_2}{iW_1} \right)^2 = \frac{P_{dina2}}{P_{dina1}}
 \end{aligned}$$

fórmula que indica el área de la boquilla necesaria al cambiar de combustible gaseoso.

1.3.3 Límites de Inflamabilidad

Se atribuye al rango en estado gaseoso donde se inicia y propaga la combustión, así las tasas de combustibles y comburente como sus propiedades relativas se hallan alrededor de la combustión estequiométrica.

Se lo mide en porcentaje (molar o de volumen) de las concentraciones de combustibles en la mezcla gaseosa, cuyos límites se establecen de la siguiente manera:

$$L_{infl\ i} < L_{infl} < L_{infl\ s}$$

en donde:

L_{infl} : Límite de inflamabilidad

$L_{infl\ i}$: Límite inferior de inflamabilidad, y un valor menor indica exceso de comburente

$L_{infl\ s}$: Límite superior de inflamabilidad, y un valor mayor muestra insuficiencia de comburente

El apéndice E tiene referencia para valores de límites de inflamabilidad de los componentes del combustible GLP y otras sustancias.

1.3.4 Temperatura de Inflamación y Combustión

La temperatura de inflamación (T_{infl}) o punto de inflamación (flash point), es la mínima temperatura en que se origina la combustión a través de una sustancia que emite vapores suficientes y mediante una fuente exterior de calor que la inicie.

La temperatura de autoignición (T_a) o de autoinflamación (combustión espontánea) es la temperatura mínima en que

una sustancia posee la energía suficiente para iniciar y mantener la combustión sin necesidad de una fuente de calor que la inicie.

La temperatura de combustión (T_{comb}) o incendio es aquella donde se produce la combustión de los vapores de un combustible al menos durante cinco segundos, al ponerse en contacto con una llama y sigue manteniéndose la combustión.

El orden de las temperaturas se presenta en la figura 1.1 y varios valores de temperatura de ciertas sustancias se observan en el apéndice E.

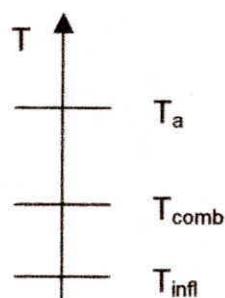


FIGURA 1.1 ORDEN CRECIENTE DE LAS TEMPERATURAS

1.3.5 Poder Calorífico y de Combustión

Termodinámicamente significan lo mismo, y es el calor cedido en la combustión completa de unidad de combustible.

Existe el poder calorífico a presión constante o flujo permanente y volumen constante ambos analizados por la primera ley de la termodinámica, donde, el primero es igual al valor negativo de la entalpía de combustión (diferencia de la entalpía de los productos y de los reactantes de una combustión completa), mientras, el segundo, es igual al valor negativo de la energía interna de combustión (diferencia de la energía interna de los productos y de los reactantes de una combustión completa). En la práctica se dan los valores de poder calorífico de flujo estable, en estados de 25 °C y una atmósfera de presión de algunos hidrocarburos.

Cualquier combustible que contenga hidrógeno produce agua como uno de los productos de la combustión, el cual es parámetro para indicar el poder calorífico superior e inferior del la sustancia. El poder calorífico superior (P.C.S.) es el calor transmitido habiendo agua en estado líquido en los

productos (se condensa todo el vapor de agua), siendo el más utilizado por el ASME en su Power Test Codes (Códigos ASME). El poder calorífico inferior (P.C.I.) es el calor transmitido cuando hay vapor de agua en los productos, utilizado en Alemania para precisar la eficiencia en los motores de combustión interna.

Para el estudio se sugiere escoger al P.C.S. dado en unidades de masa, a pesar que el P.C.I. es el que más se acerca a la realidad, pues "no existen instalaciones que aprovechen el calor de condensación del vapor de agua", pero se acostumbra a citar siempre el poder calorífico superior en estas instalaciones, que ofrecen ventajas de otra índole, dándole un balance económico favorable.

1.4 Obtención de Gas Natural y de Propano

1.4.1 Obtención del Gas Natural

El gas natural es el nombre genérico bajo el que se distinguen diferentes mezclas de hidrocarburos ligeros, en las que su mayor componente es el Metano; su composición es muy variable según el país de procedencia.

Su origen es el mismo que el de petróleo, por lo tanto se lo encuentra en forma de:

- a) Gas no asociado o gas libre, sin contacto con el petróleo
- b) Capa de gas situada encima de la bolsa de petróleo
- c) Gas asociado, disuelto en el petróleo, donde es difícil evaluar la riqueza de gas en el yacimiento (se quema).

Se deshidrata primeramente, pero si presenta anhídrido carbónico y sulfuro de hidrógeno, se los trata con soluciones alcalinas para eliminarlos, retirando los hidrocarburos que se presentan en estado líquido a presión atmosférica (propano, butano, etc.).

Si el gas es rico en etano, se suele separar con el objeto de utilizarlo en la obtención de etileno y en hidrógeno, útiles en la industria.

En Sudamérica, las reservas probadas de gas natural están alrededor de un 5.3% del total mundial. Nuevos descubrimientos de reservas han puesto a Bolivia en un segundo lugar.

La tabla V y la figura 1.2 plantean las reservas más importantes en los países de Latinoamérica.

TABLA V
RESERVAS EN SUDAMÉRICA DEL GAS NATURAL

(www2.ing.puc.cl/~power/alumno02/gasmarket/3.1.htm)

País	Trillones de m ³
Venezuela	4.8
México	2.2
Bolivia	1.5
Argentina	0.9
Trinidad y Tobago	0.7
Perú	0.4
Brasil	0.2
Colombia	0.18
Ecuador	0.15
Chile	0.12



FIGURA 1.2 RESERVAS DE GAS NATURAL SUDAMERICANA

(www2.ing.puc.cl/~power/alumno02/gasmarket/3.1.htm)

1.4.2 Obtención del Gas Licuado de Petróleo

Se lo obtiene por tres procedimientos:

- Purificación del gas natural
- Destilación del petróleo crudo
- Como subproducto del reforming de hidrocarburo pesado

Siempre se debe eliminar el sulfuro de hidrógeno (azufre libre) primeramente, luego el agua, para evitar los peligros en la formación de hielo en las tuberías y en los reguladores de las instalaciones a baja temperatura. La tabla VI muestra la producción de los diferentes derivados de petróleo en nuestro país que por consumo interno va en aumento.

TABLA VI
PRODUCCIÓN ANUAL DE DERIVADOS DE PETRÓLEO
(Ministerio de Energía y Minas Ecuatoriano)

PRODUCTO	MILES DE BARRILES
Gasolina súper	851.739
Gasolina sin plomo	1899.008
Gasolina extra	7447.703
Destilados (kerex)	685.044
Diésel oíl 2	12324.489
Turbo fuel	1730.554
Fuel oíl N4	9456.589
Asfalto RL – 250	151.265
Solvente N° 1	30.177
Gas licuado	2968.989

1.5 Propiedades de Gas Natural y Petróleo

La norma NTE INEN 675 indica las propiedades del GLP en su numeral 6.5 del apéndice B. Otras propiedades del gas del GLP y gas natural hace referencia el apéndice F.

Entre las propiedades que son convincentes para su transportación, almacenamiento y distribución tenemos:

a) **Densidad y Viscosidad:** La densidad varía según su composición. La densidad y peso específico son mayores que el aire, por lo que el GLP resulta más pesado que éste; así, una nube de GLP tenderá a permanecer a nivel del suelo, mientras que el gas natural es más liviano que el aire. El GLP líquido es más liviano y menos viscoso que el agua, por lo que hay que tener cuidado ya que puede pasar a través de poros donde ni el agua, gasoil o kerosene pueden hacerlo.

b) **Efecto de la Temperatura y Presión de Vapor:** Al aumentar la temperatura del GLP que se encuentra dentro de un tanque cerrado, aumenta su presión. Esta presión de vapor depende de la composición del combustible y la temperatura en que se encuentra el combustible, pues crece por el efecto del calor de los alrededores, y además, el líquido se expande. Por lo tanto, nunca se debe calentar un recipiente que contiene GLP y

tampoco se debe llenar totalmente un recipiente con GLP líquido, sino que se debe dejar un espacio de por lo menos el 35% del volumen total del recipiente para la dilatación del líquido. Así, a condiciones estándar (1 atmósfera y 20 °C), el GLP se encuentra en estado gaseoso.

c) **Cambios de Estado y Transporte:** Para obtener GLP líquido a presión atmosférica, la temperatura debe ser menor que la del butano ($T < -5^{\circ}\text{C}$) y la del propano ($T < -45^{\circ}\text{C}$). El gas natural se lo transporta en estado líquido a baja temperatura, o en estado gaseoso por medio de gasoducto (1 m³ de gas natural en estado líquido se convierte en unos 600 m³ en estado gaseoso). Se almacena en fase líquida en depósitos criogénicos y, a través de un planta de regasificación, alimenta a la red de distribución o el correspondiente gasoducto. En cambio, el GLP se deposita, conserva y transporta en forma líquida por lo que se utiliza para su almacenamiento un recipiente que resista la presión de vapor, utilizando la propiedad de someterse a bajas presiones y temperatura ambiente, acompañado siempre de una bola gaseosa. En estado líquido toma la energía del medio ambiente para gasificarse, pero puede obtenerlo por intercambiador de calor. En las aplicaciones industriales se puede quemar al GLP en estado líquido, pulverizándolos en el quemador.

1.6 Ventaja y Desventajas del Uso de Gas Natural y de Propano

En la tabla VII se enfatiza el resumen de estas cualidades de los combustibles anteriormente nombrados.

TABLA VII

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE GAS NATURAL Y GLP

Del Gas Natural	Del GLP
Fácil manejo	
Gran rendimiento y respuesta rápida para cargas variables e intermitentes	
Inflamable	Es muy inflamable
Poco mantenimiento	
Poco contaminante (el combustible más limpio que existe) Son bajas sus emisiones en su combustión	Por ser derivado del petróleo tiene una combustión que produce cenizas que no se queman completamente y se pueden ir a la atmósfera.
Muy económico, el promedio de ahorro es del 30% con respecto al GLP	
Sus vapores son más livianos que el aire	Sus vapores son más pesados que el aire
No requiere preparación previa a su utilización, como por ejemplo: calentarlo, pulverizarlo o bombearlo.	Si requiere preparación previa a su utilización
-----	Máxima exposición permisible para las personas: 1000 partes de GLP por 1000000 partes de aire (1000 p.p.m.) promedias sobre un turno de trabajo de ocho horas.

CAPÍTULO 2

2. INSTALACIONES DE COMBUSTIBLES GASEOSOS

Una instalación para suministro de gas es un conjunto de tuberías, equipos (tanques, reguladores, contadores, etc.) y de accesorios requeridos para la conducción del gas en estado líquido o de vapor a variadas presiones. En la instalación de GLP en edificio, el combustible se distribuye en estado gaseoso y es compatible con instalación de GN en cuanto a regulación y diámetro de tubería siempre que el caudal sea menor de 4 m³/h (3.01Kg/h).

2.1 Clasificación de las Instalaciones de Combustibles Gaseosos

Existen diversas clasificaciones de las instalaciones que dependen de un parámetro escogido, entre ellos: la presión de servicio, grado de gasificación, el tipo de consumo del abonado, tipo de servicio a prestar y los materiales empleados en la instalación. Las más aceptadas se indican a continuación.

2.1.1 Clasificación de las Instalaciones

Aceptada por los organismos reguladores, se establece con la presión máxima de suministro (presión de servicio), expresada en la tabla VIII.

TABLA VIII

CLASIFICACIÓN DE INSTALACIONES RECEPTORAS DE GAS (ref. 2)

Clasificación	Abrev.	Presión KPa (bar)	Utilización General
Alta Presión B	APB	1600 < P < 4500 (16 < P < 45)	Distribución de GN mediante gasoductos a todo el país
	APA	400 < P < 1600 (4 < P < 16)	Acometidas de GN a los grandes consumidores
Media Presión B	MPB	40 < P < 400 (0.4 < P < 4)	Línea de distribución interior de un consumidor de gas (suministro en APA - MPB)
Media Presión A	MPA	5 < P < 40 (0.05 < P < 0.4)	Línea de distribución interior de un consumidor de gas (suministro en MPB - MPA)
Baja Presión	BP	P < 5 (P < 0.05)	Aparatos de uso doméstico y en calderas

Las instalaciones a MPB y MPA, se utilizan en algunas acometidas de gas a consumidores, la primera, desde el depósito de almacenamiento a los puntos de consumo, la segunda, en algunas líneas de alimentación que parten del último regulador a los aparatos de consumo. Cabe indicar que en instalaciones de GLP, la presión de trabajo de los aparatos tiene un valor de 2.73 KPa (11" c.d.a.), mientras que para GN,

es de 1.76 KPa (7" c.d.a.).

Las instalaciones en edificios habitados se lo realiza a BP, pero en ocasiones la presión de trabajo es a MP (cuartos de calderas) cuando se lo requiera.

2.1.2 Clasificación Según Grado de Gasificación en Vivienda

Esta clasificación permite determinar el caudal calorífico de gas o potencia nominal de utilización simultánea que requiere una vivienda, como también, un estudio más minucioso por parte del calculista si no cumple este rango mostrado en la tabla IX.

TABLA IX
GRADO DE GASIFICACIÓN (ref. 8)

GRADO	POTENCIA O CAUDAL CALORÍFICO		
	(KW)	(Kcal/h)	(BTU/H)
1	$P_{ot} \leq 30$	$Q_c \leq 25800$	$Q_c \leq 102360$
2	$30 < P_{ot} \leq 70$	$25800 < Q_c \leq 60200$	$102360 < Q_c \leq 238840$
3	$P_{ot} > 70$	$Q_c > 60200$	$Q_c > 238840$

El apéndice G muestra las otras clasificaciones que dependen de la instalación o del almacenamiento de la instalación receptora y los proyectos de instalaciones de gas que

necesitan un estudio más detallado.

2.2 Consideraciones para la Instalación

Para realizar el diseño y el cálculo de una instalación de gas se necesita conocer los siguientes parámetros, de los cuales unos han sido estudiados y se abarcaran los otros en lo posible:

- Denominación del Gas (Natural – GLP)
- Familia que pertenece (II o III)
- Poder Calorífico Inferior (P.C.I.)
- Densidad relativa (ρ_{rel})
- Índice de Wobbe (iW)
- Grado de humedad o presencia de eventuales condensados
- Presión en la llave de acometida
- Presión nominal a los aparatos de consumo
- Número de viviendas
- Potencia nominal de simultaneidad de los aparatos
- Caudal máximo necesario
- Distribución de la instalación en el edificio
- Velocidad admitida de circulación del gas en la canalización
- Pérdida de carga admitida en la tubería y elementos que integran la instalación.

Existen variables que poseen su respectivo valor en función de la instalación a realizarse.

2.2.1 Aparatos de Consumo y Ubicación

Cada fabricante de aparatos o equipos que consumen gases combustibles contienen en sus respectivos manuales de instalación: características de ubicación, operación, mantenimiento y seguridad que lo hacen eficiente dentro de una localidad, satisfaciendo los requerimientos del cliente.

Existen dos grandes clasificaciones de los aparatos de consumo, la primera, desde el punto de vista de su instalación (fijo o móviles); y la segunda, por la forma del circuito de aire y productos de combustión (estancos y de circuito abierto).

El apéndice H, INEN 2260, numeral 3.1.6 y 3.1.7 se indican la diferencia entre aparatos estanco y de circuito abierto; y, en el numeral 5.7 se destaca la instalación de los aparatos de consumo y las medidas mínimas de ventilación a utilizarse.

2.2.2 Consumo por Aparatos y el Caudal Total

Tabulados en el apéndice I, se obtiene la potencia nominal promedio y el caudal volumétrico de los aparatos de consumo de gas. En cálculos de proyectos más rigurosos puede obtenérselo a través de la placa de los mismos aparatos.

Se denomina potencia nominal de utilización simultánea (P_s) al producto del caudal máximo probable o de simultaneidad (Q_s) y el poder calorífico superior (P.C.I.), que dependiendo de la instalación puede ser individual o común, con lo cual la forma de obtener P_s varía.

$$P_s = Q_s \cdot P.C.I.$$

A) *Cálculo de P_s en Instalación Individual*

A cada aparato de consumo de gas, se le calcula el caudal respectivo máximo nominal (relación entre la potencia nominal del mismo y el P.C.I.). Se recomienda el uso de caudal másico aunque es aceptado el caudal volumétrico,

La determinación del caudal máximo probable o de

simultaneidad en instalación individual (Q_{si}) se establece por:

$$Q_{si} = A + B + \frac{C + D + \dots + N}{2}$$

donde :

A, B : caudales máximos nominales de los dos aparatos de mayor consumo

C, D, N : caudales máximos nominales del resto de los aparatos en la vivienda

Por lo tanto, en la potencia de simultaneidad de instalaciones individuales se obtiene:

$$P_{si} = Q_{si} (P.C.I.)$$

La potencia mínima a considerar, si la instalación de una vivienda individual corresponde al grado 1, se estima en 30 KW (25800 Kcal/h) para el cálculo de la instalación, valor utilizado para cubrir las posibles ampliaciones.

B) Cálculo de P_s en Instalación Común

Partiendo de la aplicación anterior, la potencia nominal de

utilización simultánea en instalaciones comunes se consigue:

$$P_{sc} = Q_{sc} \cdot (P.C.I.) = S \cdot (\sum Q_{si}) \cdot (P.C.I.)$$

donde :

$\sum Q_{si}$: suma de los caudales máximos probables de simultaneidad de las instalaciones individuales alimentadas por la instalación común.

S : factor de simultaneidad, que depende del número de instalaciones alimentadas por la instalación común.

En la tabla X se indica los valores del factor de simultaneidad en función de las características propias de cada vivienda individual.

TABLA X
FACTOR DE SIMULTANEIDAD EN INSTALACIONES
COMUNES (ref. 2 y ref. 8)

Nº viviendas	S ₁	S ₂
1	1.00	1.00
2	0.50	0.70
3	0.40	0.60
4	0.40	0.55
5	0.40	0.50
6	0.30	0.50
7	0.30	0.50
8	0.30	0.45
9	0.25	0.45
10	0.25	0.45
15	0.20	0.40
25	0.20	0.40
40	0.20	0.40
> 50	0.17	0.35
Condiciones:		
S ₁ :	No está previsto el uso de calefacción y el gas utilizado es gas manufacturado y el suministro de gas es en BP	
S ₂ :	El resto de casos	
Nota:	No interpolar, escoger el valor inmediatamente superior	

C) Cálculo de P_s en Instalación Comerciales o Colectivos

En caso de duda para el cálculo de la potencia total simultánea, se recomienda la suma de las potencias nominales de los aparatos instalados, considerando también las futuras ampliaciones.

2.2.3 Diámetro de Tubería y su Pérdida de Carga

Una estimación rápida para el cálculo del diámetro de tubería se plantea por:

$$D = \sqrt{\frac{37409.23 \cdot Q_v}{P \cdot v}}$$

donde:

D [mm] : Diámetro interior de la tubería

Q_v [m³/h] : Caudal volumétrico (máximo o de simultaneidad)

P [KPa] : Presión absoluta mínima garantizada del tramo analizado

v [m/s] : Velocidad de circulación

En la tabla XI se indican las velocidades máximas permitidas para gas en la instalación.

TABLA XI
VELOCIDADES MÁXIMAS RECOMENDADAS EN
INSTALACIONES DE GASES (ref. 2)

VELOCIDAD MÁX. (m/s)	TIPO DE INSTALACIÓN	LUGAR
30	APA	Acometidas (grandes consumidores)
	MPB MPA BP	Tramos enterrados (de los pequeños consumidores)
20	MPA MPB BP	Tramos vistos Tramos enterados de grandes consumidores

Para la obtención de la presión de entrada a los diferentes aparatos que es superior a la mínima que garantice el funcionamiento correcto de los aparatos, se lo realiza por el cálculo de la pérdida de carga de la instalación en el tramo, dadas por RENOUARD (ref. 2 y ref. 8), válida para cualquier presión, si cumple lo presentado en la tabla XII, por lo tanto:

TABLA XII
VALORES MÁXIMOS ACEPTABLES POR RENOUARD
 (ref. 2)

Tipo de gas	Q _v /D [m ³ /(mm·h)]
Butano	27.7
Propano	27.7
Gas Natural	150

- a) Para presiones absolutas $> 5 \text{ KPa}$ ($0.05 \text{ bar} \cong 0.72 \text{ psig} \cong 20'' \text{ c.d.a.} \cong 508 \text{ mm c.d.a.}$):

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \cdot \rho_c \cdot L \cdot \frac{Q_v^{1.82}}{D^{4.82}}$$

- b) Para presiones absolutas $< 5 \text{ KPa}$:

$$P_1 - P_2 = 232000 \cdot \rho_c \cdot L \cdot \frac{Q_v^{1.82}}{D^{4.82}}$$

donde:

P a) [bar] ó b) [mm c.d.a.]

: Presión absolutas al inicio y extremo de la canalización

ρ_c : Densidad corregida: 0.629 para gas natural; 1.16 para gas propano; 1.44 para gas butano; 1.11 para aire propanado de 13500 Kcal/m^3

L [m] : 1.20 veces la longitud de la tubería, asumida por las pérdidas debidas a los accesorios

Q_v [m^3/h] : Caudal volumétrico a condiciones normales (1 atmósfera y 0°C)

D [mm] : Diámetro interior del tramo de la tubería

Dentro de las instalaciones de GLP, REPSOLGAS, recomienda las siguientes consideraciones mostradas en la tabla XIII.

TABLA XIII

RECOMENDACIONES NECESARIAS PARA INSTALACIONES DE GLP

(ref. 2 y ref. 8)

Lugar	Presión Mínima KPa (bar)	Pérdida de Carga Admitida KPa (mbar)	v _{máx} (m/s)	D (mm)
Acometida Interior	P ≥ 130 (1.3) En llave de acometida o edificio P ≥ 120 (1.2) Llave de armario de contadores	h _L = 10 (100) Desde acometida a llave de armario	20	15
Instalación Común MPB hasta contadores	----	h _L = 4 (40) Hasta el regulador de contador	20	16
Ascendente / Descendente individual	P ≥ 13.5 (0.135) Salida de contador	h _L = 5.5 (55) Hasta el regulador interior de abonado	20	10
Instalación Interior	P ≤ 3.7 (0.037) Salida del regulador del abonado	h _L = 0.4 (4) Hasta llave de aparato	10	13

Un cálculo estimado para la caída de presión establece que la presión de salida sea mínima 95% de la presión de entrada, obteniéndose una caída de presión menor del 5%.

En el apéndice J se encuentran otras recomendaciones para las pérdidas de carga de instalaciones de gas natural y manufacturado.

2.3 Materiales y Accesorios de una Instalación a Gas

Con las aplicaciones de nuevos métodos de manufactura y lo novedoso en el estudio de los materiales se han creado tuberías y accesorios resistentes a la corrosión, al ataque químico, y las fluctuaciones dinámicas que están expuestos en el momento del servicio, que las hacen seguras, más livianas y fáciles de instalar.

Se indican los materiales más usualmente aprobados, sin descuidar que nuevos elementos podrían aplicarse, abaratando los costos de instalación y mantenimiento.

2.3.1 Tuberías: Clasificación y Dimensionado

Independiente de la clase de instalación, se clasifica a la tubería en dos grandes grupos: por su ubicación y por su material, a pesar que existe dependencia entre ellas, tal como se señala en la tabla XIV, y pueden transportar el combustible en estado líquido o vapor. En la instalación a considerar, el

combustible se presenta en estado gaseoso desde el inicio de la trayectoria de la tubería ubicada en el tanque de suministro (tubería de distribución al edificio).

TABLA XIV
CLASIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS EN INSTALACIÓN DE GAS
(INEN 2260)

CLASIFICACIÓN	CLASES		CARACTERÍSTICAS
UBICACIÓN	Tuberías Vistas	T. Vistas T. de Viento T. de Ventilación	De fácil instalación y mantenimiento
	Tuberías Ocultas	T. Enterrada T. Empotrada T. por Conductos o Camisas	Poseer un conducto de ventilación al exterior
MATERIAL	Metálicas (1 ^{ra} , 2 ^{da} , 3 ^{ra} familia)	Acero al carbono Sin costura	Negro o Galvanizada por inmerso en caliente
		Cobre Sin costura Rígida / flexible	Tipo K Tipo L
		Acero Inoxidable	Tubería flexible corrugada tipo CSST
	Plásticas	T. de Polietileno (PE)	Solo para tubería enterrada

Se restringe el material de tuberías para diámetros menores de 12.7 mm que sean de cobre tipo K, L, de bronce y de acero sin costura; en cambio, para diámetros mayores se sugiere de acero sin costura en altas presiones de trabajo

(Registro oficial 313, capítulo 2, artículo 5). La máxima presión de trabajo en las líneas de distribución dentro de un edificio no debe exceder los 138 KPa (1.38 bar \cong 1.41 Kg/cm² \cong 20 psig).

No se admite el uso de tubería de hierro fundido.

En la tabla XV hace referencia a la presión de trabajo (presión máxima efectiva que puede estar sometida una instalación) a considerarse en la selección de tubería metálica, por tal motivo, la presión de trabajo posee 6 veces mayor la presión de servicio dada por los reglamentos de instalación.

TABLA XV
PRESIÓN DE TRABAJO EN TUBERÍA DE METAL (ref. 5)

USOS		PRESIÓN DE OPERACIÓN KPa (psi)	PRESIÓN DE TRABAJO KPa (psi)
a)	En recipientes a presión, descarga de las bombas de transferencia de líquido	---	\geq 2400(350)
b)	Cañerías para vapor de GLP y cañerías para líquido no cubierta en a)	\geq 860 (125)	\geq 1720 (250)
c)	Cañerías para vapor de GLP	< 860 (125)	\geq 860 (125)

2.3.2 Accesorios: Clasificación y Dimensionado

Se recomienda que los accesorios sean compatibles con las

presiones de trabajo expuesto en la tabla XV y los materiales utilizados en la instalación receptora de gas.

Entre los accesorios utilizados se encuentran: eles, tes, cruces, acoplamientos, uniones, bridás, tapones, cuyo material de aporte usado para soldar deberá ser correspondiente con la norma aplicable, por ejemplo soldadura de latón (brazing) con un punto de fusión mayor que 538 °C en uniones de cobre (soldadura fuerte).

2.4 Reguladores

Al regulador se lo considera como aquel dispositivo utilizado para mantener constante el caudal a una presión de salida determinada sin variación de la misma, mientras un aparato este o no en funcionamiento, varios autores lo tratan como el corazón de la instalación.

2.4.1 Clases de Reguladores

Una división práctica se adjudica a la forma de distribución de su caída de presión, entre ellas: de única, dos y tres etapas. En el apéndice H (INEN 2260) se indican con detalle las

definiciones en el numeral 5.4.1.

2.4.2 Características y Dimensionado de los Reguladores

La característica importante de los reguladores de dos y tres etapas, es que garantizan una máxima precisión de la presión en la instalación y un alto grado de flexibilidad en futuras ampliaciones de la misma.

Para su selección se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- a) Tipo de regulador a utilizar (única, dos, tres etapas)
- b) Máxima carga conectada
- c) Presión de descarga mínima (al aparato de uso)
- d) Presión de entrada mínima (del tanque o del regulador)

En la instalación a tratarse, es común el uso de reguladores de dos etapas: de alta y baja presión. En la figura 2.1 se esquematiza las características mínimas de estos reguladores y el apéndice K presenta las características de los reguladores utilizados en el proyecto.

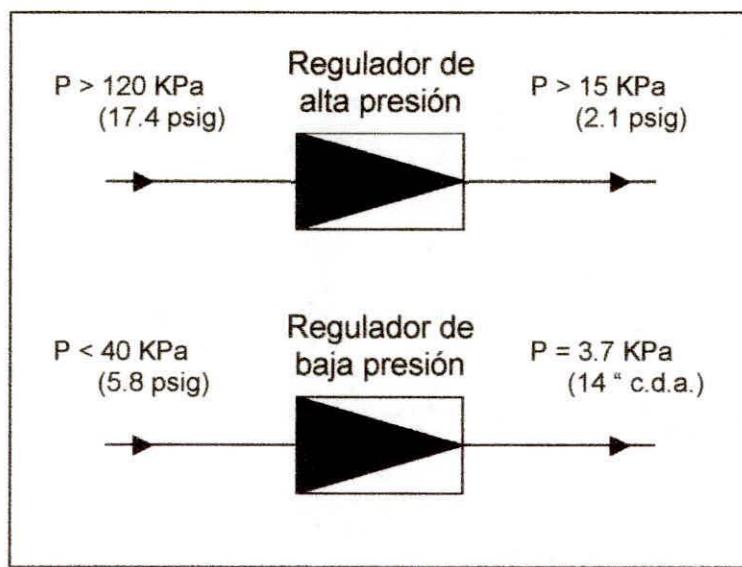


FIGURA 2.1
ESQUEMATIZACIÓN DE REGULADORES DE DOS
ETAPAS (ref. 8)

2.5 Contadores

Su finalidad es medir la cantidad de gas suministrada al usuario.

2.5.1 Clases de Contadores

La norma INEN 2260, en el numeral 5.4.3.3, propone a los contadores volumétricos de paredes de diafragma (deformables) y de pistones rotativos. La diferencia entre ellos es la pérdida de carga mayor y de uso industrial para los

últimos. En la figura 2.2 se esquematiza estos dos contadores.

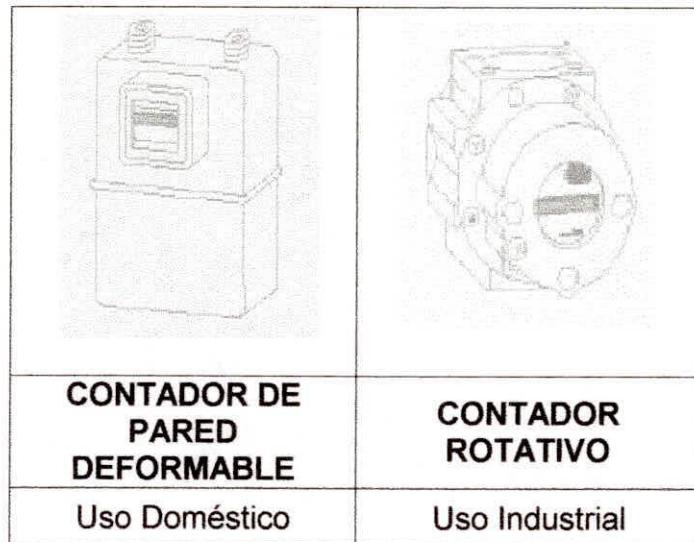


FIGURA 2.2 CLASES DE CONTADORES

2.5.2 Características y Dimensionado de los Contadores

Para la selección de un contador se deben cumplir los siguientes parámetros:

- a) Campo de medida de un contador (caudales máximos y mínimo)
- b) Presión máximo y mínima de servicio
- c) Pérdida de carga

En el apéndice L se suministra las características de los contadores más utilizados.

2.6 Tanques

Se los considera al recipiente que contiene el combustible en su estado de dos fases líquido y vapor en cantidades grandes de almacenamiento.

2.6.1 Clases y Dimensionado

Existen de diferentes formas: cilíndricas horizontales o verticales, y esféricas y dependiendo del lugar alojamientos pueden ser visto y enterrados. Aquí se trata solo cilindro ASME horizontal pues tiene una mayor estabilidad que el vertical y sus apoyos deben tener una resistencia mínima al fuego de RF-180. Para evitar algún peligro con la energía estática producida en su cuerpo, se recomienda el uso de un cable de cobre desnudo de 35 mm^2 junto con una pica de acero galvanizado, para un terreno con resistencia menor a 20Ω

La selección del depósito puede ser realizada por medio de las

tablas de vaporización o por la autonomía del mismo.

a) **Tabla de vaporización**

En el apéndice M se indica las tablas para tanques aéreos y enterrados donde se muestran los caudales requeridos en la instalación, dados: la presión de red, el porcentaje de llenado, temperatura de operación (tanques aéreos) o combustible aplicado (tanques enterrados) y la superficie del depósito.

El apéndice N, muestra una alternativa para obtener la vaporización del tanque de depósito.

b) **Autonomía del depósito**

Se recomienda un llenado (la primera vez) del 85% de su volumen en estado líquido para que el vapor se aloje y no exista una sobrepresión, para el resto de llenado es del 65% de su capacidad (volumen corregido), por lo cual la capacidad útil se divide para el consumo diario del tanque, el cual indica el tiempo mínimo de llenado que debe transcurrir durante el funcionamiento de la instalación;

varios autores estiman 15 días la autonomía del depósito, así:

$$A_{auto} = \frac{m_u}{m_d} = \frac{\rho_{liq} \cdot V_{corr}}{m_d} = \frac{0.65 \cdot \rho_{liq} \cdot V}{m_d}$$

donde:

A_{auto} [días] : Autonomía del depósito

V_{corr} [m^3] : Volumen corregido del tanque

V [m^3] : Volumen del tanque

ρ_{liq} [Kg/m^3] : Densidad del GLP en estado líquido

asumir $510\ Kg/m^3$

m_d [$Kg/día$] : Consumo diario máximo

m_u [Kg] : Capacidad útil del tanque

En la tabla XVI se indican las presiones de diseño a la correspondiente presión de vapor.

TABLA XVI

PRESIONES DE DISEÑO PARA TANQUE ASME (ref. 5)

PRESIÓN DE VAPOR MÁXIMA A 37.8 °C		PRESIÓN DE DISEÑO	
KPa (psi)	KPa (psi)	KPa (psi)	KPa (psi)
550 (80)		690 (100)	
690 (100)		860 (125)	
860 (125)		1080 (156)	
1100 (159)		1290 (187)	
1200 (175)		1510 (219)	

PRESIÓN DE VAPOR MÁXIMA A 37.8 °C	PRESIÓN DE DISEÑO
KPa (psi)	KPa (psi)
1480 (215)	1720 (250)
1480 (215)	2100 (312.5)

En el apéndice O se hace referencia a los tanques de Acero los Andes utilizados en el medio.

2.7 Criterios para Ubicación de la Instalación

Existen normas que regulan la instalación de los diferentes componentes de los sistemas de GLP en un edificio. La referencia base es la Norma INEN 2260 (apéndice H), tomadas de las normas UNE y la NFPA 58.

2.7.1 Alojamiento para Tuberías y Accesorios

Las más difíciles instalaciones se atribuyen a las tuberías enterradas, pero muy independiente, siempre debe tenerse en cuenta el área de ventilación para que los gases sean lo más pronto evacuados por tiro natural.

Se prohíbe el paso de tuberías para estado líquido en el interior de las edificaciones, como también el paso de estado

gaseoso por sótanos (salvo buenas garantías de evacuación), dormitorios, cuartos de baños u otro lugar que cause daño en su estructura y resistencia.

En el apéndice H, INEN 2260 numeral 5.3.4, se abarca las instrucciones de instalaciones de las diferentes clases de tuberías.

2.7.2 Alojamiento para Reguladores

La norma INEN 2260 en el numeral 5.4.2 (apéndice H) se menciona las características de instalaciones de los reguladores de presión.

2.7.3 Alojamiento para Contadores

En el numeral 5.4.3.4 de la norma INEN 2260 (apéndice H) hace referencia de las instrucciones de instalaciones de los contadores.

2.7.4 Alojamiento para Tanque

En el apéndice H, INEN 2260, numeral 5.5 se engloba los

requerimientos para tanque menor a 20 m³ de contenido de agua, tanto en su montaje e instalación. Para tanque de mayor volumen se recomienda tomar como referencia la norma NFPA 58.

CAPÍTULO 3

3. DIMENSIONADO DE LA RED CANALIZADA DE GAS EN EL CONDOMINIO

La instalación de la red de tuberías en edificio o ciudadelas pertenece al actual requerimiento habitacional que se construyen en las nuevas urbanizaciones de la costa donde se considera la ubicación del tanque de almacenamiento del GLP para su operación y mantenimiento.

El condominio escogido aloja a 16 familias independientes con un total de 81 habitantes, con cuatro distribuciones diferentes del espacio físico residencial y dos subsuelos para estacionamientos de vehículos.

3.1 Plano Arquitectónico del Condominio

En el plano 1 se plantea las características generales del edificio a considerar y su ubicación dentro del solar; mientras, el plano 2 se indica la distribución de los estacionamientos 1 y 2. En cambio, los

planos 3, 4, 5 muestran las reparticiones residenciales de los departamentos en cada piso correspondiente.

3.2 Ubicación de los Aparatos de Consumo

Se estima que los aparatos de consumo dentro del edificio son todos fijos de circuito abierto y de combustible gaseoso de tercera familia. Cada departamento habitacional se ha adecuado con cocina, secadora, calentador de agua y en varios departamentos hay SPA, tal como se expone en los planos 3, 4, 5.

3.3 Requerimientos de Instalación

Una vez reconocida la ubicación de los aparatos de consumo, se calcula el caudal simultáneo requerido y el consumo por día; después, se procede a seleccionar el tanque, y por último, se plantea el mejor recorrido de la red de tubería, sin dejar de lado la seguridad de los habitantes y las normas de instalación de las mismas.

3.3.1 Cálculo de Cargas de Consumo

El cálculo del consumo real de cada departamento se lo estima de la potencia nominal de cada aparato instalado dado

en el apéndice I. En cambio, en el apéndice P en su tabla1, se expone los resultados obtenidos de cada departamento y del edificio en general; como ejemplo ilustrativo, del departamento 2 del 5^{to} piso y las fórmulas del punto 2.2.2 de la tesis, se obtienen de cada aparato el caudal máximo nominal:

Cocina	$\frac{10000 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{10800 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}} = 0.926 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$
Calentador	$\frac{23050 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{10800 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}} = 2.134 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$
Secadora de ropa	$\frac{6020 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{10800 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}} = 0.557 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$
Calentador SPA	$\frac{44109 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{10800 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}} = 4.084 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$

Se estima que el poder calorífico inferior en los cálculos del GLP, en un porcentaje de 70% de propano y 30 % de butano, es 45207 KJ/Kg (10800 Kcal/Kg).

Por lo tanto, el consumo simultáneo individual es:

$$Q_{si} = A_{calentador SPA} + B_{calentador} + (C_{cocina} + D_{secador ropa})/2$$

$$Q_{si} = (4.084 + 2.134 + (0.926 + 0.557) / 2) \text{ Kg/h}$$

$$Q_{si} = 6.960 \text{ Kg/h}$$

Al existir departamentos diferentes, el caudal simultáneo individual también es diferente, cuyo valor global se calcula en 82.842 Kg/h (apéndice P tabla 1).

El factor de simultaneidad (S) de los 16 departamentos se estima en 0.40, escogido del valor inmediatamente superior de la tabla X, ya que no hay calefacción en ningún departamento y asumiendo el suministro a MPB; valor que indica la probabilidad de que estén todos los departamentos consumiendo al mismo tiempo, por lo que, se determina el caudal o consumo máximo de simultaneidad en la instalación común y su potencia en:

$$Q_{sc} = S (\Sigma Q_{si}) = 0.40 (82.842 \text{ Kg/h})$$

$$Q_{sc} = 33.137 \text{ Kg/h}$$

$$P_{sc} = P.C.I. (Q_{sc}) = 10800 \text{ Kcal/Kg} (33.137 \text{ Kg/h})$$

$$P_{sc} = 357879.6 \text{ Kcal/h} * \frac{1 \text{ KW}}{860 \text{ Kcal/h}}$$

$$P_{sc} = 416.14 \text{ KW}$$

El valor indicado de potencia se encasilla en instalación de grado 3 y no es mayor a 700 KW, valor mínimo en instalaciones comunes que necesiten mayores criterios para su ejecución, con lo cual, el procedimiento escogido para el proyecto se acepta por el cumplimientos de los organismos reguladores (tabla IX y apéndice G). Si se escogiera el suministro a BP, sus valores se estiman en 208.07 KW y 16.57 Kg/h, para la potencia y consumo simultáneo común respectivamente.

3.3.2 Selección del Tanque de Depósito

a) Suministro a Media Presión B

El volumen del tanque seleccionado debe satisfacer la demanda de vaporización requerida del consumo máximo probable de simultaneidad común de 33.137 Kg/h, y por el tiempo de operación de los aparatos de consumo estimada empíricamente, expuesto en la tabla XVII, se determina el valor de consumo global máximo diario del condominio en 109.269 Kg/día (apéndice P tabla 1).

Para ilustrar las magnitudes obtenidas en el apéndice P en su tabla 1, otra vez se escoge el departamento 2 del 5^{to} piso, el cual posee un consumo por día de 9.206 Kg, detallado en la tabla XVII, tomados de los valores obtenidos del caudal máximo nominal (caudal requerido) y las tasas asignadas en el funcionamiento de cada equipo de consumo. Se asume la cocina operando con todos sus quemadores, calentador apto, secadora trabajando para 6 habitantes durante 4 hora a la semana, y el calentador de SPA actuando con 1 hora y 12 minutos en un día normal de labores.

TABLA XVII
CONSUMO DIARIO DE UN DEPARTAMENTO DE 6 HABITANTES

APARATOS	CAUDAL REQUERIDO (Kg/h)	FUNCIONAMIENTO (h/día)	CONSUMO (Kg/día)
Cocina	0.926	2.00	1.852
Calentador	2.134	1.00	2.134
Secador de ropa	0.557	0.57	0.319
Calentador SPA	4.084	1.20	4.901
CONSUMO DIARIO			9.206

De la fórmula del literal 2.6.1 se halla la autonomía del recipiente a 15 días (tiempo estimado de recarga), con densidad GLP líquido de 510 Kg/m³ a 20 °C y un consumo

diario del condominio de 109.269 Kg/día; por lo tanto el volumen mínimo requerido del depósito se establece en:

$$A = \frac{\rho_{\text{liq}} \cdot 0.65 \cdot V}{m_d} \Rightarrow V = \frac{A \cdot m_d}{\rho_{\text{liq}} \cdot 0.65} = \frac{15 \text{ días} \cdot 109.269 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{510 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.65}$$

$$V = 4.94 \text{ m}^3$$

La capacidad aceptada y suministrado en el mercado por Aceros Los Andes es de 6 m³ con superficie de 19.06 m²; además, con: una presión de canalización de 138 KPa (20 psig), el 50% de llenado del deposito y temperatura de 10 °C de operación, a partir de la tabla de vaporización de tanques aéreos (apéndice M), se proporciona un suministro de caudal de 44 Kg/h, que satisface el requerimiento en más del 30 %. En el apéndice N se presenta un cálculo alternativo cuyo valor ratifica el volumen escogido.

El uso en los cálculos del poder calorífico superior (11900 Kcal/Kg), utilizando el mismo factor de simultaneidad, hace que se satisfaga una demanda simultánea de 75.184 Kg/h * 0.40 = 30.074 Kg/h (apéndice

P tabla 2), menor valor que la registrada anteriormente, con lo cual se enfatiza el error que puede causar en la selección del tanque y el tiempo estimado de recarga del GLP.

b) Suministro a Baja Presión

La demanda de 16.57 Kg/h, de consumo simultáneo común y un consumo global de 109.269 Kg/día (apéndice P tabla 1), hace que se estime un tanque de:

$$A = \frac{\rho_{\text{liq}} \cdot 0.65 \cdot V}{m_d} \Rightarrow V = \frac{A \cdot m_d}{\rho_{\text{liq}} \cdot 0.65} = \frac{15 \text{ días} \cdot 109.269 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{510 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.65}$$

$$V = 4.94 \text{ m}^3$$

Valor similar pero cuya capacidad aceptada y suministrado en el mercado por Aceros Los Andes es de 4.3 m³ con superficie de 16.74 m²; además, con: una presión de canalización de 147 KPa, el 20% de llenado y temperatura de 10 °C de operación, a partir de la tabla de vaporización de tanques aéreos (apéndice M), donde se proporciona un suministro de caudal de 25 Kg/h, que satisface el requerimiento en más del 50%. En el apéndice N se

presenta un cálculo alternativo cuyo valor ratifica el volumen escogido.

3.3.3 Dimensionado de la Tubería

En esta sección se explica la aceptación del uso de las tablas de la comercializadora de reguladores REGO, en la selección del diámetro de la tubería, pero la elección del material apropiado para la instalación se lo establece en el capítulo 6, en base a costos.

Antes del trazado de la trayectoria de las tuberías de cada piso, se sugiere escoger el sistema de dos reguladores de baja presión de segunda etapa para cada piso, un regulador de alta presión de primera etapa y un armario de contadores tipo módulo A (ref. 8) para la instalación, para asegurar un suministro constante de caudal a cada aparato de consumo.

En la selección de cada contador, dados en la tabla XVIII, se escoge el caudal simultáneo individual de cada departamento (apéndice P tabla 1), del cual, existen cuatro consumos diferentes para los 16 departamentos, resultado de la división

para una densidad de gas GLP de 1.8650 Kg/m³ y con la ayuda del apéndice L se obtiene el contador requerido de tipo G-1.6 y G-4, cuyas cantidades se establecen en 7 y 9 respectivamente.

TABLA XVIII
SELECCIÓN DE CONTADOR PARA CADA DEPARTAMENTO

CONSUMO Q _{si} (Kg/h)	PISO UBICACIÓN	CONSUMO (m ³ /h)	CONTADOR		
			CONSUMO (m ³ /h)	TIPO	UNIDADES
2.038	PB-D2	1.093	2.5	G-1.6	1
2.871	P1-D2-D3 P2-D2-D3	1.539	2.5	G-1.6	4
3.339	P1-D1 P2-D1	1.790	2.5	G-1.6	2
6.960	PB-D1 P3-D1-D2 P4-D1-D2 P5-D1-D2 P6-D1-D2	3.732	6	G-4	9
TOTAL					16

El plano 7 muestra la distribución, dimensión y requerimientos mínimos de los contadores utilizados.

Las tablas para tuberías de baja y alta presión del "MANUAL DE SERVICIO PARA EL INSTALADOR DE GAS – LP" establecida en el apéndice Q de la comercializadora de

reguladores REGO, para la selección del diámetro adecuado, se fundamenta en el trazado más largo desde el regulador de primera etapa al regulador de segunda etapa y desde el regulador de segunda etapa hasta el aparato de consumo más alejado.

Como se indicó anteriormente, en esta sección solo se trata el dimensionado de la instalación, pues existe dos caminos a elegir en cuanto la presión de distribución independiente del material, tal como lo se muestra en la figura 3.1. El análisis sobre el tipo de tuberías más conveniente se lo trata en el capítulo de costos.

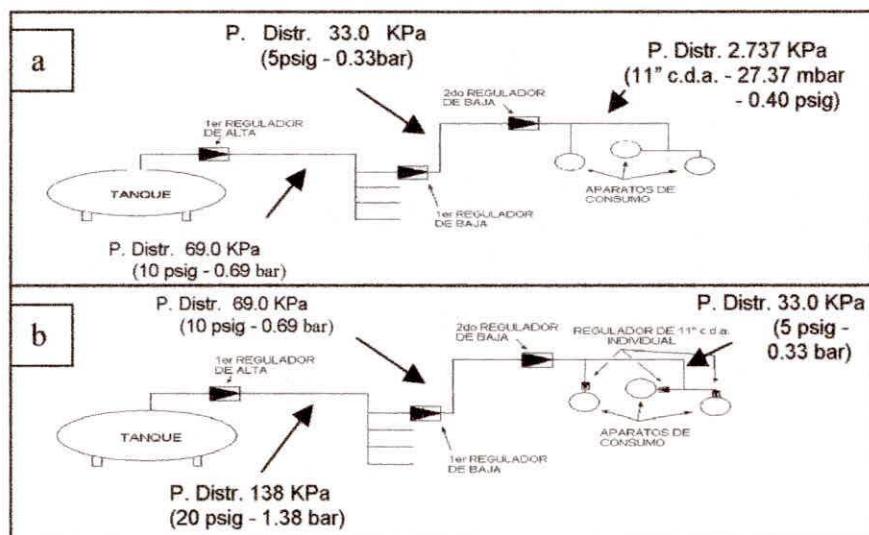


FIGURA 3.1 INSTALACIONES DE REGULADORES Y PRESIONES DE SUMINISTRO

El valor de máxima presión de suministro, tanto para las normalizaciones ecuatorianas como la norma NFPA 58, establecen que el vapor de gas debe suministrarse a presión no mayores que 138 KPa (20 psig), por cañerías hacia el interior de cualquier edificio, por lo tanto, el sistema que debe regularizar la presión en las tuberías está dado por un regulador de primera etapa colocado a la salida tanque manejando variaciones de entrada de vapor de presión entre 1516 KPa (220 psig a 48.9 °C) a 531 KPa (77.1 psig a 10 °C) reduciéndolo a 138 ó 69 KPa (20 ó 10 psig); mientras, los siguientes dos reguladores de segunda etapa, administra, el primero, presión de 69 ó 34 KPa (10 ó 5 psig) a la entrada de cada contador; y, el segundo, presión de 2.73 KPa (11" c.d.a.) ó 34 KPa (5 psig) en la entrada de cada piso para los aparatos de consumo. Solo en el caso de 34 KPa se hace necesario regulador individual a cada aparato.

Cabe indicar que a mayor presión menor es el diámetro seleccionado para la misma trayectoria de la tubería y consumo.

Una vez realizado el trazado de la cañería en funciones de los reguladores planteados, se procede a escoger las longitudes más largas, tal como se lo indica en el apéndice R, corroborada por los planos 7, 8, 9, 10, 11 y 12. Así, para el primer tramo "j-z4", dado desde el regulador de primera etapa, a la salida del tanque, al primer regulador de segunda etapa a la entrada del contador más alejado; el segundo tramo "a¹-a⁰", individual de cada entrepiso, desde la salida del contador al segundo regulador de segunda etapa de cada departamento; mientras, el tercer tramo "a⁰d", desde el segundo regulador de segunda etapa al aparato más alejado.

Selección de Diámetros para Sistema de 10 y 5 psig y de 11" c.d.a.

Por cuestiones de facilidades dadas en los valores de las tablas de REGO, se escoge este sistema con unidades inglesas para la selección del diámetro, además por usarse comúnmente en las instalaciones receptoras, pues, la distribución del gas al interior se lo efectúa a media presión B (MPB) y baja presión (BP), tal como lo indica la figura 3.1.

Los valores de diámetros solicitados para cada piso y departamento están tabulados en el apéndice S; tanto como para tubo de acero y de tuberías de cobre, como ejemplo ilustrativo de la selección, asumiendo instalación de tubos de acero, se escoge el departamento 2 del quinto piso, del apéndice S tabla 1, el cual presenta un trazado "a''a°" requerido de 88.30 pies (26.91 m), dado del apéndice R, desde el primer al segundo regulador de segunda etapa más alejado. Con la ayuda del apéndice Q en su tabla 2 y la figura 3.1.a, para tubería de segunda etapa, el valor inmediato superior estimado es de 90 pies, valor superior que estima las pérdidas provocadas por el recorrido de la tubería y el fluido.

El siguiente paso es sumar las cargas (dada en BTU/h) que soporta la tubería de un departamento en cada tramo, así, el trazado "a''a°" posee un consumo de la cocina, calentador, secador de ropa y calentador SPA de 330010 BTU/h dados en la siguiente forma:

$$(10000 + 23050 + 6020 + 44109) \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 83179 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \Rightarrow$$

$$83179 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \cdot \frac{3412 \text{ BTU}}{860 \text{ Kcal}} = 330010 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

donde el valor superior inmediato en la columna de 90 pies es de 897000 BTU/h (apéndice Q tabla 2), el cual indica un diámetro de $\frac{1}{2}$ de pulgada de tubo, que puede ser de acero galvanizado o negro por inmersión en caliente.

El tramo "a^oa" acoge otra vez a los aparatos de consumo pero a una presión de suministro de 11" c.d.a., donde la trayectoria más larga es de 37.53 pies (10.28 m), utilizando la tabla 4 del apéndice Q y el mismo procedimiento anterior, con 40 pies y 541000 BTU/h, muestra un diámetro de 1 pulgada; en cambio, en el trazado "ab" existe el calentador, secador de ropa y calentador SPA cuyo caudal total en ese tramo es de 290330 BTU/h, donde nuevamente con un consumo de 541000 BTU/h y longitud de 40 pies, otorga un diámetro de 1 pulgada de tubo. A su vez, la trayectoria "bd", solo contiene a la secadora de ropa con un consumo de 23880 BTU/h cuyo valor recomendado de tabla para 137000 BTU/h y 40 pies es un diámetro de $\frac{1}{2}$ pulgada; con lo cual, el procedimiento es repetitivo para el resto de tramos individuales y para las trayectorias "ae", "bc", "cf" y "cg" solicitan diámetros de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ pulgada respectivamente.

En el apéndice T se presenta los criterios para la aceptación de los diámetros expuestos en las tablas 1 (tubos de acero) y 2 (tubos de cobre) del apéndice S, independiente del material a emplear dados por las fórmulas de Renouard. En cambio, el efecto de la altura en esto tipo de instalación, dado en el apéndice U, se plantea el cálculo para la altura máxima registrada del edificio.

Los valores obtenidos de la selección se admiten como la más acertada para la tubería de acero tanto para la distribución dentro del edificio como la ascendente, pero para diámetros de cobre se puede tomar las dadas por Renouard, que son menos conservadores y para la altura se selecciona el inmediato superior, planteado por las tablas de REGO.

Selección de Reguladores para Sistema de 10 – 5 psig – 11" c.d.a.

Siguiendo en el sistema de medida ingles, para este sistema se seleccionan un regulador de primera etapa a la salida del tanque y 32 reguladores de segunda etapa. La clasificación expuesta en la figura 2.1, varia un poco del fabricante

consultado, pero cumplen con los requisitos de consumo máximo y presión de suministro del regulador

Las capacidades se obtienen del consumo de cada departamento y las necesidades de presión de suministro; para el regulador de primera etapa en el tanque, del valor de vaporización de 33.137 Kg/h, se calcula un caudal de:

$$33.137 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot \frac{10800 \text{ Kcal}}{\text{h}} \cdot \frac{3412 \text{ BTU}}{860 \text{ Kcal}} = 1419867 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

Del apéndice K se selecciona el regulador de alta "REGO LV4403 TR", cuyas características técnicas satisfacen una presión de salida de 10 psig y un consumo de 2500000 BTU/h.

Para el primer regulador de segunda etapa, los valores obtenidos de su consumo de simultaneidad individual, indican que un regulador " REGO LV2302 TR", favorece un ajuste de presión a 5 psig y un consumo de 500000 BTU/h; de la misma forma se selecciona el segundo regulador de segunda etapa

"REGO LV4403 B66", para una presión de suministro de 11" c.d.a. y un gasto de 935000 BTU/h, tal como se lo indica la tabla XIX.

TABLA XIX

SELECCIÓN DE REGULADORES PARA SISTEMA

10 – 5 psig Y 11" c.d.a.

ETAPAS	CONSUMO		REGULADORES REGO		
	Kg/h	BTU/h	CAPACIDAD (BTU/h)	SERIE	CANT.
1 ^{ra} ALTA	33.137	1419867	2500000	LV4403TR	1
1 ^{ra} BAJA	6.960	298225	500000	LV2302TR	16
	3.339	143070			
	2.871	123017			
	2.038	87324			
2 ^{da} BAJA	6.960	298225	935000	LV4403B6 6	16
	3.339	143070			
	2.871	123017			
	2.038	87324			

Selección de Diámetros para Sistema de 20 –10 - 5 psig

Este sistema tiene la propiedad de poseer tuberías de menor diámetro, tal como lo indica el apéndice S en sus tablas 3 (tubos de acero) y 4 (tubos de cobre), con lo cual, al final de cada tramo para los aparatos de consumo se le aplica un regulador de menor capacidad que garantice una presión de 11" c.d.a. para el correcto funcionamiento de los mismos.

Para usarse en presiones de 20 psig, se multiplica los valores de caudal del apéndice Q en su tabla 1 por el factor 0.844 en la longitud del tramo deseado.

Al hacerse una diferencia entre las tuberías planteadas, las de acero poseen una mayor capacidad de caudal y menor diámetro que las tuberías de cobre, si existe mayor presión aplicada durante su suministro.

Selección de Reguladores para Sistema 20 – 10 – 5 psig

De la igual procedimiento del sistema de 10 – 5 psig y 11" c.d.a. las capacidades se desarrollan por el consumo de cada departamento y la presión de suministro, por lo tanto, para el regulador de alta "REGO LV4403TR" con características de ajuste para un suministro de 20 psig y consumo de 2500000 BTU/h, satisface lo requerido para el regulador de primera etapa.

En cambio para 10 y 5 psig, se utilizan los reguladores mostrados en la tabla XX, y la diferencia con la tabla XIX se fundamenta en la etapa terminal con reguladores individuales

de cilindros de 15 Kg que poseen un consumo de 2 Kg/h, y reguladores para consumo de 5 Kg/h.

TABLA XX
SELECCIÓN DE REGULADORES PARA SISTEMA
20 - 10 - 5 PSIG

ETAPAS	CONSUMO		REGULADORES REGO			
	Kg/h	BTU/h	CAPACIDAD (BTU/h)	SERIE	CANT.	
1^{ra} ALTA	33.137	1419867	2500000	LV4403TR	1	
1^{ra} BAJA	6.960	298225	500000	LV2302TR	16	
	3.339	143070				
	2.871	123017				
	2.038	87324				
2^{da} BAJA	6.960	298225	935000	LV4403SR	16	
	3.339	143070				
	2.871	123017				
	2.038	87324				
Terminal	5.000	214239	214239		20	
Terminal	2.000	85696	85696		37	

3.4 Ubicación del Tanque

El plano 12 presenta el sitio donde el tanque cumple con las normas de instalación, aquí el tanque aéreo es económico en la instalación y montaje y las facilidades del terreno; y tan solo, el tramo "Im" es el único enterrado, mientras el resto de la tubería es vista.

El tanque se encuentra a 50 cm sobre el nivel del suelo, soportado

por armadura metálica que facilitan su deformación de resistencia mínima al fuego RF-180. También posee un cable de cobre desnudo de 35 mm² conectado con una pica de acero galvanizado, puesto a tierra, con una resistencia menor a 20 Ω, donde se asegura una evacuación a tierra de la carga estática producida en el tanque.

3.5 Trayectoria de la Red Canalizada

La red de tubería en su mayoría es vista, pero en lugares donde traspasa paredes, debe ir empotradas, provista de una camisa, para evitar algún daño en su estructura por efectos del medio que los rodean, también posee quiebres que facilitan la absorción de deformaciones. Se sugiere el uso de pendientes de 0.5% para tramos horizontales mayores a 6 m en tuberías vistas y pendiente mayores a 1% en tuberías enterradas, tal como se plantea en las trayectorias expuestas en los planos 8, 9, 10, 11 y 12.

La distancias de los anclajes en las cañerías se establecen por la tabla XXI, que dependiendo de la seguridad y estética del condominio se escoge el soporte más conveniente del mercado.

Los tubos se alojan a 15 cm debajo del cielo raso, evitando el

choque con las vigas del edificio, y soportadas en la pared.

TABLA XXI

DISTANCIAS DE SOPORTES PARA TUBERÍAS (ref. 2)

TUBERÍA DE ACERO MEDIDA EN METROS (m)								
DIÁMETROS (mm)	< 12	19 a 25	32	38	50	76	102	152
T. horizontal Separación máx.	1.5	2	2.5	3	3	4	5	6
T. vertical Separación máx.	2	3	3	3	3	3	3	3
TUBERÍA DE COBRE MEDIDA EN METRO (m)								
DIÁMETROS (mm)	< 12	15	18	22	28	35	> 42	
T. horizontal Separación máx.	1	1	1.5	1.5	2.5	2.5	3	
T. vertical Separación máx.	1.5	1.5	2	2	3	3	3	

El cambio de GLP a GN no puede efectuarse ya que su consumo sobrepasa lo 4 m³/h, aproximadamente 3.01 Kg/h de GN, (apéndice P, tabla 3) y se podría realizar el cambio utilizando en todos los departamentos cocina, calentador de agua de hasta 10x10⁻³ m³/min y secadora de ropa, utilizándose los mismos accesorios de tuberías y realizando modificaciones en las boquillas de los quemadores.

CAPÍTULO 4

4. NORMAS REGULATORIAS DE INSTALACIONES DE GLP

El buen funcionamiento de las unidades receptoras y distribuidoras de GLP, se deben al cumplimiento de las normas establecidas por organismos reguladores, que emplean grandes cantidades de inversión para el estudio de casos y en el análisis del empleo de nuevas tecnologías que ayudan a reducir el factor de riesgo durante el tiempo de operación de las instalaciones.

Los organismos de control locales, brindan su apoyo a través de normas dadas internacionalmente, pero se establecen parámetros que pueden variar de un estado de referencia a otro, por lo que en la actualidad, la reglas mínimas básicas de cada región o país, realizan ligeras modificaciones aplicables a la objetividad de su posición geográfica, donde nuestro país, no es la excepción.

Las normas internacionales bases de estudio son las NFPA 54 y NFPA 58, Código Nacional de Gas Combustible y Norma para el Almacenamiento y Manejo de Gases Licuados de Petróleo, respectivamente, en complemento con el Reglamento Español de Instalaciones de Gas en Locales destinados a usos domésticos Colectivos o Comerciales, adaptadas al ambiente ecuatoriano.

El INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), al incrementarse el apogeo de las instalaciones comunes, impulsado en las nuevas obras dentro de la ciudad de Guayaquil, pone a consideración normas solo para instalaciones con recipientes de almacenamiento menores a 20 m³. Hasta la fecha de hoy, el reglamento que regula las instalaciones es la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2260: 2001, que en su segunda edición, ha modificado solo las distancias del tanque con los diferentes lugares, pero manteniendo el mismo error al no mostrar su tabla 2, distancias entre los dispositivos de anclaje.

Todas estas normas incluyen los tópicos de tuberías, accesorios, montaje y seguridad, por lo cual no existe una que indique todo en su extensión, salvo en algunas excepciones, por lo cual, se encasillan en las clasificaciones siguientes.

4.1 Normas de Tuberías y Accesorios

- ASTM A53-90 (ISO 65), Especificación de tuberías, acero, negro o galvanizado por inmersión en caliente en caliente sin costura.
- ASTM B88 M 93, Especificación para tuberías de cobre sin costura, tipo K o L.
- ANSI/IAS LC 1b-2001, Tubería flexible corrugada de acero inoxidable.
- ASTM D2513 94a (ISO 4437), Especificaciones para tuberías y accesorios termoplástico para gas a presión.
- NTE INEN 440: 1984, Colores de identificación de tuberías.
- NTE INEN 886:1985, Artefactos domésticos a gas (GLP) Mangueras flexibles de conexión. Requisitos.

4.2 Normas de Instalaciones en Edificios

- NTE INEN 2260: 2001, Instalaciones para gas combustibles en edificaciones de uso residencial, comercial o industrial. Requisitos.
- BCBG, Normas técnicas generales para la instalación de tanques centralizados de gas licuado de petróleo (GLP) en edificaciones de uso residencial, comercial o industrial.
- NFPA 58 Edición 1995, Norma para el almacenamiento y manejo de gases licuados de petróleo. Capítulo 1, 2, 3 , 4 y 5.

- NFPA 54: Edición 1996, Código Nacional del Gas Combustible.

4.3 Normas de Seguridad de la Red Canalizada

- NTE INEN 2261: 2001, Tanques para gases a baja presión.
Requisitos e inspección.
- NTE INEN 1537: 2001, Prevención de incendios. Requisitos de seguridad para operaciones de traspaso de gas licuado de petróleo.
- NTE INEN 1536: 2001, Prevención de incendios. Requisitos de seguridad en plantas de almacenamiento y envasado de gas licuado de petróleo (GLP).

Dentro de la prevención de incendios, se debe contar con un sistema de agua a presión por red, para el lugar de almacenamiento, con una reserva mínima de 25 m^3 , sino existiera alimentación externa, con dos bombas de agua independientes en su fuente y el sistema contra incendios para el interior del edificio. Estos estudios no se incluyen dentro del alcance de la tesis.

CAPÍTULO 5

5. PRUEBAS DEL SISTEMA DE RED CANALIZADA DE GAS

Una vez realizado el montaje de la instalación cumpliendo las normas en vigencia, se procede a las inspecciones, pruebas de control y calificación por parte de la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH), quien otorga al Benemérito Cuerpo de Bombero de Guayaquil (BCBG), la aceptación o no del proyecto a ejecutarse. Una vez aceptado, se corre trámite en el Municipio, quién da el aval de ejecutable. Después la comercializadora de GLP, se pronuncia al DNH, para que realice la inspección final y verificación técnica del sistema, que en un lapso de 15 días laborables se aprueba la operación o no de la instalación.

Para la confirmar el buen funcionamiento de la red canalizada se procede a pruebas de estanqueidad, prueba de ensayos no destructivos y pruebas hidrostáticas.

Para tuberías enterradas o empotradas, antes de su instalación respectiva, y después del enfriamiento completo de su soldadura, se deben realizar sus pruebas que garanticen su buen desempeño operativo.

5.1 Prueba de Estanqueidad

Para tuberías

Según la norma INEN 2260:2001, en su literal 5.6.1, se la realiza con aire o gas inerte a una presión entre 1.5 veces la presión máxima de servicio y 21 KPa (3 psig \cong 84" c.d.a.) como mínimo. Por tratarse de sistemas con diferentes presiones, se toma individualmente cada tramo en función de su presión de suministro, así presiones de prueba de 30, 15, 7.5 y 0.60 psig para sistemas de 20, 10, 5 psig y 11" c.d.a. respectivamente.

El tiempo de la prueba está dado en función del volumen del tanque de almacenamiento, con lo cual para volúmenes entre 4 y 680 m³ de capacidad de agua el tiempo es dado por el factor 2.14; así, para un volumen de 6 m³, se debe emplear $2.14 \times 6 = 12.84$ minutos que en la práctica es 13 minutos mínimo para cada tramo, tal como lo presenta la tabla XXII.

TABLA XXII
PRESIONES PARA PRUEBA DE ESTANQUEIDAD

PRESIÓN DE RED	PRESIÓN DE PRUEBAS KPa (psig)	TIEMPO DE PRUEBA (min.)
138 KPa (20 psig)	206.7 (30)	13
69 KPa (10 psig)	103.4 (15)	13
33 KPa (5 psig)	51.7 (7.5)	13
2.73 KPa (11" c.d.a.)	4.1 (0.39)	13

5.2 Prueba de Ensayos No Destructivos

Consultando a una Compañía local sobre el porcentaje de tomas de muestras para pruebas de ensayos no destructivos, se recomienda que sean por radiografía ó líquidos penetrantes, en una cantidad mínima del 20 % de las soldaduras del proyecto, en especial las más críticas, pero en ocasiones eso depende de las especificaciones del contrato con la empresa distribuidora de gas.

5.3 Prueba Hidrostática

Tiene el mismo procedimiento que la prueba de estanqueidad donde no se produzcan pérdidas de presión en un lapso mínimo de 24 horas comprobados con manómetros a presión de suministro del sistema.

Se cierran las válvulas de conexión de los aparatos, incluyendo las válvulas de cierre de línea. Una vez colocado el manómetro en aparato más lejano del quemador a utilizar, se procede abrir la válvula del recipiente para presurizar el sistema, para luego de 3 segundos se cierra bien; después, a cada aparato se le abre la válvula lentamente, y si la presión baja a menos de 10" c.d.a. (0.36 psig \cong 2.48 KPa), se repite todo el procedimiento, ya que se debe leer una presión de 11" c.d.a. (0.40 psig \cong 2.73 KPa) en el tramo de baja presión.

CAPÍTULO 6

6. COSTOS DE LA INSTALACIÓN

Independiente de la clase de sistema a ejecutarse, se debe tener en cuenta el riesgo que implica una falla en la instalación del mismo, por el cual, una rápida evacuación de los gases y dispersadores contra incendio correctamente ubicados ayudan a una inmediata respuesta en caso de algún desastre.

En este capítulo se elige el sistema económico y seguro para el funcionamiento operativo de la red canalizada de gas. La empresa comercializadora de gas se encarga de los gastos de mantenimiento y de administración; tanto los contadores, armario y el tanque estacionario se ofertan en la licitación del proyecto por la comercializadora.

6.1 Costos de Materiales y Mano de Obra

Conocidas tanto las dimensiones de diámetros para los diferentes

sistemas, dependiendo si es de acero o de cobre presentado en el apéndice S, así como, las longitudes de cada tramo de la red expuesta en el apéndice R, y las isometrías respectivas de los planos 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se obtienen las cantidades de materiales a usarse.

Se calcula la mano de obra en el tiempo del proceso de instalación de la tubería con requerimiento en su protección y señalización mostrada en las tablas XXIII y XXIV, donde se emplea a un maestro armador con su respectivo soldador y un pintor.

TABLA XXIII
TIEMPO EN LA INSTALACIÓN DE UN METRO DE TUBERÍA

ANTECEDE	TAREA	DURACIÓN (h)	PREDECESORAS
1	Lectura y toma de tubería de bodega	0.06	---
2	Medición de trayectorias en plano	0.05	---
3	Corte de medidas	0.12	1, 2
4	Preparación de equipo a soldar	0.08	2
5	Preparación de tubería	0.16	2
6	Soldadura de tubería	0.25	4, 5
7	Instalación de tubería	0.41	6
TOTAL DE TIEMPO		1	

TABLA XXIV
TIEMPO EN APLICACIÓN DE PINTURA Y SEÑALIZACIÓN EN UN
METRO DE TUBERÍA

ANTECEDE	TAREA	DURACIÓN (h)	PREDECESORAS
1	Toma de pintura	0.08	---
2	Limpieza exterior de tubería	0.33	---
3	Preparación del compresor	0.08	2
4	Sopleteado	0.17	3
5	Secado	0.25	4
6	Señalización	0.17	5
TOTAL DE TIEMPO		1	

Utilizando tres grupos que trabajen paralelamente para la instalación y montaje de 569 m de tuberías, se obtiene las horas que se necesitan para la tarea, así:

$$1 \text{ h/m} \cdot 569 \text{ m} / 3 \text{ grupos} = 189.67 \text{ h/grupo}$$

El mismo criterio se adopta en las horas de pintura, pero con tres trabajadores se obtiene:

$$1 \text{ h/m} \cdot 569 \text{ m} / 3 \text{ personas} = 189.67 \text{ h/persona}$$

De este modo, en el cronograma se estima el trabajo para la instalación de 569 m de tuberías, donde se requiere 32 días para su ejecución en jornadas de 8 horas diarias, dado en la tabla XXV.

Existe 5 horas muerta antes que comience la actividad de pintura, tal como lo presenta el apéndice V.

TABLA XXV
CRONOGRAMA DE TRABAJO

ANTECEDE	TAREA	DURACIÓN (h)	PREDECESORAS
1	Ploteo de planos	3	---
2	Medición de trayectorias	4	1
3	Cotizaciones de materiales	4	2
4	Compra de materiales	8	3
5	Traslados de equipos	2	4
6	Clasificación de material	2	4
7	Instalación de tuberías (3 grupos de 2 personas)	189.67	6
8	Tiempo muerto antes de inicio de pintura	5	6
9	Pintura y señalización	189.67	8
10	Pruebas de estanqueidad	12	9
11	Correcciones	24	10
TOTAL DE TIEMPO		251.67	
JORNADA / DÍA		8	
DIAS DE TRABAJOS		31.46	

El costo de hora hombre para un trabajador en un mes laboral de 24 días a partir del salario unificado vigente más los beneficios de ley se presenta en la tabla XXVI. Los sueldos se fundamentan en la revista de la Cámara de la Construcción de Guayaquil, en su edición de octubre del año 2003.

TABLA XXVI
COSTO DE HORA HOMBRE

	AYUDANTE	PINTOR	MAESTRO SOLDADOR
Sueldo básico	\$ 126.81	\$ 130.25	\$ 133.19
Componente salarial	\$ 16.00	\$ 16.00	\$ 16.00
SUELDO MENSUAL	\$ 142.81	\$ 146.25	\$ 149.19
Décimo tercer sueldo	\$ 10.57	\$ 10.85	\$ 11.10
Décimo cuarto sueldo	\$ 10.17	\$ 10.17	\$ 10.17
Vacaciones	\$ 5.28	\$ 5.43	\$ 5.55
Fondo de Reserva	\$ 10.57	\$ 10.85	\$ 11.10
Aporte patronal 11.15 %	\$ 14.14	\$ 14.52	\$ 14.85
IECE – SECAP 1%	\$ 1.27	\$ 1.30	\$ 1.33
TOTAL	\$ 194.80	\$ 199.38	\$ 203.29
Divido para 24 días	\$ 8.12	\$ 8.31	\$ 8.47
Divido para 8 horas	\$ 1.01 / h	\$ 1.04 / h	\$ 1.06 / h

La elaboración del presupuesto sin I.V.A en la ejecución de la instalación de la red canalizada de gas se detalla a continuación para los cuatro sistemas planteados, en que las instalaciones de cobre son más caras en relación a las de acero

TABLA XXVII
COSTOS PARA TUBERÍAS DE ACERO
EN EL SISTEMA DE 10 – 5 psig Y 11" c.d.a.

ITEM	MATERIALES	MEDIDAS	CANTIDAD	VALOR UNIT. (\$)	COSTO (\$)
1	Tubo de acero ced. 40 Negro o galvanizada por inmersión en caliente longitud: 6 m	Ø 1 ¼"	5	15.60	78.00
		Ø 1"	11	14.16	155.76
		Ø ¾"	9	11.40	102.60
		Ø 1½"	72	8.64	622.08

ITEM	MATERIALES	MEDIDAS	CANTIDAD	VALOR UNIT. (\$)	COSTO (\$)
2	Codos a 90° ced. 40 Negro o galvanizada por inmersión en caliente	Ø 1 1/4"	8	0.93	7.44
		Ø 1"	40	0.75	30.00
		Ø 3/4"	27	0.63	17.01
		Ø 1/2"	290	0.59	171.10
3	Tees ced. 40 Negro o galvanizada por inmersión en caliente	Ø 1"	20	2.61	52.20
		Ø 3/4"	11	2.24	24.64
		Ø 1/2"	29	2.11	61.19
4	Reducciones Negro o galvanizada por inmersión en caliente	1 1/4" a 1"	1	1.50	1.50
		1" a 3/4"	10	1.00	10.00
		1" a 1/2"	20	1.22	24.40
		3/4" a 1/2"	17	1.10	18.70
5	Llaves de obturador esférico (bola) roscada de presión: 5 bar (73 psig)	Ø 1 1/4"	4	8.96	35.84
		Ø 1"	9	6.64	59.76
		Ø 3/4"	11	4.26	46.86
		Ø 1/2"	67	2.93	196.31
6	Soportería de tubería	Variadas	720	2.00	1440.00
7	Pintura anticorrosiva	Litros	7	10.00	70.00
8	Pintura de protección	Litros	7	10.00	70.00
9	Manómetros tipo Peterson	Roscada 1/4"	49	30.00	1470.00
10	Regulador Rego LV2302 TR capacidad 500000 BTU/h		16	120.00	1920.00
11	Regulador Rego LV4403 B6 capacidad 933500 BTU/h		16	180.00	2880.00
12	Regulador Rego LV4403 TR capacidad 2500000 BTU/h		1	220.00	220.00
13	Soldadura		194	3.50	679.00
14	Gas nitrógeno		143	10.58	1512.94
15	Oxiacetileno		109	16.20	1765.80
SUBTOTAL DE COSTOS DE MATERIALES					13743.13
ITEM	MANO DE OBRA	CANTIDAD	\$/HORA	HORAS	COSTO (\$)
16	Armador	2	1.06	189.67	402.10
17	Soldador	2	1.06	189.67	402.10
18	Pintor	3	1.04	189.67	591.77
19	Ayudantes	2	1.01	189.67	383.13
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA					1779.10
ITEM	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	CANTIDAD	\$/HORA	HORAS	COSTO (\$)
20	Soldadora	3	4.00	189.67	2276.00
21	Equipo de Corte	3	1.50	68.28	307.26
22	Taladro	3	1.50	94.83	426.75
23	Pulidora	3	1.50	94.83	426.75
24	Compresor	1	1.50	189.67	284.50
SUBTOTAL DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					3721.26
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS					19243.49

ITEM	VARIOS	COSTO (\$)
25	Imprevistos	384.87
26	Transporte	962.17
27	Dirección Técnica y Administrativa	3848.70
	TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	5195.74
	COSTO TOTAL	24439.24
	COSTO UNITARIO \$/m	42.95

TABLA XXVIII
COSTOS PARA TUBERÍAS DE ACERO
EN EL SISTEMA DE 20 – 10 – 5 psig

ITEM	MATERIALES	MEDIDAS	CANTIDAD	VALOR UNIT. (\$)	COSTO (\$)
1	Tubo de acero ced. 40 Negro o galvanizada por inmersión en caliente longitud: 6 m	Ø 1"	5	14.16	70.18
		Ø ¾"	1	11.40	11.40
		Ø ½"	91	8.64	786.24
2	Codos a 90° ced. 40 Negro o galvanizada por inmersión en caliente	Ø ¾"	1	0.63	0.63
		Ø ½"	364	0.59	214.76
3	Tees ced.40 Negro o galvanizada por inmersión en caliente	Ø 1"	1	2.61	2.61
		Ø ¾"	1	2.24	2.24
		Ø ½"	59	2.11	124.49
4	Llaves de obturador esférico (bola) roscada de presión: 5 bar (73 psig)	Ø 1"	4	6.64	26.56
		Ø ½"	87	2.93	254.91
5	Soportería de tubería	Variadas	720	2.00	1440.00
6	Pintura anticorrosiva	Litros	7	10.00	70.00
7	Pintura de protección	Litros	7	10.00	70.00
8	Manómetros tipo Peterson	Roscada ¼"	49	30.00	1470.00
9	Regulador Rego LV2302 TR capacidad 500000 BTU/h		16	120.00	1920.00
10	Regulador Rego LV4403 B6 capacidad 933500 BTU/h		16	180.00	2880.00
11	Regulador Rego LV4403 TR capacidad 2500000 BTU/h		1	220.00	220.00
12	Reguladores domésticos capacidad 5 Kg/h		57	15.00	855.00
13	Soldadura		194	3.50	679.00
14	Gas nitrógeno		143	10.58	1512.94
15	Oxiacetileno		109	16.20	1765.80
SUBTOTAL DE COSTOS DE MATERIALES					14377.38

ITEM	MANO DE OBRA	CANTIDAD	\$/HORA	HORAS	COSTO (\$)
16	Armador	2	1.06	189.67	402.10
17	Soldador	2	1.06	189.67	402.10
18	Pintor	3	1.04	189.67	591.77
19	Ayudantes	2	1.01	189.67	383.13
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA					1779.10
ITEM	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	CANTIDAD	\$/HORA	HORAS	COSTO (\$)
20	Soldadora	3	4.00	189.67	2276.00
21	Equipo de Corte	3	1.50	68.28	307.26
22	Taladro	3	1.50	94.83	426.75
23	Pulidora	3	1.50	94.83	426.75
24	Compresor	1	1.50	189.67	284.50
SUBTOTAL DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					3721.26
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS					19877.74
ITEM	VARIOS				COSTO (\$)
25	Imprevistos				397.55
26	Transporte				993.89
27	Dirección Técnica y Administrativa				3975.55
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS					5366.99
COSTO TOTAL					25244.74
COSTO UNITARIO \$/m					44.37

TABLA XXIX
COSTOS PARA TUBERÍAS DE COBRE
EN EL SISTEMA DE 10 – 5 psig Y 11" c.d.a.

ITEM	MATERIALES	MEDIDAS	CANTIDAD	VALOR UNIT. (\$)	COSTO (\$)
1	Tubo de Cobre sin costura Tipo L Longitud: 6 m	Ø 1 1/2"	5	32.20	161.00
		Ø 1"	19	26.34	500.46
		Ø 3/4"	40	18.30	732.00
		Ø 1/2"	34	11.46	389.64
2	Codos a 90° De cobre Espesor: 1.5 mm	Ø 1 1/2"	8	2.50	20.00
		Ø 1"	66	2.00	132.00
		Ø 3/4"	113	1.50	169.50
		Ø 1/2"	178	1.00	178.00
3	Tees De cobre Espesor: 1.5 mm	Ø 1"	26	2.50	65.00
		Ø 3/4"	28	2.24	62.72
		Ø 1/2"	2	2.11	4.22

ITEM	MATERIALES	MEDIDAS	CANTIDAD	VALOR UNIT. (\$)	COSTO (\$)				
4	Reducciones De cobre Espesor: 1.5 mm	1 1/2" a 3/4"	1	2.50	2.50				
		1" a 3/4"	18	2.34	42.12				
		1" a 1/2"	20	2.25	45.00				
		3/4" a 1/2"	23	2.10	48.30				
5	Llaves de obturador esférico (bola) roscada de presión: 5 bar (73 psig)	Ø 1"	19	6.64	126.16				
		Ø 3/4"	34	4.26	144.84				
		Ø 1/2"	36	2.93	105.48				
6	Soportería de tubería	Variadas	720	2.00	1440.00				
7	Pintura anticorrosiva	Litros	7	10.00	70.00				
8	Pintura de protección	Litros	7	10.00	70.00				
9	Manómetros tipo Peterson	Roscada 1/4"	49	30.00	1470.00				
10	Regulador Rego LV2302 TR capacidad 500000 BTU/h		16	120.00	1920.00				
11	Regulador Rego LV4403 SR capacidad 933500 BTU/h		16	180.00	2880.00				
12	Regulador Rego LV4403 TR capacidad 2500000 BTU/h		1	220.00	220.00				
13	Soldadura aporte de Plata (Kg)		8	232.00	1856.00				
14	Oxiacetileno		142.25	16.20	2304.45				
SUBTOTAL DE COSTOS DE MATERIALES					15159.39				
ITEM	MANO DE OBRA	CANTIDAD	\$/HORA	HORAS	COSTO (\$)				
15	Armador	2	1.06	189.67	402.10				
16	Soldador	2	1.06	189.67	402.10				
17	Pintor	3	1.04	189.67	591.77				
18	Ayudantes	2	1.01	189.67	383.13				
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA					1779.10				
ITEM	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	CANTIDAD	\$/HORA	HORAS	COSTO (\$)				
19	Soldadora	3	4.00	189.67	2276.00				
20	Equipo de Corte	3	1.50	68.28	307.26				
21	Taladro	3	1.50	94.83	426.75				
22	Pulidora	3	1.50	94.83	426.75				
23	Compresor	1	1.50	189.67	284.50				
SUBTOTAL DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					3721.26				
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS					20659.75				
ITEM	VARIOS				COSTO (\$)				
24	Imprevistos				413.20				
25	Transporte				1032.99				
26	Dirección Técnica y Administrativa				4131.95				
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS					5578.14				
COSTO TOTAL					26237.89				
COSTO UNITARIO \$/m					46.11				

TABLA XXX
COSTOS PARA TUBERÍAS DE COBRE
EN EL SISTEMA DE 20 - 10 - 5 psig

ITEM	MATERIALES	MEDIDAS	CANTIDAD	VALOR UNIT. (\$)	COSTO (\$)
1	Tubo de Cobre sin costura Tipo L Longitud: 6 m	Ø 1 1/2"	5	32.20	161.00
		Ø ¾"	7	18.30	128.10
		Ø 1/2"	85	11.46	974.10
2	Codos a 90° De cobre Espesor: 1.5 mm	Ø 1 1/2"	8	2.50	20.00
		Ø ¾"	65	1.50	97.50
		Ø 1/2"	283	1.00	283.00
3	Tees De cobre Espesor: 1.5 mm	Ø 1 1/2"	2	3.21	6.42
		Ø ¾"	15	2.24	33.60
		Ø 1/2"	48	2.11	101.28
4	Llaves de obturador esférico (bola) roscada de presión: 5 bar (73 psig)	Ø 1 1/2"	2	8.75	17.50
		Ø ¾"	17	4.26	72.42
		Ø ½"	70	2.93	205.10
5	Soportería de tubería	Variadas	720	2.00	1440.00
6	Pintura anticorrosiva	Litros	7	10.00	70.00
7	Pintura de protección	Litros	7	10.00	70.00
8	Manómetros tipo Peterson	Roscada 1/4"	49	30.00	1470.00
9	Regulador Rego LV2302 TR capacidad 500000 BTU/h		16	120.00	1920.00
10	Regulador Rego LV4403 SR capacidad 933500 BTU/h		16	180.00	2880.00
11	Regulador Rego LV4403 TR capacidad 2500000 BTU/h		1	220.00	220.00
12	Reguladores Domésticos capacidad 2 Kg/h		57	15.00	855.00
13	Soldadura aporte de Plata (Kg)		8	232.00	1856.00
14	Oxiacetileno		142.25	16.20	2304.45
SUBTOTAL DE COSTOS DE MATERIALES					15185.47
ITEM	MANO DE OBRA	CANTIDAD	\$/HORA	HORAS	COSTO (\$)
15	Armador	2	1.06	189.67	402.10
16	Soldador	2	1.06	189.67	402.10
17	Pintor	3	1.04	189.67	591.77
18	Ayudantes	2	1.01	189.67	383.13
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA					1779.10
ITEM	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	CANTIDAD	\$/HORA	HORAS	COSTO (\$)
19	Soldadora	3	4.00	189.67	2276.00
20	Equipo de Corte	3	1.50	68.28	307.26
21	Taladro	3	1.50	94.83	426.75
22	Pulidora	3	1.50	94.83	426.75
23	Compresor	1	1.50	189.67	284.50

SUBTOTAL DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		3721.26
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS		20685.83
ITEM	VARIOS	COSTO (\$)
24	Imprevistos	413.72
25	Transporte	1034.29
26	Dirección Técnica y Administrativa	4137.17
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS		5585.18
COSTO TOTAL		26271.01
COSTO UNITARIO \$/m		46.17

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla XXXI, donde se elige el sistema de cobre para sistemas de 20 – 10 – 5 psig, por tener: pocos accesorios de reducciones, un diámetro casi homogéneo en su distribución, fácil instalación y montaje, y el más importante, resistente a atmósferas corrosivas.

TABLA XXXI

RESUMEN DE COSTOS DEL SISTEMA DE GAS CANALIZADO

MATERIAL	SISTEMA	COSTOS
Acero	10 – 5 psig Y 11" c.d.a.	\$ 24439.24
	20 – 10 – 5 psig	\$ 25244.74
Cobre	10 – 5 psig Y 11" c.d.a.	\$ 26237.89
	20 – 10 – 5 psig	\$ 26271.01

Sumando el costo del tanque, los contadores y el armario se obtiene el costo total de la instalación en la tabla XXXII.

TABLA XXXII
COSTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN	COSTOS
1 Global	Instalación de tuberías de cobre y reguladores	Sistema 20 – 10 – 5 psig	\$ 26271.01
1 unidad	Tanque horizontal	Capacidad 6 m ³	\$ 4800.00
16 unidades	Contadores	Volumétricos Tipo G-4	\$ 5600.00
1 unidad	Armario de Contadores	Modelo A	\$ 520.00
SUBTOTAL			\$ 37191.01
I.V.A. 12%			\$ 4462.92
TOTAL			\$ 41653.93

6.2 Costos de Mantenimiento y Suministro

La empresa comercializadora absorbe los gastos de mantenimiento, que son relativamente bajos, pero siempre debe realizarse las pruebas de estanqueidad cada 10 años por lo mínimo, tal como lo indican las normas internacionales.

6.3 Costos de Consumo de Cada Usuario

El precio de suministro de gas para estos sistemas, se los considera tipo industrial, con valor de \$ 0.4012 el kilogramo de GLP. La comparación de valores dados entre la tabla XXXIII que desglosa los precios que cada usuario debe cancelar por consumo de GLP en un período de 15 días utilizando la vigencia de consumo industrial, y la

tabla XXXIV, que registra el precio subsidiado de un cilindro de 15 Kg, hace notar la diferencia de precios al emplear red canalizada de gas.

TABLA XXXIII
VALORES DE COSTOS REALES POR CONSUMO DE GLP A
0.4012 \$/Kg

PISO	DEPARTAMENTO	HABITANTE	CONSUMO DIARIO MÁXIMO (Kg/día)	CONSUMO MÁXIMO DE 15 DÍAS (Kg)	COSTOS POR 15 DÍAS (\$)
Planta Baja	1 ^{ro}	5	9.206	138.084	55.40
	2 ^{do}	2	2.461	36.917	14.81
Primero	1 ^{ro}	6	4.305	64.569	25.91
	2 ^{do}	4	3.837	57.556	23.09
	3 ^{ro}	4	3.837	57.556	23.09
Segundo	1 ^{ro}	6	4.305	64.569	25.91
	2 ^{do}	4	3.837	57.556	23.09
	3 ^{ro}	4	3.837	57.556	23.09
Tercero	1 ^{ro}	6	9.206	138.084	55.40
	2 ^{do}	6	9.206	138.084	55.40
Cuarto	1 ^{ro}	6	9.206	138.084	55.40
	2 ^{do}	6	9.206	138.084	55.40
Quinto	1 ^{ro}	6	9.206	138.084	55.40
	2 ^{do}	6	9.206	138.084	55.40
Sexto	1 ^{ro}	5	9.206	138.084	55.40
	2 ^{do}	5	9.206	138.084	55.40
TOTALES		81	109.269	1639.038	657.58

En el mercado ecuatoriano el precio del cilindro de 15 Kg, subsidiado en estos actuales momentos, es de \$ 1.60, lo que equivale a 0.11 \$/Kg, con lo cual para un consumo de 109.269 Kg/día,

aproximadamente a 8 cilindros diarios de 15 Kg, representa un costo rápido por los 15 días de \$ 192.00; valor que no representa el consumo real, tal como lo indica la tabla XXXIV.

TABLA XXXIV

VALORES DE COSTOS POR CONSUMO DE GLP A 0.11 \$/Kg

PISO	DEPARTAMENTO	HABITANTE	CONSUMO DIARIO MÁXIMO (Kg/día)	CONSUMO MÁXIMO DE 15 DÍAS (Kg)	COSTOS POR 15 DÍAS (\$)
Planta Baja	1 ^{ro}	5	9.206	138.084	15.19
	2 ^{do}	2	2.461	36.917	4.06
Primero	1 ^{ro}	6	4.305	64.569	7.10
	2 ^{do}	4	3.837	57.556	6.33
	3 ^{ro}	4	3.837	57.556	6.33
Segundo	1 ^{ro}	6	4.305	64.569	7.10
	2 ^{do}	4	3.837	57.556	6.33
	3 ^{ro}	4	3.837	57.556	6.33
Tercero	1 ^{ro}	6	9.206	138.084	15.19
	2 ^{do}	6	9.206	138.084	15.19
Cuarto	1 ^{ro}	6	9.206	138.084	15.19
	2 ^{do}	6	9.206	138.084	15.19
Quinto	1 ^{ro}	6	9.206	138.084	15.19
	2 ^{do}	6	9.206	138.084	15.19
Sexto	1 ^{ro}	5	9.206	138.084	15.19
	2 ^{do}	5	9.206	138.084	15.19
TOTALES		81	109.269	1639.038	180.29

El ministerio de Energía y Minas debe establecer alguna ley que garantice a estas instalaciones su masificación y no sean tratadas en el ámbito industrial con precios internacionales, haciéndolas más accesibles a la población.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La instalación de gas diseñada para el condominio, que suministra gas GLP, permite el abastecimiento adecuado de gas para atender las necesidades actuales y futuras, sin las modificaciones de los diámetros de la red de suministro, reguladores y elementos de control.

2. La instalación diseñada puede conducir por su red otra alternativa de gas combustible, como el GN (que se prevé grandes reservas para su uso y por la calidad de ser un combustible más limpio que el GLP), siempre y cuando en todos los departamentos se alojen cocina, calentador de agua (de hasta 10×10^{-3} m³/min) y secadora de ropa, cuyo consumo no sobrepase los 4 m³/h (3.01 Kg/h) de GN, utilizando los mismos accesorios y tuberías; y modificando las boquillas de los quemadores.

3. Los cálculos obtenidos en el dimensionado de la tubería, realizados por la fórmula de Renouard y la mecánica de fluidos, indican que las tablas suministradas por empresas que fabrican accesorios para instalaciones de GLP, apéndice Q, son conservadoras al considerar el uso del tramo más largo de la trayectoria. Los diámetros de las tuberías de acero negro o galvanizado seleccionados en las tablas pueden ser empleadas tanto para tramos horizontales como verticales. En cambio, para las tuberías de cobre se escoge el inmediato superior para tramos verticales, lo que cubre la caída de presión generada por una altura de 23.94 metros; mientras, se mantiene el mismo diámetro para trayectorias horizontales.

4. Se escoge el sistema de media presión B, 20 – 10 – 5 psig, que utiliza tubería de cobre tipo L para tramos rectos, a un costo de \$ 41653.93 incluido materiales, mano de obra, instalación de tanque, reguladores, armario y contadores; aunque, su costo por material es más elevado comparado con de acero negro o galvanizado, pero mantiene una homogenización del diámetro en el trayecto de la tubería que facilita la instalación del mismo y al ser más resistente a la corrosión tiene un menor costo de mantenimiento.

5. El cliente que usa una red canalizada de gas, obtiene un flujo constante y paga lo que en realidad consume, y evita el manejado del cilindro de 15 Kg de GLP , que en muchas ocasiones desconoce los peligros del tipo de producto que se almacena, además las maniobras de desembarque de estos a los sitios de comercialización y el traslado al hogar, hace que estos se deterioren, presenten golpes en la estructura de su cuerpo o se realice un mal acople del regulador, que causan consecuencias desastrosas para el usuario.

6. El sistema consume un estimado de 109.269 Kg/día de GLP que representa un desembolso de \$0.4012 por Kg de GLP, pagándose quincenalmente por el uso de gas canalizado un total de \$ 657.58, valor exageradamente superior que no representa un incentivo para la masificación de la red canalizada, por lo tanto, debe el Gobierno Central llevar la iniciativa y proyectar la generalización del uso común de gas canalizado para las nuevas construcciones habitacionales, tal como ocurre en otros países de Latinoamérica, considerándolas no industriales, fomentando a nuevos profesionales en el campo y empresas que brindan la instalación de este servicio.

7. La instalación propuesta en la tesis cumple con las normas básicas mínimas dadas por el INEN y la NFPA 58 en cuanto a la ubicación del tanque, el alojamiento de los contadores y la presión de servicio menor a 138 KPa (20 psig). Las autoridades locales, en cada caso regula la instalación asegurando su buen uso.

APÉNDICES

APÉNDICE A

INTRODUCCIÓN A LA COMBUSTIÓN

La combustión es una reacción de oxidación rápida, autosostenida y acompañada de liberación de energía (exotérmica) en forma de calor, luz y posiblemente sobrepresión explosiva. Arder es el verbo que califica el encontrarse en estado de combustión.

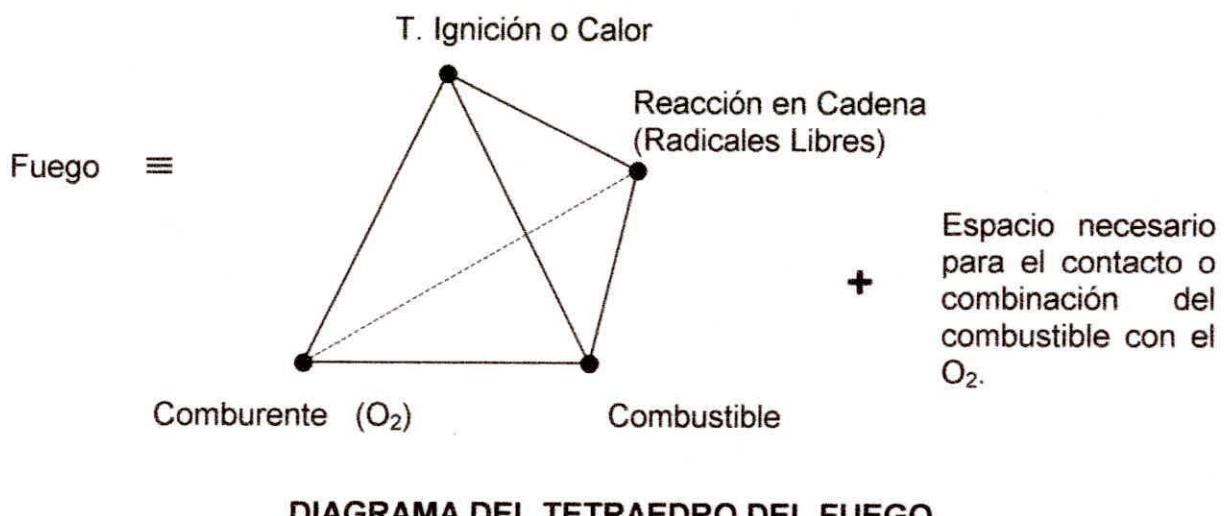
Se produce la combustión cuando la temperatura a la que se somete una sustancia (combustible) es tal que provoca la producción de gases de esa sustancia; y son esos gases los que se combinan inmediatamente con el oxígeno (comburente) del aire, produciéndose el fuego. En general, una combustión produce óxidos de la sustancia que arde.

La combustión puede ser viva, con gran producción de energía y acompañada generalmente de llama, o lenta con escasa producción de calor y sin llama. En cambio, un incendio es en definitiva un rápido cambio químico mediante el cual una sustancia se transforma en otros elementos.

INTRODUCCIÓN AL TETRAEDRO DE FUEGO

La química del fuego, han dado como resultado la expansión de las teorías sobre la extensión del fuego. El análisis de la Anatomía del Fuego ha

probado que las moléculas iniciales combustibles se combinan con oxígeno, se oxidan en una serie de etapas sucesivas intermedias, llamadas reacción en cadena, que regula los cambios de la llama. Se indica a continuación el diagrama del tetraedro del fuego.



Durante cada etapa se forman moléculas inestables llamadas Radicales Libres que son de muy corta vida. La formación y consumo casi simultáneo de estos radicales, parece ser la vida de la llama. Haciendo desaparecer los radicales libres, se detiene la reacción en cadena, esto es lo que logran los hidrocarburos halogenados y el uso de polvo químico seco usado como agentes extintores.

A) COMBURENTE U OXIDANTE

Es la propiedad de una sustancia que puede iniciar y mantener una reacción de oxidación en presencia de una reductora (combustible).

El mayor comburente es el oxígeno que forma el 21% del volumen del aire (23% en peso) y actúa en el Tetraedro del Fuego. Según el porcentaje de oxígeno en el aire se obtiene:

Porcentaje en el aire	Causas
$O_2 \geq 18\%$	El cuerpo en combustión toma una brillantez por acción del calor
$O_2 > 15\%$	Puede ser vital para quien lo respire, sino lo hace en forma violenta
$O_2 < 15\%$	No se produce combustión
$O_2 \leq 10\%$	La persona muere en un lapso de un minuto por asfixia

B) COMBUSTIBLES

Los cuerpos, materiales, elementos o sustancias combustibles pueden quemarse y producir fuego. Una sustancia combustible llega a ser no inflamable, como: el carbón, la leña, un aceite lubricante, etc.; en cambio, todas las sustancias inflamables se consideran combustibles, por ejemplo: las mezclas de vapores de gasolina con el aire, la nitrocelulosa, el algodón suelto, el tiñer, etc.

La materia combustible arde de manera diferente según sea su

estado físico de agregación:

a) Sólidos:

- Combustión sin llama del sólido (incandescente o en brasa). El residuo sólido de tal combustión se llama ceniza.
- Combustión con llama de los vapores inflamables que se genera en el mismo sólido (pirólisis), realizado por una descomposición térmica del sólido, por efecto de calentamiento debido a la propia combustión, que genera gases y vapores, algunos de los cuales pueden ser inflamables (y arder).

b) Los líquidos no arden, pero lo hacen los vapores generados en su evaporación.

c) Los gases y vapores inflamables arden, en la propia fase gaseosa, con emisión de llama. Esta manifestación se debe a que parte de la energía térmica liberada para la combustión se emite, en forma de energía radiante visible, desde los gases y sólidos en suspensión, ambos incandescentes.

APÉNDICE B

GAS LICUADO DE PETRÓLEO (SEGÚN NORMA INEN 675)

CDU 602.787.078.2		INEN	PE 02 02 401
Norma Ecuatoriana	GAS LICUADO DE PETRÓLEO REQUISITOS	INEN 675 1987/03	
OBLIGATORIA			
1. OBJETO			
1.1. Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los diferentes tipos de gas licuado de petróleo.			
2. APLICACION			
2.1. Esta norma se aplica al propano comercial, mezclas propano/butano y butano comercial.			
3. TERMINOLOGIA			
3.1. Gas licuado de petróleo. Es un producto constituido fundamentalmente por propano, butano o sus mezclas, que se comercializa como combustible gaseoso. La denominación de <i>gas licuado de petróleo</i> debe expresarse con la abreviatura <i>GLP</i> .			
4. CLASIFICACION			
4.1. Propano comercial. Es un derivado hidrocarburílico compuesto principalmente por propano y/o propileno, según determinaciones realizadas por la prueba de presión de vapor y de meteorización, y que debe cumplir con los requisitos establecidos en esta norma.			
4.2. Butano comercial. Es un derivado hidrocarburílico compuesto principalmente por butanos y/o butilenos, según determinaciones realizadas por la prueba de presión de vapor y de meteorización, y que debe cumplir con los requisitos establecidos en esta norma.			
4.3. Mezcla butano/propano. Es un derivado hidrocarburílico compuesto principalmente por una combinación de butanos y/o butilenos con propanos y/o propilenos, según determinaciones realizadas por la prueba de presión de vapor y de meteorización, y que deben cumplir con los requisitos establecidos en esta norma.			
5. DISPOSICIONES GENERALES			
5.1. El gas licuado de petróleo puede obtenerse a partir del gas natural o como producto de la refinación del petróleo crudo.			
5.2. Debe presentar un aspecto límpido e incoloro y contener un compuesto oloreiraiente.			
5.3. No debe contener cantidades nocivas de sustancias tóxicas y cancerígenas.			
(Continua)			

6. REQUISITOS DEL PRODUCTO

- 6.1 **Olor.** Desagradable, de acuerdo con la Norma INEN 681.
- 6.2 **Observación de manchas de aceite.** De acuerdo con la Norma INEN 681, el ensayo debe dar resultados negativos.
- 6.3 **Sulfuro de hidrógeno.** De acuerdo con la Norma INEN 679, el ensayo debe dar resultados negativos.
- 6.4 **Densidad relativa.** El valor debe determinarse de acuerdo con lo señalado en la Norma INEN 684.
- 6.5 El gas licuado de petróleo, ya sea propano comercial, mezcla propano-butano o butano comercial, ensayado de acuerdo a las normas ecuatorianas correspondientes, debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos del gas licuado de petróleo

REQUISITO	UNIDA.	Tipo A		Tipo C		Tipo B		METODO DE ENSAYO
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
Presión de vapor a 37,8 °C (100 °F).	Pascal* (Psi)		$14,47 \times 10^5$ (210)		$13,78 \times 10^5$ (200)		$4,82 \times 10^5$ (70)	INEN 676
Temperatura de evaporación del 95% del volumen a $1,0133 \times 10^5$ Pa	°C (°F)		—38,3 (-37)		2,2 (36)		2,2 (36)	INEN 677
Corrosión sobre la lámina de cobre			No. 1		No. 1		No. 1	INEN 678
Contenido de azufre	mg/m ³		343		343		343	INEN 679
Residuo de evaporación de 100 cm ³	cm ³		0,05		0,05		0,05	INEN 681
Pentano y pesados (C5 +)	%		—		2,0		2,0	INEN 683
Butano y pesados (C4 +)			2,5		—		—	

* 10^5 Pa ≈ 1 kgf/cm²

7. REQUISITOS COMPLEMENTARIOS

7.1 Los envases en los que se comercialice el gas licuado de petróleo deben cumplir con lo señalado en las Normas INEN 111, 112, 113, 116 y 117, respecto a materiales y construcción.

8. MUESTREO

8.1 El muestreo, inspección y recepción deben realizarse de acuerdo con la Norma INEN 674.

(Continúa)

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

- INEN 111 *Cilindros de acero soldados para gas licuado de petróleo.*
INEN 112 *Cilindros de acero soldados para gases licuables. Requisitos de construcción.*
INEN 113 *Planchas de acero al carbono laminadas en caliente para cilindros de gas a baja presión.*
INEN 116 *Válvulas para cilindros de gas licuado de petróleo.*
INEN 117 *Roscas ASA para tuberías y accesorios. Especificaciones.*
INEN 674 *Gas licuado de petróleo. Muestreo.*
INEN 676 *Gas licuado de petróleo. Determinación de la presión de vapor.*
INEN 677 *Gas licuado de petróleo. Determinación de la temperatura de evaporación del 95% del volumen.*
INEN 678 *Gas licuado de petróleo. Determinación de la corrosión sobre la lámina de cobre.*
INEN 679 *Gas licuado de petróleo. Determinación del sulfuro de hidrógeno. Método de acetato de plomo.*
INEN 680 *Gas licuado de petróleo. Determinación de azufre. Método de combustión.*
INEN 681 *Gas licuado de petróleo. Determinación del residuo.*
INEN 682 *Gas licuado de petróleo. Determinación del olor.*
INEN 683 *Gas licuado de petróleo. Análisis por cromatografía.*
INEN 684 *Gas licuado de petróleo. Determinación de la densidad relativa.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Sud-Africana SABS 690-1975. *Standard Specification for Liquified Petroleum Gas Mixtures.* South African Bureau of Standards 1975.

Norma Británica BS 4250: 1975. *Specifications for Commercial Butane and Propane.* British Standards Institution, Londres, 1975.

Norma Chilena NCH 72 of 70. *Productos de petróleo. Gas licuado. Especificaciones.* Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización (INDITECNOR), Santiago, 1970.

Norma ASTM D 1835-78. *Liquified Petroleum (LP) Gases.* American Society for Testing and Materials, Filadelfia, 1978.

6E 75 TMP-51. *Selected Standards for Ecuadorian Petroleum Products.* General Electric Company - Tem-
po. Santa Bárbara, California, 1975.

INEN 675

1982-03

INFORMACION COMPLEMENTARIA

La Norma INEN 675 fue sometida a Consulta Pública de 1977-04-15 a 1977-06-01 y se tomaron en cuenta todas las observaciones recibidas.

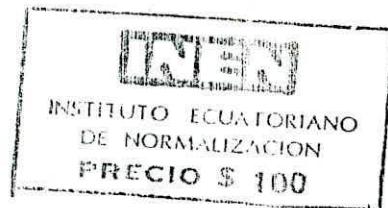
La norma en referencia fue estudiada por el Subcomité Técnico PE 04.01 GAS LICUADO DE PETROLEO y aprobada por éste en 1981-10-30.

Formaron parte del Subcomité Técnico las siguientes personas :

INTEGRANTES:	ORGANIZACION REPRESENTADA:
Ing. Jorge Medina	UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR Facultad de Ing. Química
Ing. Nelly Martínez	UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR Escuela de Ing. Química y Colegio de Ing. Químicos de Pichincha
Ing. Renán Criollo	DIRECCION GENERAL DE HIDROCARBUROS
Ing. Elfás Ruales	MICEI
Ing. Hugo Jara	CEPE — Quito
Ing. Francisco Murillo	CEPE — Quito
Ing. Jaime Riofrío	CEPE — Quito
Dr. José Pérez	CEPE — Refinería Esmeraldas
Ing. Helga de Carrera	CEPE — Refinería Esmeraldas
Ing. Juan Ortíz	CEPE — Refinería Península
Dr. Miguel Vélez	CEPE — Refinería Península
Ing. Ramón Borja	INEN

Esta norma fue aprobada por el Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, en sesión de 1982-03-18.

El señor Ministro de Industrias, Comercio e Integración autorizó y oficializó esta norma con el carácter de OBLIGATORIA, mediante Acuerdo No. 305 de 1982-04-20, publicado en el Registro Oficial No. 242 de 1982-05-13.



APÉNDICE C

COMBUSTIBLES GASEOSOS NATURALES: GAS NATURAL Y GRISÚ

A) GAS NATURAL (GN)

Es una mezcla de hidrocarburos ligeros donde el principal componente es el metano en porcentaje superior del 50%.

Una de las grandes ventajas del gas natural respecto a otros combustibles, se deben a las bajas emisiones de su combustión, lo cual se puede ver en el siguiente cuadro.

CUADRO DE LAS EMISIONES DEL GAS NATURAL

Combustible	MP Material Particulado	SO ₂ Oxido de Sulfuro	NO _x Oxido de Nitrógeno
Gas Natural	1	1	1
Gas de Ciudad	3	61	0,5
Gas Licuado	1,4	23	2
Kerosene	3,4	269	1,5
Diesel	3,3	1.209	1,5
Fuel Oil N° 5	15	4.470	4
Fuel Oil N° 6	39,4	4.433,	4
Carbón	157	5.283	6
Leña	140	13	2

FUENTE: <http://www.innenergy.cl/ventajas1.htm>

Los efectos de las emisiones de las componentes de la combustión se muestran en la siguiente tabla:

PELIGROS DE LAS PARTÍCULAS EN EL MEDIO AMBIENTE

CONTAMINANTE	EFECTOS SOBRE	
	Las personas	El medio ambiente
MP (Material Particulado)	Disminución de la visibilidad Aumento de afecciones respiratorias Tos crónica Ronquera Síntomas respiratorios nocturnos Bronquitis Acceso de asma bronquial	Daño directo a la vegetación (dificultad en la fotosíntesis)
SO ₂ (Dióxido de Sulfuro)	No se le puede atribuir ningún efecto específico, pero si resulta claro que es altamente nocivo en presencia de humedad	Lluvia Ácida
NO _x (Oxido de Nitrógeno)	Irritante Potencialmente cancerígeno	Lluvia Ácida Problemas con el Ozono

FUENTE: <http://www.innenergy.cl/ventajas1.htm>

B) COMBUSTIBLE GASEOSO GRISÚ

Esta esencialmente constituido por metano, se forma por las bolsas en las minas de hulla, en ocasiones, considerado como gas natural. Actualmente se recoge mediante perforaciones, que se realizan en las venas de hulla, con profundidades que oscilan entre 20 y 200 m, situadas a una distancia, unas de otras, de 10 a 20 m; todas las perforaciones se unen a un colector común que se mantiene en depresión, lo que permite la extracción del gas.

APÉNDICE D
CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LOS GASES
MANUFACTURADOS (ARTIFICIALES)

GAS	OBTENCIÓN	CARACTERÍSTICAS	Densidad Relativa Respecto al aire	Poder Calorífico KJ/Kg
Gas del alumbrado o Gas de hulla	Por pirólisis, destilación seca de la hulla a 1000°C, se obtiene un residuo sólido (coque) y un residuo líquido (mezcla de alquitrán, amoniaco, benzol, naftalina y azufre)	➤ Incoloro ➤ Tiene olor característico (base del actual gas de ciudad)	0.4	46900
Gas de coquería	Por pirólisis del carbón de hulla a alta temperatura y largo tiempo	---	0.43	P.C.S. 35250 P.C.I. 31400
Gas de Generador, de gasógeno o gas de aire	Al pasar aire a través de una capa muy gruesa de carbón o coque incandescente. Se varía el contenido de CO al oscilar la temperatura.	➤ Bajo poder calorífico ➤ Gran contenido de gases inertes (nitrógeno y anhídrido carbónico).	--	10000
Gas de agua o gas azul	Por la acción del vapor agua sobre el coque a temperatura (> 1000°C)	➤ Gas rico en hidrógeno y CO ➤ Tiene llama azul.	0.55	15900
Gas de agua carburado	Por mezcla de gas de agua con los gases procedentes del cracking del gasóleo, en una cámara llena de ladrillos a alta temperatura, inyectando gasóleo, que se evaporiza, desprendiendo un gas rico en hidrocarburo ligero.	➤ Gas rico en hidrocarburo ligeros.	0.6	26400 a 27200
Gas de cuidad	Actualmente por reforming de naftas, que es la oxidación de la nafta mediante vapor de agua y aire.	➤ Es purificado del azufre y el CO, para evitar corrosión y toxicidad. ➤ Sus tuberías pueden utilizarse para gas natural	0.5	27000
Gas de acería	Se produce como subproducto en la industria siderúrgica.	➤ Tiene alto contenido de óxidos de hierro(40%) y polvo (150 mg/m³N) ➤ Necesitan de filtros electrostáticos para su uso ➤ Su composición, densidad, poder calorífico y poder de combustión varían con el tiempo.	Es función del Tiempo	Es función del tiempo
Gas de horno alto	De la industria siderúrgica	➤ Gas pobre ➤ Se utiliza en los hornos de coque y centrales térmicas	--	Es más débil que el gas de acería.
Aire propanado o butanado	Por la mezcla en distintas proporciones de butano y aire	➤ Las propiedades depende de proporción de mezcla.	--	--

**COMPOSICIÓN MEDIA DE LOS GASES MANUFACTURADOS
(ARTIFICIALES)**

Gas de:	% en masa							Densidad Absoluta Kg/m ³ (N)
	H ₂	CO	CH ₄	C _n H _m	CO ₂	N ₂	O ₂	
Alumbrado	8.47	23.73	40.68	10.17	7.46	9.49	-	0.5
Coquería	9.76	19.15	42.60	7.66	8.03	12.52	0.28	0.56
Aire	1.13	30.55	1.94	-	8.00	57.60	0.78	1.10
Agua	6.62	72.13	0.80	-	1.33	7.91	-	0.711
Agua carburado	4.28	52.08	9.92	11.85	12.40	9.47	-	0.776
Cuidad	7.65	32.16	26.95	6.90	13.48	12.86	-	0.65
Acería	0.10	54.51	-	-	25.03	20.36	-	1.357
Horno alto	0.21	21.39	-	-	28.98	49.42	-	1.357

APÉNDICE E

CUADRO DE LAS TEMPERATURAS DE INFLAMACIÓN, COMBUSTIÓN Y LÍMITES DE INFLAMABILIDAD

SUSTANCIA	Temperatura de Inflamación (°C) (mezcla estequiométrica)	Temperatura de Combustión (°C) (en el aire)	Límites de inflamabilidad	
			L _{infl i}	L _{infl s}
Aceite de cilindros	---	417	---	---
Acetileno	305	---	2.50	8.00
Alcohol etílico	392	558	3.28	18.95
Antracita	---	500	---	---
Benceno	580	740	1.35	6.75
Butano	415	---	1.86	8.41
Coque blando	---	425/500	---	---
Coque duro	---	500/650	---	---
Etano	472	520/630	3.10	12.45
Etileno	490	542/547	2.75	28.60
Gas de horno alto	---	---	35.00	74.00
Gasóleo	65	336	---	---
Hidrógeno	572	580/590	4.00	75.00
Iso – butano	543	---	1.80	8.44
Metano	535	650/750	5.00	15.00
Monóxido de carbono	609	644/658	12.50	74.20
Pentano	310	---	1.40	7.80
Petróleo	---	295	---	---
Propano	470	---	2.10	10.10

APÉNDICE F

OTRAS PROPIEDADES DEL GLP

PROPIEDADES DEL GAS NATURAL

PROPIEDADES	VALOR	UNIDAD
Densidad respecto al aire	0.6	—
Poder Calorífico Superior	10100	Kcal/m ³

APÉNDICE G

OTRAS CLAFICACIONES DE INSTALACIONES RECTORAS DE GAS Y AQUELLAS QUE PRECISAN DE PROYECTO RIGUROSO

El cuadro siguiente muestra un resumen y sus principales características de otras clasificaciones de instalaciones de combustibles gaseosos.

Instalación	Categoría	Características
Según su Edificación (INEN 2260)	Individual	Llamado también unifamiliar. Por lo menos existe un aparato previsto para entrar en funcionamiento
	Residenciales	Llamado también Multifamiliar. La presión en el interior debe registrarse menor a 0.4 bar (5.80 psig). Se puede llegar a 1.4 bar (20.3 psig) siempre y cuando las tuberías sean soldadas y alojadas en conductos de ventilación
	Comerciales	Destinadas a ventas, servicios o procesos fábriles. En edificaciones comerciales se puede llegar a 1.4 bar (20.3 psig) siempre y cuando las tuberías sean soldadas y alojadas en conductos de ventilación
	Industriales	
Según su Componentes (ref. 2)	Común	Conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave del edificio o la llave de acometida (excluida), si aquella no existe, y las llaves de abonado (incluidas)
	Individual	Conjunto de conducciones y accesorios comprendidas entre la llave de abonado o la de acometida o la de edificio (excluida), y las llaves de conexión a los aparatos (incluidas)
Según el tiempo de utilización (ref. 5)	Estacionarias (Permanentes)	Para uso indefinido, donde no cambia su situación, condición o lugar.
	Temporarias	El tiempo de la instalación es menor a 6 meses

Las instalaciones que precisan proyecto son:

- a) Las instalaciones individuales o comunes, para cualquier clase de usos, cuando la potencia nominal de utilización simultánea sea superior a 70 KW (60200 Kcal/h) o 700 KW, respectivamente

- b) Las acometidas interiores, para cualquier clase de uso siempre que la potencia nominal de utilización simultánea de las instalaciones a que se alimenta sea superior a 700 KW (602100 Kcal/h).
- c) Aquellas otras instalaciones receptoras que por su especiales características precisen proyecto de acuerdo con los correspondientes reglamentos técnicos locales.
- d) Las instalaciones receptoras, suministradas desde redes que operan a una presión de servicio efectiva superior a 4 bar (5.8 psig), para cualquier clase de usos, independiente de la potencia nominal de utilización simultánea.

APÉNDICE H

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2260

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 260:2001

INSTALACIONES PARA GAS COMBUSTIBLE EN
EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL, COMERCIAL O
INDUSTRIAL. REQUISITOS.

Primera Edición

INSTALLATION FOR COMBUSTIBLE GAS FOR BUILDING OF RESIDENCIAL, COMMERCIAL OR INDUSTRIAL USE.
SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPCIÓN: Instalaciones de gas, suministro de gas, requisitos.
PE 04-08-402
CPV: 695-2
CNU: 4102
ICS: 23-040

Norma Técnica
Ecuatoriana
ObligatoriaINSTALACIONES PARA GAS COMBUSTIBLE EN
EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL,
COMERCIAL O INDUSTRIAL
REQUISITOS.NTE INEN
2 260:2001
2001-11

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos técnicos, las medidas de seguridad mínimas que se deben cumplir al proyectar, construir, ampliar, reformar o revisar las instalaciones para gas combustible en edificaciones de uso residencial, comercial y/o industrial así como las exigencias mínimas de los sitios donde se ubiquen los artefactos o equipos que consumen gas combustible, las condiciones técnicas de su conexión, ensayos de comprobación y su puesta en marcha.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a las instalaciones que utilizan gas combustible suministrado por redes de abastecimiento, tanques y/o cilindros portátiles, correspondiendo a los diferentes tipos de gas: gas ciudad, gas natural y gas licuado de petróleo, cuya presión máxima de servicio sea inferior o igual a 4 bar (60 psig).

2.2 Se excluye del alcance de esta norma, el montaje de artefactos que estén alimentados por un único envase o depósito portátil de gas combustible, de contenido unitario inferior a 15 kg, conectado por tubería flexible o acoplado directamente.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Accesorios*. Elementos utilizados para empalmar las tuberías para conducción de gas; forman parte de ellos los usados para hacer cambios de dirección, de nivel, ramificaciones, reducciones o acoplos de tramos de tubería.

3.1.2 *Acometida*. Conjunto de tuberías, equipos y accesorios requeridos para la entrega de gas combustible a uno o varios usuarios.

3.1.3 *Acometida exterior*. Es la parte de la canalización de gas comprendida entre la red de distribución o la válvula de salida en el caso de depósitos de almacenamiento de gases fijos o móviles, y la válvula de distribución hacia los puntos de consumo.

3.1.4 *Acometida interior*. Es el conjunto de tuberías y accesorios comprendidos entre la válvula de distribución, excluida ésta y válvula o válvulas del edificio, incluidas éstas.

3.1.5 *Anillo de distribución*. Parte de las líneas secundarias conformada por accesorios y tuberías que forman mallas o anillos.

3.1.6 *Aparatos a gas de circuito abierto*. Son aquellos aparatos en los que el aire necesario para la combustión se toma de la atmósfera del local en el que se encuentran instalados.

3.1.7 *Aparatos a gas de circuito estanco*. Son aquellos aparatos en los que el circuito de combustión (entrada de aire, cámara de combustión y salida de productos de la combustión) no tienen comunicación alguna con la atmósfera del local en que se encuentran instalados.

3.1.8 *Áreas comunes*. Partes de una edificación multifamiliar que pertenece a los copropietarios o que están afectadas por una servidumbre. En el caso de edificaciones comerciales son aquellas partes de la construcción a las cuales tienen acceso múltiples usuarios.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Instalaciones de gas, suministro de gas, requisitos.

3.1.9 Áreas privadas. Parte de una edificación multifamiliar que están destinadas para fines de habitación (vivienda). En caso de edificaciones comerciales son aquellas partes de la construcción destinadas al desarrollo de la actividad comercial.

3.1.10 Artefactos de gas o gasodomésticos. Son aquellos en los cuales se desarrolla la reacción de combustión, utilizando la energía química de los combustibles gaseosos que es transformada en calor, luz u otra forma.

3.1.11 Autoridad competente. Es la organización, institución o persona responsable de la aprobación de un equipo, una instalación o un procedimiento.

3.1.12 Camisas. Tubos que alojan en su interior una tubería de conducción de gas.

3.1.13 Tuberías. Caños, tuberías, mangueras y conectores de mangueras, flexibles de caucho o metálicos, con válvulas y accesorios que conforman un sistema completo para llevar gas combustible a variadas presiones desde un punto a otro.

3.1.14 Capacidad instalada. Máxima potencia expresada en kW, (Btu/h) que puede suministrar una instalación, la cual depende de las especificaciones de diseño de la misma.

3.1.15 Certificado de conformidad con norma. Es el documento emitido por la autoridad competente, de acuerdo con un sistema de certificación, en el cual se manifiesta adecuada confianza de un producto, proceso o servicio debidamente identificado, que está conforme con una norma técnica u otro documento normativo específico.

3.1.16 Cilindro. Es el recipiente utilizado para almacenar y transportar gas combustible, cuya capacidad volumétrica total no exceda de $0,11 \text{ m}^3$ de contenido de agua a condiciones de referencia (45 Kilogramos de gas combustible), y que por su tamaño y peso permite ser transportado manualmente con cierta facilidad.

3.1.17 Condensados. Son líquidos formados por condensación en la corriente de gas, debido a descomposición química, cambios de temperatura y/o presión.

3.1.18 Condiciones de Referencia. Son las condiciones de presión y de temperatura a las cuales se refieren a los volúmenes del gas combustible. Como condiciones de referencia se toman los valores convencionales equivalentes a una temperatura de $15,6^\circ\text{C}$ (60°F), y una presión de 101,3 kPa (14,7 psi).

3.1.19 Conector flexible. Es el destinado a conectar el punto de salida de una instalación interior o de un cilindro de gas combustible con los gasodomésticos móviles, desplazables o susceptibles de sufrir vibraciones.

3.1.20 Conexión roscada. Es aquélla donde la hermeticidad se logra en los filetes de la rosca de la unión.

3.1.21 Corte automático de gas. Sistema que permite el corte del suministro de gas a la recepción de una determinada señal procedente de un detector de fugas de gas, de una central de alarmas o de cualquier otro dispositivo previsto como elemento de seguridad en la instalación. La reapertura del suministro sólo será posible mediante un rearme manual.

3.1.22 Chimenea general del edificio. Conducto diseñado para la ventilación y/o evacuación de los productos de la combustión de gas que teniendo sus conexiones con locales del edificio tiene una salida única a nivel superior a la cubierta del edificio.

3.1.23 Detector de fugas de gas. Es un aparato que detecta la presencia de gas en el aire y que a una determinada concentración emite una señal de aviso, que puede incluso, poner en funcionamiento un sistema automático de corte de gas.

(Continúa)

3.1.24 Dispositivo de evacuación de condensados. Dispositivo situado en los puntos bajos de las tuberías que acumula y evaca los condensados.

3.1.25 Dispositivo de cierre por sobrepresión. Dispositivo que corta el flujo de vapor de gas combustible cuando la presión de salida del regulador alcanza un máximo predeterminado de presión permitido.

3.1.26 Dispositivo de alivio de presión. Dispositivo diseñado para abrir, evitando una elevación excesiva de la presión interna del fluido por encima de un valor específico, debida a condiciones de emergencia o a condiciones anormales.

3.1.27 Edificación. Cualquier construcción para uso residencial o comercial. En el caso de uso residencial puede ser unifamiliar o multifamiliar.

3.1.28 Factor de coincidencia. Relación existente entre la máxima demanda probable y la máxima potencia de gas.

3.1.29 Familia de gases. Según el índice de Wobbe: La primera familia para el gas de ciudad; la segunda para el gas natural y la tercera para los gases licuados de petróleo, GLP.

3.1.30 Fundas o camisas. Tubo que contiene a otro para protegerle y permitir la evacuación de eventuales fugas.

3.1.31 Gas combustible. Esta norma considera como gas combustible el gas de ciudad, gas natural o gas licuado de petróleo.

3.1.32 Gas de ciudad. Es una mezcla de Hidrógeno, Nitrógeno y otros hidrocarburos.

3.1.33 Gas natural. Es una mezcla de hidrocarburos gaseosos (principalmente metano), proveniente de depósitos del subsuelo y cuya producción puede venir asociada con la del petróleo crudo.

3.1.34 Gas licuado de petróleo, GLP. Está constituido por mezclas de hidrocarburos extraídos del procesamiento del gas natural o del petróleo, gaseoso en condiciones atmosférica, que se licúa fácilmente por enfriamiento o por compresión, constituidos fundamentalmente por propano y butano.

3.1.35 Gas tóxico. Es aquél constituido por elementos nocivos para la salud, como el monóxido de carbono, generados por la combustión incompleta del gas.

3.1.36 Índice de Wobbe. Índice que caracteriza el caudal calorífico de un quemador y viene definido por la relación entre el poder calorífico superior, PCS y la raíz cuadrada de la densidad del gas respecto al aire.

3.1.37 Instalación comercial o industrial. Es la existente en edificaciones destinadas a ventas, servicios o procesos fabriles.

3.1.38 Instalación Multifamiliar. Es la existente en edificaciones donde residen dos ó más familias.

3.1.39 Instalación Unifamiliar. Es la existente en edificaciones donde reside una familia.

3.1.40 Instalaciones para suministro de gas. Conjunto de tuberías, equipos (tanques, reguladores, contadores, etc.), y accesorios requeridos para la conducción del gas a edificaciones.

3.1.41 Instalación estacionaria (permanente). Instalación de recipientes de gas combustible, tuberías y equipos para uso indefinido en una ubicación en particular; una instalación que generalmente se supone no cambiara su situación, condición o lugar.

(Continúa)

3.1.42 Juntas mecánicas por compresión. Elementos de unión donde la hermeticidad se consigue agregando presión sobre las partes de la tubería y los componentes de la unión, mediante un elemento de material plástico.

3.1.43 Línea de acometida o acometida. Derivación de la línea secundaria que llega hasta la válvula de corte (registro) de la primera etapa de regulación asociada al múltiple.

3.1.44 Línea individual. Sistema de tuberías interna o externas a la vivienda que permiten la conducción de gas, hacia los distintos artefactos de consumo de un mismo usuario. Está comprendida entre la salida de los centros de medición (o los reguladores de presión para el caso de instalaciones para el suministro de gas sin medidor) y los puntos de salida para la conexión de los artefactos de consumo.

3.1.45 Líneas matrices. Sistemas de tuberías exteriores o interiores a la edificación (en este último caso, ubicadas en las áreas comunes de la edificación) que forman parte de la instalación para el suministro de gas, donde resulte imprescindible ingresar a las edificaciones multiusuario con el objeto de accesar los centros de medición. Están comprendidas entre la salida del registro de corte en el tanque o la acometida de la respectiva edificación multiusuario y los correspondientes contadores individuales de consumo.

3.1.46 Líneas secundarias. Son los anillos de distribución que se derivan de los reguladores de presión de primera etapa asociados a los respectivos tanques de almacenamiento de GLP.

3.1.47 Llenado por peso. Llenado del recipiente por el peso del GLP dentro del mismo. No se requieren determinaciones ni correcciones por temperatura, ya que una unidad de peso es una cantidad constante, sin importar la temperatura a la que se encuentre.

3.1.48 Llenado volumétrico. Llenado de un recipiente por determinación del volumen de GLP dentro de éste. A menos que el recipiente se llene con un medidor fijo del nivel máximo de líquido, se hace necesaria una corrección del volumen para la temperatura del líquido.

3.1.49 Poder calorífero superior (P.C.S.). Es la cantidad de calor, expresada en kilocalorías, producida por la combustión completa de la unidad de peso o volumen de gas, cuando los productos de la combustión son enfriados hasta el punto que resulte condensado el vapor de agua que contienen.

3.1.50 Presión de servicio de los gasodomésticos. Presión estática relativa medida en la conexión de entrada del gas al gasodoméstico cuando éste se encuentra en funcionamiento. Se expresa en milibares (mbar) o en milímetros de columna de agua (mm C.A).

3.1.51 Presión de Diseño. Es la máxima presión permisible prevista por las normas de construcción, aplicables a cada recipiente o sistema de tuberías, determinada mediante los procedimientos de diseño establecidos para el tipo de materiales en que estén construidos.

3.1.52 Presión mínima de operación. Es la mínima presión efectiva de operación que puede presentarse dentro de un sistema de tubería para la conducción del gas, bajo condiciones normales de servicios, se abrevia "Pmín".

3.1.53 Productos de combustión. Conjuntos de gases, partículas sólidas y vapor de agua que resultan en el proceso de combustión.

3.1.54 Purga de tuberías. Es la operación de limpieza de las tuberías del sistema para la eliminación del aire u otras impurezas.

3.1.55 Recipiente. Cualquier depósito (incluidos: cilindros, tanques móviles, portátiles y fijos) utilizado para transportar o almacenar gas combustible

(Continúa)

3.1.56 Recipiente portátil. Recipiente diseñado para ser movido con facilidad que se distingue de los recipientes diseñados para instalaciones estacionarias.

3.1.57 Regulación de la presión. Proceso que permite reducir y controlar la presión del gas en un sistema de tubería, hasta una presión específica para el suministro. La regulación puede efectuarse en una o varias etapas.

3.1.58 Regulador de presión. Dispositivo que permite abatir y controlar la presión del fluido de gas en un sistema de tuberías.

3.1.59 Salida de gas. Extremo terminal de una instalación individual para suministro de gas, donde está prevista la conexión de gasodomésticos.

3.1.60 Sellante. Sustancias o elementos destinados a garantizar la hermeticidad en montajes mecánicos.

3.1.61 Semisótano. Entrepiso de una edificación ubicado parcialmente por debajo del nivel del terreno.

3.1.62 Sistema contra incendios. Es el conjunto de tubería y equipos diseñados y construidos para atender los conatos de incendio.

3.1.63 Sistema de GLP. Conjunto que consiste en uno o más recipientes, con un medio para llevar GLP (de modo continuo o intermitente) desde el o los recipientes hacia dispositivos surtidores o de consumo, y que incorpora componentes con el objeto de lograr el control de la cantidad, flujo, presión o estado (líquido o vapor).

3.1.64 Sistema fijo de tuberías. Conjunto integrado por tuberías, válvulas y accesorios instalados en una ubicación permanente, que conectan la fuente de GLP a su equipo de utilización.

3.1.65 Soldadura blanda. Es aquella soldadura en la que la temperatura de fusión del metal de aporte es inferior a 500 °C.

3.1.66 Soldadura fuerte. Es aquella soldadura en la que la temperatura de fusión del metal de aporte es igual o superior a 500 °C.

3.1.67 Sótano. Entrepiso de una edificación, ubicado por debajo del nivel del terreno.

3.1.68 Sótano suficientemente ventilado. Es aquel que cuenta con una o varias aberturas de entrada y salida de aire en comunicación directa con el exterior y dispuestas en paredes opuestas.

3.1.69 Tanque fijo o estacionario. Es el recipiente que por su capacidad volumétrica total, su tamaño y peso, debe permanecer fijo en el sitio de emplazamiento. Su diseño y construcción deben cumplir con las especificaciones de esta norma y tener la certificación de conformidad con norma.

3.1.70 Tanque en montículo. Recipiente, diseñado para servicio bajo tierra, instalado por encima de la profundidad requerida para el servicio bajo tierra y cubierto con tierra, arena u otro material; o un recipiente diseñado para servicio en superficie, instalado por encima del nivel y cubierto con tierra, arena u otro material.

3.1.71 Tanques portátiles (También llamados tanques deslizables). Recipientes de más de 0,5 m³ de capacidad de agua utilizados para el transporte de GLP en calidad de paquete, es decir, lleno hasta su máximo nivel permitido. Tales contenedores se montan sobre patines o ruedas y tienen todos sus accesorios debidamente protegidos de tal manera que pueden trasladarse en forma segura como paquete.

(Continúa)

3.1.72 Tanque Semiestacionario. Es el recipiente cuya capacidad volumétrica total está comprendida entre $0,11 \text{ m}^3$ y $0,45 \text{ m}^3$ de contenido de agua, a condiciones de referencia y que por razón de su tamaño y peso debe permanecer en el sitio de emplazamiento. Su diseño y construcción deben cumplir con los requisitos del Código ASME y tener certificación del fabricante.

3.1.73 Trasiego. Es la operación de llenado y vaciado de recipientes que se efectúa por bomba o compresor.

3.1.74 Tubería vista. Tubería instalada en sitios visibles de la edificación.

3.1.75 Tubería de venteo. Tuberías conectadas al orificio de alivio del regulador de presión, usada para conducir a la atmósfera o a sitios ventilados los posibles escapes de gas, producidos por una sobrepresión en el sistema o una ruptura en el diafragma del regulador.

3.1.76 Tubería de ventilación. Es la tubería conectada a la salida de la válvula de seguridad del regulador de presión o de la válvula de seguridad de salida del tanque o cilindro, que permite, conducir a la atmósfera o a sitios ventilados, los posibles escapes de gas producidos por exceso de presión en el sistema.

3.1.77 Tubería enterrada. Tubería instalada bajo suelo y recubierta con materiales de fácil remoción y que no cause ataques corrosivos a ésta.

3.1.78 Tubería empotrada. Tubería de gas combustible ubicada en pisos y paredes (hormigón o mampostería) ubicadas en canales y cubiertas con material de fácil remoción.

3.1.79 Tuberías ocultas. Son aquellas tuberías sobre las cuales no hay una percepción visual directa. Pueden ser: empotradas, enterradas o por ducto.

3.1.80 Tuberías por ductos. Tuberías instaladas en el interior de ductos o camisas.

3.1.81 Usuario. Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio de distribución de gas, bien como propietario del inmueble o como receptor directo del servicio.

3.1.82 Válvula de cierre de emergencia. Válvula de cierre que incorpora medios de cierre térmicos y/o manuales y que también dispone de medios de cierre a distancia.

3.1.83 Vivienda. Parte de la edificación destinada para fines de habitación.

4. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

4.1 Según la presión máxima de servicio, las instalaciones receptoras de gas combustible se clasifican en:

- De baja presión (BP): hasta 0,05 bar (500 mm de columna de agua)
- De media presión A (MPA): hasta 0,4 bar (6 psig)
- De media presión B (MPB): hasta 4 bar (60 psig)

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 Las instalaciones para gas combustible deben estar compuestas por:

(Continúa)

- a) tuberías para distribución de gas combustible.
- b) instrumentos de control y medición (reguladores, contadores y válvulas).
- c) Abastecimiento de gas combustible:
 - c.1) uno o varios cilindros de 45 kg de capacidad.
 - c.2) tanques fijos o estacionarios.
 - c.3) red de abastecimiento .

5.2 Condiciones generales de diseño

5.2.1 El diseño de las instalaciones para suministro de gases combustibles deben tener como mínimo los siguientes aspectos básicos:

- a) El tipo de gas combustible suministrado.
- b) La posibilidad de usar gases combustibles de diferentes familias si se prevé que hacia el futuro puede presentarse el suministro de un gas diferente al considerado inicialmente.
- c) Las variables del entorno que puedan afectar la integridad y seguridad de las instalaciones para suministro de gas combustible.
- d) La demanda máxima de consumo prevista que garantice el funcionamiento de todos los equipos y artefactos que utilizan gas combustible.
- e) La caída de presión en la instalación, de manera que bajo las máximas condiciones de demanda, la presión a la entrada de cada equipo y/o artefacto garantice su funcionamiento.
- f) La longitud del sistema de tuberías, el número y tipo de accesorios utilizados, así como otros elementos instalados en el sistema.
- g) El factor de simultaneidad asociado al cálculo de la demanda máxima probable.
- h) Las previsiones técnicas para atender demandas futuras.
- i) Las limitaciones en cuanto a la máxima presión de operación permisible en sistemas de tuberías instaladas en el interior de las edificaciones residenciales, donde la presión máxima es de 0,4 bar (6 psig), ésta puede incrementarse hasta 1,4 bar (20 psig), previo cumplimiento de los siguientes requisitos:
 - i.1) El sistema de tuberías se construye con conexiones de tipo soldadas. El proceso de soldadura y los soldadores que lo apliquen deben estar calificados.
 - i.2) El sistema de tuberías puede ser instalado en ductos o camisas ventilados, dedicados exclusivamente al alojamiento de estas, de tal forma que se evite la acumulación accidental de gas combustible en el evento de un escape. Estos ductos deben ser construidos de materiales incombustibles y deben estar comunicados directamente a la atmósfera exterior.
- j) En el caso de edificaciones comerciales, la presión de operación en el sistema de tuberías podrá incrementarse hasta 1,4 bar (20 psig) con conexiones soldadas, garantizando que no exista la posibilidad de que se presente la acumulación de gas dentro de la edificación en el evento de una fuga en el sistema de tuberías, mediante el cumplimiento de las condiciones de ventilación en los recintos por los cuales se instale la tubería.
- k) Se deben tener en cuenta las condiciones mínimas de ventilación y aireación del lugar destinado a la instalación de los artefactos a gas, de manera que se garantice el suministro de un volumen permanente de aire para combustión, renovación y evacuación de los productos de combustión. Para estimar tales volúmenes se debe considerar la totalidad de los artefactos o equipos que se van a instalar en el local, incluyendo futuras expansiones y las recomendaciones del fabricante.

(Continúa)

5.3 Tuberías.

5.3.1 Estas deben resistir la acción del gas combustible y del medio exterior, al que deben estar protegidos, mediante un sistema eficaz.

5.3.1.1 Los espesores de las paredes, deben cumplir como mínimo con las condiciones de ensayo de presión impuestas a estas instalaciones, y deben tener una resistencia mecánica suficiente.

5.3.2 *Tipos de tubería.* Los tipos de tubería que se pueden utilizar son: metálicas y plásticas.

5.3.2.1 Tuberías metálicas.

a) Materiales. Las tuberías deben ser de acero al carbono, acero inoxidable y cobre, cuya composición química no sea atacada por el gas combustible, ni por el medio exterior con el que estén en contacto. Para la conducción de gas combustible, en ningún caso se debe utilizar tubería de hierro fundido. Los tipos de tubería metálica que pueden ser utilizados en las instalaciones para suministro de gas son:

a.1) Tubería de acero, mínimo cédula 40 y de acuerdo con las siguientes normas: ISO 65 Heavy o ASTM A53 ; negro o galvanizada por inmersión en caliente. El diámetro interior mínimo debe ser de 12,7 mm

a.2) Tuberías de cobre rígida o flexible, sin costura, según las normas: ISO 1635 o ASTM B 88 M de tipo K o L

a.2.1) No se debe emplear tuberías de cobre si el contenido de sulfuro de hidrógeno por cada metro cúbico del combustible gaseoso es superior, en promedio, a 7 mg .

a.3) Tubería flexible corrugada de acero inoxidable tipo CSST fabricada según las especificaciones de la norma ANSI/AGALC1.

5.3.2.2 *Tuberías plásticas.* Las tuberías plásticas de polietileno (PE) deben ser utilizadas exclusivamente en instalaciones enterradas; sus especificaciones deben cumplir con lo establecido en la norma ISO 4437/ ASTM D2513 o equivalente aceptado por el INEN .

5.3.3 Métodos de acoplamiento de tuberías.

5.3.3.1 Las uniones de los tubos entre sí y de éstos con los accesorios se debe hacer de acuerdo con los materiales en contacto, y de modo que la ejecución de las operaciones se lleve a cabo de forma que no lleguen a provocar pérdidas de estanquidad en las uniones.

a) Las uniones metal-metal solamente se deben aceptar cuando sean del tipo esfera-cono, tipo hermético o similares.

b) También pueden utilizarse uniones con junta de caucho sintético, siempre que ésta trabaje a compresión sobre asientos planos de suficiente sección para asegurar una perfecta estanquidad en las uniones.

c) Cuando se utilicen uniones roscadas, o con manguitos roscados, se debe asegurar la estanquidad mediante politetrafluoroetileno (teflón) o una traba química anaeróbica adecuada.

5.3.3.2 *Conexiones roscadas.* Se utilizan para la unión de tuberías metálicas rígidas y sus correspondientes accesorios. En las conexiones roscadas se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Las conexiones entre tuberías pueden ser roscadas cuando la presión de servicio no exceda de 34 kPa (5 psig)

(Continúa)

- b) La unión roscada debe ser del tipo cónico NGT que cumplan los requisitos de la NTI ISO 7 para conexiones en tuberías y que cumpla con los requerimientos de la NTE INEN correspondiente.
- c) No deben usarse uniones de tipo roscado para tuberías de diámetro mayor que 50 mm .
- d) Se debe utilizar sellantes que cumplan con los requisitos del literal c) del numeral 5.3.4.1.

5.3.3.3 Conexiones soldadas. Se utilizan en la unión de tuberías metálicas rígidas y flexibles y sus correspondientes accesorios. En las conexiones soldadas se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Para soldar tuberías de acero, se deben cumplir los requisitos de la NTE INEN correspondiente.
- b) Para unir tuberías de cobre se debe emplear soldadura fuerte capilar, con punto de fusión entre 550 °C y 800 °C sin decapante.
- c) Tanto los procesos de soldadura como el operario que las aplica deben ser calificados.(Ver NTE INEN 128).

5.3.3.4 Accesorios para tuberías. Los accesorios deben ser de acero, cobre, fundición maleable, fundición dúctil (nodular). No deben utilizarse accesorios para tuberías (eles, tees, cruces, acoplamientos, uniones, bridás y tapones) de hierro fundido.

- a) Las uniones para tubería de hierro forjado, acero o cobre pueden ser roscadas, soldadas o soldadas con soldadura de latón (brazing).
 - 1. Los accesorios utilizados a presiones mayores que la del recipiente, tales como en la descarga de las bombas de transferencia de líquido, deben ser compatibles con una presión de trabajo no menor que 350 psi (2,4 MPa).
 - 2. Los accesorios utilizados con gas combustible líquido o con vapor de gas a presiones operativas mayores que 125 psi (0,9 MPa), deben ser compatibles con una presión de trabajo de 250 psi (1,7 MPa).

5.3.3.5 Otras conexiones metálicas. Solamente se aceptan en tuberías metálicas flexibles y pueden ser abocinadas tipo FLARE. Este tipo de conexiones debe utilizarse únicamente donde la experiencia o ensayos hayan demostrado que son adecuadas para las condiciones locales y donde se prevean, desde el diseño, las consideraciones para impedir la eventual separación de las juntas.

- a) Los accesorios para las conexiones abocardadas deben cumplir los requisitos de la NTE INEN 133.

5.3.3.5 Uniones con empaques: se pueden utilizar en los empalmes donde sea necesario efectuar labores de revisión, reparación o desmonte de las partes, tales como en el acople al contador, en las uniones universales o en los acoplos rápidos.

- a) El sellado de los dos cuerpos que integran la unión universal debe hacerse mediante empaques "o-ring" o planos, de vitón, buna-n, neopreno o materiales similares que no sean atacados por el gas.
- b) Se prohíbe el uso de cauchos naturales para estas aplicaciones.
- c) No se permite el uso de uniones universales con asiento cónico metálico de resistencia menor a 1,03 Mpa (150 psig) y solo deben ser ubicados en lugares visibles y de fácil acceso.

(Continúa)

5.3.3.6 Conexiones para tuberías plásticas. La tubería plástica de polietileno y sus acoplos deben unirse por el método de fusión térmica o mediante la utilización de acoplos de compresión. El sistema que se utilice debe ser compatible con los materiales que se estén uniendo, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) No deben utilizarse conexiones roscadas en tuberías de polietileno.
 - b) No se permite el uso de pegantes o sellantes químicos.
 - c) La junta debe tener un valor de resistencia longitudinal al estiramiento como mínimo igual a la resistencia a la tracción de la tubería plástica.
 - d) Las uniones por fusión térmica deben hacerse de acuerdo con la Norma ASTM D 2657 y deben cumplir las recomendaciones dadas por el fabricante para garantizar que su resistencia es como mínimo equivalente a la de la tubería plástica.
 - e) No debe usarse el método de fusión térmica para unir tuberías fabricadas de materiales plásticos incompatibles.
 - f) Cuando se empleen juntas mecánicas por compresión, debe usarse un segmento tubular o anillo rígido interno en conjunción con el acople y sus dimensiones deben ser tales que entre a ras con la tubería y se extienda por lo menos a lo largo de la longitud total del acople de compresión. No deben usarse anillos seccionados o de ajuste.
 - g) Las uniones en tuberías de polietileno deben realizarse por termofusión, con accesorios mecánicos del tipo por compresión o por accesorios de transición ensamblados en fábrica. Se permite el uso de la fusión por calor y de accesorios de transición ensamblados en fábrica para realizar uniones en todas las medidas de tubo de polietileno utilizadas. Los accesorios mecánicos por compresión no se deben utilizar tuberías que superen los 50 mm (2") de diámetro. Todos los accesorios utilizados para unir tuberías de polietileno deben ser ensayados y recomendados por el fabricante para el uso con tubo de polietileno (PE), y deben instalarse de acuerdo con el procedimiento escrito del fabricante. Para la termofusión, estas instrucciones deben ser específicas para el tipo y grado de polietileno utilizado. Los tubos de polietileno no deben unirse con unión rosca ni con una unión a inglete (unión en ángulo tubo con tubo directamente "miter joint").
- g.1) Los accesorios de polietileno para termofusión deberán estar en concordancia con la norma ASTM D2683. Especificación para accesorios de polietileno (PE) tipo enchufe para tubos de polietileno de diámetro externo controlado o con la norma ASTM D3261. Especificación para tuberías plásticas de polietileno (PE) protegidas y unidas a tope por termofusión o la norma ASTM F1055, "Especificación para accesorios de polietileno del tipo electrofusión para tuberías de polietileno de diámetro externo controlado y protegido" y deben ser recomendados por el fabricante para el uso con gas combustible.
- g.2) Los accesorios mecánicos deberán cumplir con la categoría I de la norma ASTM D2513 para uniones mecánicas y deben ser ensayados y demostrar ser aceptables para el uso con tuberías de polietileno:
- a) Los accesorios mecánicos del tipo por compresión deben incluir un montante de refuerzo tubular interno rígido, que no sea un montante de refuerzo tubular partido, para dar sostén al tubo. El material de las juntas del accesorio deben resistir la acción del gas combustible y debe ser compatible con el material de tubo de polietileno (PE).
 - b) Los accesorios deben instalarse en conformidad con el procedimiento provisto por el fabricante.
- g.3) Los tubos de subida sin ánodo deben cumplir con lo siguiente:
- a) Los tubos de subida sin ánodo ensamblados en fábrica deben estar recomendados por su fabricante para el uso con gas combustible y deben ser ensayados por éste para detectar fugas, en concordancia con procedimientos escritos.

(Continúa)

- b) Los tubos de subida sin ánodo ensamblados in situ, con adaptadores de cabezal de servicio, deben estar recomendados por el fabricante para el uso con gas combustible y deben ser de un diseño certificado que cumpla con los requisitos de la categoría I de la norma ASTM D2513. El fabricante debe proveer al usuario instrucciones de instalación calificadas.

g.4) Toda persona que instale tuberías de polietileno debe estar entrenada en el procedimiento de unión aplicable. El entrenamiento debe estar documentado.

5.3.4 *Instalación de tuberías*

5.3.4.1 Las instalaciones de tuberías de distribución de gas combustible en edificios para uso residencial, comercial o industrial pueden ser: ocultas (empotradas, enterradas y por ductos) y vistas, además, deben cumplir con lo siguiente:

- a) Las tuberías verticales deben ir siempre vistas o en cajetines ventilados, tanto en su parte superior como inferior, y accesibles en toda su extensión.
- b) Los recorridos previstos para los ductos y los lugares destinados a los diversos elementos de la instalación no deben requerir perforación que comprometa los elementos estructurales del inmueble.
- c) Por la naturaleza de la edificación, siempre que el sótano esté suficientemente ventilado, la canalización de entrada del gas combustible debe ser continua, sin dispositivos de cierre, ni derivaciones ni uniones que no sean soldadas en su recorrido por el sótano.
- d) Excepcionalmente se podrá autorizar el paso de tuberías, sin camisa de protección, por sótanos que por la configuración del trazado de la tubería dificulta la colocación de la camisa continua. Para este tramo debe usarse la tubería de acero negro y sin costura.
- e) Cuando se requiera protección, el diámetro interior de la camisa de acero debe ser superior, al menos, en un centímetro al diámetro exterior del tubo al que proteja, y debe ser abierto en ambos lados
- f) El trazado debe tener una pendiente continua que asegure el flujo de los eventuales condensados hacia los puntos bajos, para su extracción; factores que el diseñador debe tomar en cuenta para las instalaciones.
- g) Los componentes flexibles de los sistemas de tuberías deben cumplir con la NTE INEN 885 para el servicio en el cual serán utilizados, deben instalarse de conformidad con las instrucciones del fabricante y deben, además, cumplir con lo siguiente:
 - g.1) Los conectores flexibles deben estar diseñados para una presión de trabajo de 2,4 MPa (346 psig) y se pueden utilizar hasta de 1 m de largo, con tuberías de líquido o vapor, en tanques portátiles o estacionarios, para compensar la dilatación, contracción, trepidación, vibración y sedimentación.
 - g.2) Para líquido, se recomienda la utilización de mangueras de uso húmedo.
 - g.3) Los terminales de la tubería, para conexión con mangueras flexibles, deben estar de acuerdo con lo especificado en la NTE INEN 886.
 - g.4) Las tuberías flexibles pueden estar alojadas dentro de otras tuberías de material incombustible, dedicadas exclusivamente para este fin, con el objeto de facilitar su instalación.
 - g.5) En cualquier caso los tramos de la tubería flexible deben ser continuos y la tubería donde ésta se aloja deben estar conectados directamente al exterior de la edificación para su ventilación.

(Continúa)

- g.6) Los tubos flexibles a base de elastómeros sólo se deben admitir para aparatos móviles o desplazantes o para unir una botella de gas combustible a la instalación fija, sujetándolos convenientemente por los extremos mediante abrazaderas de ajuste mecánico y deben cumplir con lo establecido en la NTE INEN 885 .
- h) No se debe permitir la instalación cercana a tuberías de otros tipos de gases (oxígeno, hidrógeno, acetileno, etc.) las distancias a la instalación de gas combustible deben estar de acuerdo con lo establecido en las tablas 3, 4 y 5, y en la norma NFPA 58.
- i) Las tuberías que puedan estar expuestas a choques deben ser de material resistente o estar protegidas eficazmente por un dispositivo adecuado.
- j) Todo la instalación de abastecimiento y distribución de gas combustible en un edificio de uso residencial, comercial o industrial, (en cualquier caso) debe contar con un sistema de purga y de limpieza.
- k) Toda la instalación de abastecimiento y distribución de gas combustible debe estar protegida contra cualquier daño físico provocado por vehículos.
- l) Los sistemas de tuberías para suministro de gases combustibles deben ser totalmente independientes; por esta razón, no se deben conectar con otro sistema de tubería de gas diferente al que se esté suministrando.
- m) Cuando sea imprescindible instalar tuberías por encima de los cielos falsos, estas no deben apoyarse en la estructura que la conforman. El cielo falso debe ser fácilmente removible y el espacio entre el cielo falso y el techo debe contar con un área de ventilación calculado así:
- m.1) Cuando la zona que conforma el cielo falso posea aberturas que estén comunicados directamente con el exterior, el área de entrada y salida de aire (s), expresados en cm^2 debe ser mayor o igual a 10 veces la superficie en planta (A), expresada en m^2 , del cielo falso a ventilar:
- $$S (\text{cm}^2) \geq 10 A (\text{m}^2)$$
- m.2) Cuando las aberturas del cielo falso se encuentren comunicadas con un recinto ventilado, el área efectiva de comunicación entre los dos espacios debe ser mayor o igual al 50 % de la superficie en planta (A) en m^2 del cielo falso:
- $$S (\text{cm}^2) \geq 0,5 A (\text{m}^2)$$
- n) Se permite la instalación de tubería por encima de cielos falsos y debe ser continua, sin válvulas .
- o) Las tuberías para suministro de gas no deben pasar por dormitorios, baños, ductos de aire, chimeneas, fosos de ascensores, escaleras, sótanos y similares sin ventilación, ductos para instalaciones eléctricas, telefónicas, sanitarias, de basura y lencerías, en los cuales un escape de gas se pueda esparcir a través del edificio, ni por áreas donde haya transformadores eléctricos o recipientes de combustibles líquidos o líquidos cuyos vapores o ellos mismos sean corrosivos. Cuando se deba instalar una tubería que pase por cuartos de baño o por dormitorios, se debe exigir que el tramo de tubería no tenga uniones roscadas, de lo contrario debe ir encamisada.
- o.1) Las tuberías de cobre no deben instalarse en cuartos de baño o zonas donde queden expuestas a la acción de compuestos amoniacales o aguas residuales.
- o.2) Cuando sea imprescindible atravesar juntas de dilatación debe utilizarse tubería flexible corrugada con las holguras necesarias para absorber los efectos del desplazamiento de las edificaciones.

(Continúa)

p) Cuando por la naturaleza de la construcción resulte imprescindible la entrada de las tuberías a través de sótanos o semisótanos, se debe instalar una válvula de corte de fácil acceso en el exterior del sótano y se deben cumplir adicionalmente las siguientes condiciones de ventilación:

p.1) El sótano o semisótano debe tener aberturas de entrada y salida de aire en comunicación directa con el exterior, de tal forma que en caso de un escape se permita la evacuación del gas combustible menos denso que el aire por tiro natural.

p.2) El área de entrada y salida de aire (S) en cm^2 debe ser mayor o igual a diez veces la superficie en planta del recinto (A) en m^2 siendo el área mínima 200 cm^2 :

$$S(\text{cm}^2) \geq 10 A (\text{m}^2)$$

p.3) Cuando el área de ventilación resulte superior a 200 cm^2 , puede subdividirse en superficies de 200 cm^2 como mínimo, que al ser de forma rectangular deben tener un lado de dimensión mínima igual a 10 cm .

p.4) Si no es posible proporcionar al sótano ventilación natural, ésta debe efectuarse mediante un conducto cuya sección transversal sea igual al área calculada anteriormente, afectándola por un factor en función de la longitud del conducto, así:

Longitud (m)	Factor
$3 \leq L \leq 10$	1,5
$10 \leq L \leq 26$	2,0
$26 \leq L \leq 50$	2,5

q) Para gases más densos que el aire, se permite la instalación de tuberías metálicas con uniones roscadas por sótanos o semisótanos siempre y cuando vayan dentro de una camisa metálica rígida abierta al menos por uno de sus extremos y que sobresalga hacia el exterior del sótano. Los extremos de la camisa deben distanciarse como mínimo 3 metros de cualquier abertura de ventilación de sótanos. En este caso una de las aberturas del sótano a las que se refiere el literal p) de este numeral debe quedar en la parte inferior del recinto.

- q.1) En caso de no poder encamisar dicha tubería, las uniones de las mismas deben ser soldadas. El proceso de soldadura y los soldadores que lo apliquen deben ser calificados.
- r) Para gases menos densos que el aire, se permite la instalación de tuberías metálicas con uniones roscadas por sótanos o semisótanos, siempre y cuando el área de ventilación sea el doble de lo requerido en el literal p) de este numeral, de lo contrario se debe utilizar tubería metálica con uniones soldadas.

s) Para seguridad de la instalación, ésta debe considerar lo siguiente:

s.1) Uno o más dispositivos de evacuación de condensados, cuando el trazado de la instalación y las características del gas lo hagan necesario.

s.2) Una toma de prueba, provista de tapón roscado estanco a la salida del contador.

s.3) Limitadores de presión especialmente en edificios de gran altura.

s.4) Forro aislante sobre determinados tubos, aunque estén encamisados, para asegurar su aislamiento eléctrico en caso de ser necesario.

s.5) En el caso de que la presión de distribución sea superior a la de utilización, es necesaria la instalación de reductores-reguladores de presión, que pueden ser, según proceda: general del edificio o inmueble, individual por abonado, por aparato o equipo de consumo.

(Continúa)

- s.6) Una conexión a tierra, para descargar la electricidad estática generada.
 - s.7) Los ductos para las tuberías de gas combustible, deben ser exclusivos, y deben tener la facilidad para efectuar los trabajos de mantenimiento, verificación de funcionamiento, evacuación de condensados y control de los instrumentos de todo el sistema.
 - s.8) En las tuberías que incluyan interconexiones entre recipientes instalados de modo permanente, deben tomarse precauciones para compensar la dilatación, contracción, trepidación y vibración, en el asentamiento. Se debe usar conectores flexibles que cumplan con la NTE INEN 885, donde fueren necesarios. Se prohíbe la utilización de tuberías metálicas o mangueras rígidas para conectar tales recipientes de modo permanente.
- t) Las distancias mínimas entre las tuberías que conducen gas combustible y las tuberías de otros servicios deben ser las que se indican en la tabla 1.

TABLA 1. Distancias mínimas entre tuberías

Tubería de otros servicios	Curso paralelo (cm)	Cruce (cm)
Conducción agua caliente	3	1
Conducción eléctrica	3	1
Conducción de vapor	5	5
Chimeneas	5	5
Suelo por donde discurren	10	Ninguna

5.3.4.2 Tuberías enterradas. Los tubos de las instalaciones enterradas para gases húmedos deben tener una pendiente no inferior al 1 %.

- a) Los tubos deben estar enterrados a una profundidad mínima de 40 cm con adecuada protección, y para el paso vehicular, debe ser mínimo de 60 cm y deben estar colocadas sobre un fondo de zanja estable, plano y sólido. El relleno de aquellas se debe efectuar con materiales que no afecten mecánica ni químicamente a la tubería (arena lavada de río, arena fina) y colocar la cinta de precaución.
- b) Los tubos que deban atravesar muros de cimentaciones deben ir protegidos por una camisa, que debe estar sellada en su extremo, para prevenir la entrada de gas o agua al edificio.
- c) Los tubos no deben atravesar cavidades no ventiladas. Si no se puede cumplir esta condición, la tubería debe ir alojada en una camisa continua y estanca, abierta y sobresaliendo al exterior por ambos extremos.
- d) Por ningún motivo se deben conectar a las tuberías metálicas para gas, las conexiones a tierra de redes y artefactos eléctricos de cualquier naturaleza.

5.3.4.3 Tuberías empotradas. Las tuberías empotradas sólo se deben construir con tubo de acero o cobre y sólo deben usarse en el caso que la parte empotrada no exceda de 40 centímetros de longitud y esté destinada a rodear obstáculos o tener acceso a órganos de maniobra.

- a) Los tubos de las instalaciones empotradas deben tener un diámetro mínimo de 12,5 milímetros, su trazado debe ser vertical u horizontal (con pendiente mínima del 0,5 %).
- b) No se permite el contacto directo de la tubería con armazones metálicos del edificio, ni con ninguna otra tubería.
- c) Los tubos que deban pasar por cámaras cerradas, no ventiladas, como altillos, cielos rasos, etc., deben ser continuos, sin instalar dispositivos de cierre, derivaciones ni uniones que no sean soldadas en su recorrido y obligatoriamente ir dentro de una vaina o camisa ventilada.

(Continúa)

- d) Según el material de la tubería y el del muro y recubrimiento, debe protegerse de la eventual corrosión.
- e) Las válvulas, accesorios y uniones mecánicas deben estar situados obligatoriamente en alojamientos accesibles (solo para personal autorizado) y ventilados.
- f) Se debe limitar al mínimo las uniones soldadas de los tubos empotrados.
- g) En caso de reparación se permite las uniones roscadas tipo NGT (ver numeral 5.3.3.2)
- h) Las tuberías empotradas en pisos deben estar recubiertas con una capa de mortero de 40 mm de espesor como mínimo y no debe contener acelerantes, agregados de escoria o productos amoniacales, ni aditivos que contengan cloruros, sulfatos y nitratos, debido a que estos productos atacan a los metales

5.3.4.4 Tuberías por camisas y ductos. Cuando las tuberías que conducen el gas combustible estén propensas a golpes, o ataques por agentes químicos, pasen por encima de cielos falsos, techos o mampostería, o se deseen ocultar o disimular, estas deben protegerse instalándolas dentro de camisas o ductos observando los siguientes requisitos:

- a) Las camisas deben ser rígidas y fabricadas con materiales resistentes al fuego que no originen par galvánico con las tuberías que protegen. Los extremos de las camisas deben ser abiertos y ventilados al exterior. Si ello no fuera posible, solamente bastará con comunicar uno solo de dichos extremos con el exterior y el otro se debe mantener sellado.
- b) Cuando se deseen ocultar o disimular las tuberías por motivos estéticos, las camisas deben ser de material incombustible.
- c) Para los ductos se deben utilizar los siguientes materiales:
 - c.1) ductos metálicos de 1,5 mm de espesor de pared como mínimo.
 - c.2) ductos en mampostería con paredes de 50 mm de espesor como mínimo.
- d) Los ductos deben ser continuos en todo su recorrido y deben disponer de rejillas de ventilación a máximo 30 cm de sus extremos para la evacuación de las eventuales fugas que puedan ocasionarse en las tuberías alojadas en su interior. La superficie exterior de las camisas y ductos debe estar recubierta mediante una protección que impida el ataque del ambiente exterior.
- e) No debe existir contacto físico entre las camisas o ductos metálicos, con las estructuras metálicas de la edificación ni con cualquier otra tubería metálica.
- f) Cuando las tuberías verticales estén localizadas en sitios susceptibles de recibir golpes como por ejemplo en garajes o zonas de parqueo, estas deben protegerse con un ducto o camisa cuya altura mínima sea de un metro.

5.3.4.5 Tubería vista. En la instalación de tubería vista se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) No deben estar ubicadas en lugares que queden expuestas a choques o deterioros o en la proximidad de bocas de aireación, ventilación y tragaluces.
- b) No se debe permitir el paso de las tuberías por los ductos de gases quemados, ductos de ventilación, tubos de evacuación de basuras, huecos de ascensores o montacargas, locales de transformadores, locales de recipientes y depósitos de combustibles líquidos.
- c) Las tuberías no deben estar en contacto con tubería de vapor, agua caliente o cables eléctricos.

(Continúa)

- d) Los dispositivos de fijación (mecanismos de amarre y arriostramiento) deben estar situados de tal manera que quede asegurada la estabilidad y alineación de la tubería.
- e) Los dispositivos metálicos de fijación o anclaje para soporte de la tubería deben estar recubiertos de un material dieléctrico. Estos dispositivos deben distanciarse de acuerdo con lo establecido en la tabla 2.
- f) Se deben tomar las medidas necesarias para procurar la libre contracción y dilatación de los tubos con los cambios de temperatura.
- g) No deben instalarse tuberías al nivel del suelo, siendo la distancia mínima autorizada entre aquellas y éste, la de quince centímetros.
- h) Las tuberías aéreas se deben apoyar sobre elementos estables, rígidos y seguros de la edificación.
- i) La tubería debe ser instalada con una pendiente continua del 0,5 % salvo en habitaciones o descansos, que puede ser horizontal en longitudes no mayores de 6 m .
- j) Las tuberías a la vista deben estar protegidas contra los agentes nocivos del medio donde se encuentren expuestas, mediante un sistema adecuado, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 5.3.5 Protección contra la corrosión.
- k) Las tuberías para suministro de gas combustibles no deben estar en contacto con ductos de vapor, agua caliente, o eléctricas. Las distancias mínimas entre una instalación de gas a la vista y otro tipo de conducción deben ser las establecidas en la tabla 1.
- l) El trazado de las tuberías a la vista debe realizarse de manera que estas queden protegidas contra daños mecánicos y cuando crucen azoteas y pasillos o lugares de transito peatonal o vehicular, deben protegerse de manera que se impida su uso como elemento de apoyo para otras funciones.

5.3.4.6 Dispositivos de anclaje

- a) Se deben ubicar con una distancia máxima de conformidad con las especificaciones de la tabla 2.
- b) En el caso de tuberías metálicas, debe intercalarse entre el tubo y la abrazadera un material dieléctrico que evite el contacto directo de los dos metales.
- c) Se debe colocar un dispositivo de anclaje cercano a la válvula de paso de cada artefacto.
- d) En los sitios de cambios de dirección deben colocarse dispositivos de fijación adicionales.
- e) En cualquier caso, en los tramos verticales debe colocarse como mínimo un dispositivo de fijación por nivel o piso.
- f) Cuando las tuberías están instaladas cerca al techo de las edificaciones, en el diseño y colocación de los soportes se deben tener en cuenta las distancias mínimas que faciliten el mantenimiento de la instalación.
- g) Los dispositivos de fijación deben estar situados de manera que quede asegurada la estabilidad de la tubería.

5.3.4.7 Instalación de tubería plástica. Las tuberías plásticas y sus accesorios compatibles deben utilizarse únicamente en instalaciones enterradas. Se puede utilizar tuberías de polietileno enterradas por sótanos a una profundidad de 60 cm. Cuando la tubería aflore por encima del nivel del piso del sótano debe estar protegida por una camisa, para las instalaciones en el interior de las edificaciones. Para la instalación, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

(Continúa)

- a) Para la excavación, el fondo de la zanja no debe tener objetos duros, como rocas o cualquier otro elemento que puede dañar a la tubería.
- b) Cuando el fondo de la zanja está conformado por rocas o elementos que pueden dañar a la tubería, se debe llenar el fondo con arenas o suelos finos compactados (10 cm)
- c) La zanja debe ser lo más angosta posible, dentro de los límites practicables y que permita el trabajo dentro de ella si es necesario.
- d) Para evitar el aplastamiento de la tubería o reducción en su área de flujo, se debe instalar con una profundidad mínima de 60 cm en zonas de tráfico pesado y 40 cm en zonas de poco tráfico.
- e) No se debe desenrollar la tubería en forma de espiral. Adicionalmente se debe instalar en forma serpenteada para facilitar los movimientos de tierra o por contracciones y dilataciones del material.
- f) El relleno debe realizarse inmediatamente después de la colocación y pruebas de presión de la tubería con el fin de protegerla. El material de relleno inicial debe ser material fino de la misma zanja o arena fina.
- g) Se deben llenar con cuidado los primeros 20 cm y compactarse perfectamente al rededor del tubo. En este punto se coloca la cinta de precaución (banda plástica, ladrillo, etc.)
- h) La tubería por ser flexible permite realizar curvas y el radio de esta curvatura deberá ser como mínimo 25 veces el diámetro de la tubería. Si existe algún accesorio en este sector, el radio de curvatura será mínimo de 125 veces el diámetro de la tubería.
- i) Donde existan cruces con otros servicios públicos como teléfono, energía eléctrica, acueducto o alcantarillado, debe instalarse a un mínimo de 20 cm de profundidad por debajo del más profundo.
- j) Cuando la tubería pasa cerca de una caja de inspección de cualquier servicio, se debe encamisar.
- k) La transición entre la tubería de plástico y la tubería metálica se debe efectuar mediante el accesorio correspondiente.

5.3.5 Protección contra corrosión

5.3.5.1 Las tuberías, equipos y demás elementos que conforman una instalación de uso residencial, comercial o industrial deben resistir la acción del gas y del medio exterior con el que estén en contacto. Se debe aplicar un sistema de protección contra la corrosión a las instalaciones de conformidad con las recomendaciones del fabricante para cada uno de los elementos mencionados o con las normas técnicas aplicables. Se debe ejercer especial control en los siguientes puntos críticos de las instalaciones, a saber:

- a) Los sitios donde se producen contactos bimétálicos por unión de tuberías de diferentes materiales, contacto de las tuberías con otros elementos metálicos de la instalación o edificación y dispositivos de anclaje.
- b) En las uniones soldadas donde la corrosión puede ser ocasionada por el material de aporte, el proceso de soldadura, cambios térmicos bruscos o geometrías especiales de las piezas que se van a soldar.
- c) En las uniones mecánicas donde la corrosión puede ser ocasionada por acción bimetálica o por acción diferencial de oxigenación en las conexiones roscadas.

(Continúa)

d) En las uniones roscadas donde la porción roscada de la tubería que queda por fuera del accesorio se encuentra expuesta.

5.4 Instrumentos de control y medición

5.4.1 Tipos de regulación

5.4.1.1 Los tipos de regulación están determinados básicamente por las necesidades de reducción de presión que se presenten en la instalación, por las condiciones particulares de consumo y para garantizar un suministro seguro del gas combustible. A continuación se describen algunos tipos de regulación:

a) *Regulación de única etapa*: Hace referencia a las instalaciones en las cuales se regula directamente la presión de la línea secundaria (de la acometida) a la presión de la línea individual. El regulador debe localizarse entre la línea secundaria y el exterior de la edificación.

b) *Regulación en dos etapas*: Cuando por las condiciones particulares de la instalación y teniendo en cuenta las limitaciones de máxima presión permisible dentro de las edificaciones, se requiera controlar la presión del gas en dos etapas, la regulación se debe efectuar así:

b.1) *Primera etapa*: Se reduce la presión de la línea secundaria (de la acometida) hasta un valor máximo de presión igual que el permisible en la línea matriz. El regulador debe localizarse entre la línea secundaria y el exterior de la edificación. Para el caso de GLP el regulador se debe localizar a la salida del tanque y en el exterior de la edificación.

b.2) *Segunda etapa*: Se reduce la presión de la línea matriz hasta la presión de las líneas individuales. El regulador debe localizarse en el exterior. Se pueden ubicar en áreas comunes dentro de la edificación previo cumplimiento de los siguientes requisitos:

b.2.1) El armario debe ser hermético hacia el área común.

b.2.2) El armario debe cumplir con condiciones mínimas de ventilación.

c) *Regulación en tres etapas*: Cuando por las condiciones particulares de la instalación se requiere controlar la presión del gas en tres etapas, ésta se debe efectuar así:

c.1) *Primera etapa*: Se reduce la presión de la línea secundaria (de la acometida) hasta un valor máximo de presión igual que el permisible en la línea matriz. El regulador debe localizarse entre la línea secundaria y el exterior de la edificación. Para el caso de GLP el regulador se debe localizar a la salida del tanque y en el exterior de la edificación.

c.2) *Segunda etapa*: Se reduce la presión de la línea matriz hasta un valor máximo de presión igual que el permisible en las líneas individuales y a la cual se efectúa la medición. El regulador debe localizarse en el exterior o en las áreas comunes de fácil acceso dentro de la edificación (ubicado en los armarios) siempre y cuando las condiciones de ventilación del área no permitan la acumulación del gas combustible en el interior de la edificación.

c.3) *Tercera etapa*: Se reduce la presión de la línea individual hasta la presión de servicio de los artefactos de consumo. El regulador puede estar ubicado dentro de la vivienda, siempre y cuando se satisfagan los requisitos de seguridad establecidos para el alivio de sobrepresión de los reguladores instalados en recintos interiores.

5.4.2 Reguladores de presión

5.4.2.1 Los reguladores de presión son aparatos de elevada sensibilidad de cuya apropiada elección depende el buen funcionamiento de la instalación. Estos deben garantizar el suministro de gas en la cantidad y a la presión requeridas a las más variables condiciones de servicio, así:

(Continúa)

- a) Compensar las variaciones graduales o imprevistas que pueden manifestarse en la presión de entrada.
- b) Soportar variaciones de volumen graduales o imprevistas sin alterar la presión de salida.
- c) Tener la capacidad de bloquear el suministro del gas, como una válvula de corte, cuando no haya demanda de gas en la red.

5.4.2.2 Las instalaciones de gas combustible deben contar con reguladores de presión en los diferentes sitios de alimentación tuberías de distribución general, distribución por pisos y acometidas a cada unidad de vivienda, además debe observar los siguientes aspectos:

- a) Cumpliendo las condiciones de seguridad, los reductores-reguladores de presión de edificaciones de uso residencial, comercial o industriales deben instalarse:
 - a.1) En un cajetín o armario exterior al edificio
 - a.2) En la batería de contadores
 - a.3) Al pie de la tubería ascendente general.
- b) El regulador de presión de cliente o abonado se debe instalar antes del contador; normalmente en el conducto que une la tubería ascendente con el contador.
- c) Debe instalarse una válvula de cierre antes de todo reductor-regulador de presión, si éste no las lleva incorporada.
- d) En los reductores-reguladores de instalaciones fijas que disponen de válvula de seguridad con escape a la atmósfera, debe instalarse un tubo rígido que conecte con el exterior el escape del regulador, diámetro mínimo de 30 mm .

5.4.2.3 Mecanismos de control de sobrepresión.

- a) Con el objeto de evitar sobrepresión dentro de la red interna de las instalaciones, estas deben contar con un dispositivo de seguridad que evite tales sobrepresiones cuando se presente un fallo del regulador; este dispositivo puede estar integrado con el regulador o puede ser un equipo adicional que se instale junto con el regulador.
- b) El conjunto regulador-dispositivo de seguridad debe estar dispuesto de modo que se requiera falla simultánea de los dos dispositivos para que se presente una sobrepresión en el sistema.

5.4.3 Contadores

5.4.3.1 Los contadores deben seleccionarse de acuerdo con la capacidad requerida para la máxima y mínima presión de operación prevista en el sistema y la máxima caída de presión permisible.

5.4.3.2 El medidor volumétrico de gas debe garantizar la correcta medida del volumen de gas que está circulando.

5.4.3.3 Tipos de contadores

- a) De diafragma. Las características físicas y metrológicas de los contadores de diafragma deben ajustarse a las especificaciones técnicas definidas en la NTE INEN correspondiente.
- b) Rotatorio. Las características físicas y metrológicas de los contadores tipo rotatorio deben cumplir con la NTE INEN correspondiente.

(Continúa)

5.4.3.4 Instalación de contadores. Los contadores deben estar en lugares secos y ventilados, accesibles para el mantenimiento y que puedan ser fácilmente leídos, debe quedar como máximo a 2,20 m del suelo, queda prohibida la instalación de contadores en locales cuyo piso esté más bajo que el nivel del suelo exterior (sótanos y semisótanos) y deben cumplir adicionalmente con los siguientes requerimientos:

- a) Su localización debe ser preferentemente en la parte externa de las viviendas o en áreas comunes, con facilidad de acceso para su lectura y de dimensiones tales que permitan la realización de trabajos de mantenimiento, control, inspección, reparación y reposición.
- b) Se prohíbe la instalación de contadores en cuartos de: máquinas, ascensores, distribución eléctrica, transformadores o aparatos e instalaciones que puedan producir llamas o chispas, salvo en cocinas o en un cuarto de calderas en el caso de que sirva a éstas con gas.
- c) Los contadores pueden emplazarse en un local privado situándolo lo mas cerca posible del punto de penetración de la tubería en el local, se prohíbe colocarlo en cuartos de aseo.
- d) Los contadores deben ser instalados en un armario empotrado en una pared del inmueble que tenga las medidas suficientes para contenerlos y que permitan cualquier trabajo de reparación o sustitución. La puerta debe ir provista de la cerradura que indique o provea la empresa suministradora de gas y debe permitir la perfecta ventilación del armario, con comunicación directa al aire libre.
- e) El sitio debe estar aislado y protegido del tráfico automotor, con el propósito de evitar esfuerzos en los equipos y elementos, ocasionados por la vibración.
- f) La destinación del lugar debe ser exclusiva para la instalación de los contadores; por lo tanto, requiere aislarse de interruptores, motores u otros artefactos eléctricos que puedan producir chispas. Está totalmente prohibido el almacenamiento de materiales combustibles en los alrededores del centro de medición.
- g) El sitio debe estar protegido de la acción de agentes externos tales como impacto, daños mecánicos, humedad excesiva, agentes corrosivos y en general, de cualquier factor que pueda producir el deterioro acelerado de los equipos.
- h) *Contadores en caja exterior al edificio.* Debe tener las medidas suficientes para contener los contadores y permitir cualquier trabajo de reparación y/o sustitución. Debe tener asegurada una perfecta ventilación, mecánica o natural y la puerta se debe abrir hacia afuera y debe ir provista de la cerradura que indique o provea la empresa suministradora.
- i) *Contadores en batería.* Una batería de contadores se debe instalar en un local cerrado, fácilmente accesible y ventilado ya sea en forma mecánica o natural. La instalación eléctrica para su iluminación debe ser de tipo industrial, antichispa y protegida.
 - i.1) La puerta, que se abrirá hacia afuera, debe estar provista de cerradura normalizada por la empresa suministradora de gas y de abertura , en cualquier caso, desde el exterior.
- j) Cuando no se pueda evitar que un conducto extraño atraviese el local éste conducto no debe tener accesorios o juntas desmontables; los tubos de plomo, de material plástico y los cables eléctricos deben estar colocados bajo camisa, vaina o camisa de acero.
- k) Para la ventilación natural del local deben existir mínimo dos aberturas rectangulares (una en la parte superior y otra en la inferior) de 400 cm^2 de superficie útil cada una, comunicadas con el exterior y protegidas con tela metálica robusta.
- l) Los cuartos de batería de contadores deben estar provistos de las siguientes inscripciones como medida de seguridad:
 - I.1) En el exterior de la puerta:

(Continúa)

- PELIGRO *
- GLP o GAS NATURAL *
- PROHIBIDO FUMAR O ENTRAR CON LLAMA *

* Las leyendas deben ser de color rojo.

i.2) En el interior del local, y en un lugar muy visible:

- Asegúrese de que la válvula que se maniobra es la que corresponde *
 - No abrir una válvula sin la seguridad de que todas las válvulas de la instalación están cerradas *
 - En caso de cerrar una válvula equivocadamente no volverla a abrir sin comprobar que todas las válvulas están cerradas *
- y las demás que la empresa proveedora crea necesarias.
- m) Cada válvula debe llevar la indicación de la instalación a que corresponde, grabada en una placa con precinto. Esta placa debe ser de acero inoxidable, aluminio o plástico endurecido para evitar la corrosión.
- n) La instalación eléctrica de alumbrado del local, debe estar de acuerdo con los requisitos de la IEC para instalaciones de seguridad antichispa para uso con gas combustible. El interruptor de encendido del alumbrado debe ser de tipo industrial antichispa y situarse en el exterior del local.
- o) Los contadores no se deben ubicar a nivel del piso; la mínima distancia que se permite con respecto a este, es de 100 cm .
- p) Cuando sea imprescindible que el centro de medición se ubique en un semisótano o sótano no ventilado (sin tiro natural para la evacuación del gas en caso de escape), debe alojarse en un armario el cual debe cumplir las siguientes medidas de seguridad:
- p.1) Las puertas deben abrirse hacia afuera y se debe garantizar el acceso de personal autorizado, para efectuar labores tales como verificación, calibración, lectura de contadores, y corte o suspensión del servicio o ambos.
 - p.2) En caso de requerirse iluminación en los armarios, deben instalarse lamparas a prueba de explosión y el interruptor de encendido se debe localizar en el exterior del mismo.
- q) Los contadores se deben instalar en forma vertical, nivelados y conectados a tuberías que garanticen la estabilidad del equipo y la hermeticidad del sistema.
- r) Cada medidor individual debe estar marcado de tal manera que identifique con exactitud la vivienda a la cual registra el consumo.
- s) Los contadores deben disponer de válvulas que permitan el suministro o suspensión del servicio.

5.4.4 Válvulas

5.4.4.1 Con el propósito de seccionar las instalaciones para suministro de gas, se requiere dotarlas con válvulas de corte de accionamiento manual ubicadas como mínimo en los siguientes puntos: ,

(Continúa)

- a) En la acometida.
- b) A la entrada de cada medidor cuando se tienen contadores colectivos.
- c) A la entrada del centro de medición colectivo.
- d) En cada punto de salida de la instalación destinado a la conexión de los artefactos.
- e) Se deben instalar válvulas de cierre del servicio de gas para cada uno de los abonados.
- f) Por razones de seguridad, las cabinas donde se alojen las válvulas de paso de entrada a los edificios deben ser accesibles.

5.4.4.2 Válvula de corte. Se deben instalar dispositivos de corte (válvulas) que puedan interrumpir en forma segura y rápida el flujo de gas a la instalación.

5.4.4.3 Todas las salidas de gas previstas para la conexión de los artefactos de consumo deben estar ubicadas en sitios que garanticen el fácil acceso y operación de las válvulas de corte que requieran instalarse.

5.4.4.4 Las válvulas de corte pueden estar ubicadas tanto en tramos de tubería horizontal como vertical, siempre y cuando se trate de tuberías a la vista; en caso contrario, las válvulas deben estar instaladas en tramos horizontales con el fin de garantizar que el cierre de las mismas se efectúe con el maneral en posición vertical.

5.4.4.5 En el caso de los equipos de cocción la válvula debe instalarse de tal manera que el accionamiento de la misma no se realice sobre la zona de cocción, ubicando para tal efecto la válvula a una distancia mínima de 0,30 m medidos horizontalmente desde el borde del equipo.

5.4.4.6 Todas las salidas de gas deben permitir la localización de los artefactos, de forma tal que no estén expuestos a corrientes de aire.

5.4.4.7 Cada salida debe estar provista de un tapón metálico, utilizando el sellante especificado y su remoción solo debe realizarse cuando se efectúe la conexión del artefacto. No se permite el uso de tapones de madera, corcho u otro material inadecuado.

5.5 Abastecimiento de gas combustible

5.5.1 Recipientes de almacenamiento

5.5.1.1 Cilindros de 45 kg . Deben ser construidos de acuerdo con lo establecido en las especificaciones de la NTE INEN 111, utilizando los aceros establecidos en la NTE INEN 113, fabricados de acuerdo con la NTE INEN 2 143 vigente y estar certificados:

- a) La válvula instalada debe ser de tipo industrial (con dispositivo de seguridad) que cumpla con lo establecido en las especificaciones de la NTE INEN respectiva y estar certificada.
- b) El número máximo de cilindros de 45 kg de capacidad, instalados en un sitio específico debe ser de seis en operación.

5.5.1.2 Tanques. Deben ser diseñados y construidos de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 2 261 (Código ASME Sección VIII, División 1 o 2)

5.5.1.3 Los recipientes deben ser instalados en el exterior de edificios, sean estos portátiles, reemplazados por recambio, (cilindros de 45 kg) o instalados de modo permanente (tanques) y recargados de gas combustible en la instalación y deben ubicarse a una distancia mínima, de acuerdo con lo establecido en las tablas 3, 4 y 5.

(Continúa)

TABLA 3. Distancias mínimas de seguridad de recipientes de gas combustible con diversos lugares

LUGARES O INSTALACIONES	DISTANCIAS LIBRES EN (m) DESDE LA ZONA RESPECTIVA A					
	Depósitos según capacidad de almacenamiento (m^3)					
	0,5 a 2,5	2,5 a 5	5 a 20	Sobre superficie	Bajo superf.	Sobre superficie
a) Locales habitados, edificios, línea de propiedad adyacente	3	1,5	5	1,5	7	3
b) Sótanos (piso a nivel inferior al circundante)	3	1,5	5	1,5	7	3
c) Motor eléctrico o de explosión	5	1,5	5	1,5	7	3
d) Interruptor o toma de corriente eléctrica	3	1,5	5	1,5	5	3
e) Depósito de materias inflamables de superficie	3	1,5	5	1,5	7	3
f) Depósito de materias inflamables enterrado	3	1,5	5	1,5	5	3
g) Vías FF.CC., trolebuses.	3	1,5	5	1,5	10	3
h) Vías públicas urbanas	3	1,5	5	1,5	10	3
i) Canalizaciones del edificio	0,5	Ninguna	0,5	Ninguna	0,5	3
j) Alcantarilla del edificio	3	Ninguna	3	Ninguna	7	3
k) Otras instalaciones con peligro de incendio	5	1,5	8	1,5	10	3
l) De la pared a la boca de traspase del vehículo cisterna	3	Ninguna	3	Ninguna	3	3
m) De la proyección en el suelo de líneas aéreas de alta tensión y cámaras de transformación	5	Ninguna	8	Ninguna	10	Ninguna

NOTAS:

1) Las distancias son medidas desde las paredes del tanque, para el caso de los enterrados desde la válvula de seguridad (alivio de presión) del tanque.

2) Para almacenamiento superior a $20 m^3$ se debe aplicar directamente las distancias mínimas de seguridad establecidas en la norma NFPA 58.

(Continúa)

Enero-11

TABLA 4. Distancias mínimas que deben existir entre el punto de transferencia y diversas exposiciones

EXPOSICIÓN	Distancia mínima horizontal, m
a) Locales habitados y edificios	3
b) Edificios con paredes sin resistencia al fuego	8
c) Aberturas en las paredes de los edificios o fosa en o por encima del punto de transferencia	8
d) Línea de propiedad lindera sobre la cual puede edificarse	1
e) Espacios exteriores que congregan público, incluidos patios de escuelas, campos de deportes y patios para juegos	8
f) Borde de carreteras o vías públicas	3
g) Caminos de entrada al interior de la propiedad	1,5
h) Recipientes que no sean los que están siendo llenados	3
i) Surtidores y recipientes de superficie y subterráneos de combustibles líquidos inflamables	6

NOTA: Si el punto de transferencia se encuentra ubicado en el recipiente, se debe mantener las distancias mínimas señaladas en la tabla 3.

TABLA 5: Distancia mínima entre recipientes de gas combustible y de oxígeno o hidrógeno

Capacidad de agua en recipientes de gas combustible	Separación a recipientes de oxígeno que posean:			Separación a recipientes de hidrógeno gaseoso que posea:		
	Capacidad agregada de 11 m ³ o menor	Capacidad agregada mayor a 11 m ³ incluidas reservas sin conectar	Capacidad agregada mayor a 566 m ³ incluidas reservas sin conectar	Capacidad agregada menor a 400 m ³	Capacidad agregada de 11 m ³ a 85 m ³	Capacidad agregada mayor a 85 m ³
Hasta 2 m ³				ninguna	3 m	8 m
Mayor de 2 m ³				ninguna	8 m	15 m
Hasta 5 m ³	ninguna	6 m	8 m			
Mayor a 5 m ³	ninguna	6 m	15 m			

5.5.2 Montaje e instalación

5.5.2.1 Los recipientes deben instalarse en concordancia con lo siguiente:

- a) Los recipientes de abastecimiento de gas combustible deben fijarse, de tal manera que facilite el llenado o cambio de cilindro sin que se afecte o deteriore los elementos o accesorios de ellos.

(Continúa)

- b) En el montaje de los tanques se debe tener cuidado de la orientación de la válvula de seguridad que sea capaz de expeler el gas combustible al exterior sin peligro, cuando exista un exceso de presión.
- c) Los recipientes deben instalarse sobre un basamento firme nivelado, y/o estar firmemente asegurados para evitar su desplazamiento.
- d) Los cilindros de 45 kg de capacidad deben ubicarse en forma vertical.
- e) Todos los recipientes deben ubicarse, de modo que la válvula de alivio de presión se encuentre comunicada directamente con el espacio de vapor y la salida del gas combustible por exceso de presión tenga la ventilación apropiada o cuente con los ductos; en cantidad y dimensiones adecuadas para la expulsión del gas combustible al exterior.
- f) Los accesorios del recipiente cuenten con las seguridades respectivas y deben ser accesibles para el operador en el uso normal.
- g) Los tanques horizontales diseñados para instalación permanente en servicio estacionario sobre la superficie, deben ubicarse sobre bases de hormigón resistente al fuego que se encuentren diseñadas para soportar el peso del tanque lleno de agua y deben apoyarse de tal manera que:
 - g.1) Permitan la expansión y contracción, para evitar una excesiva concentración de esfuerzos.
 - g.1.1) La generatriz inferior del tanque esté a una altura mínima de 500 mm sobre el nivel del piso (en concordancia con lo indicado en el literal l).
 - g.1.2) Existan medios para evitar la corrosión del tanque en aquellas partes del mismo que se encuentren en contacto con las bases.
 - g.1.3) Los tanques fijos de igual o mayor capacidad a 7,0 m³ de agua, deben contar con bases planas de mampostería u hormigón que se ajusten a los apoyos del tanque.
 - g.1.4) Los tanques de capacidad de agua menor a 7,0 m³ se deben instalar sobre bases de hormigón o mampostería que se ajusten al contorno del recipiente, o si estuvieran equipados con soportes fijos de acuerdo con la NTE INEN 2 261, se deben instalar de la siguiente manera:
 - g.1.4.1) Si la parte inferior de los miembros horizontales de los apoyos, correderas o patines del tanque están a más de 300 mm por encima del nivel del piso, deben proveerse basamentos con resistencia al fuego. Los tanques no deben montarse con la cara externa inferior a más de 1,5 m por encima de la superficie del suelo.
 - g.1.4.2) No se requerirá de basamentos o apoyos con resistencia al fuego para el uso temporario, de no más de 6 meses en una misma ubicación, siempre que la pared externa del recipiente no se encuentre a más de 1,5 m del suelo y que se asegure la flexibilidad en las tuberías o conexiones.
 - g.1.5) Los tanques o conjuntos recipiente-bomba montados sobre una base común, se deben ubicar sobre bases de hormigón colocadas a nivel del piso y a una altura no menor a 100 mm .
 - g.2) Se debe disponer de medios para evitar la corrosión del tanque en aquellas partes del mismo que se encuentren en contacto con los apoyos o basamentos, o en la parte del recipiente que esté en contacto con la mampostería.

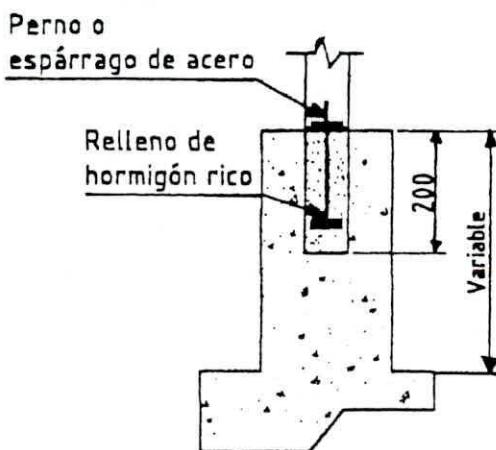
(Continúa)

- h) Los tanques verticales de capacidad de agua iguales o mayores a 0,5 m³, diseñados para instalación permanente en servicio estacionario en superficie deben instalarse sobre soportes de hormigón reforzados o en soportes de acero estructural sobre basamentos de hormigón reforzado que se encuentren diseñados para soportar las cargas establecidas.
 - h.1) Los soportes de acero deben estar protegidos con un material que presente una resistencia al fuego de al menos 2 horas. Se permite que los faldones de acero continuos que presenten una única abertura de 457 mm de diámetro o menor posean tal protección contra incendios aplicada únicamente sobre el exterior del faldón.
- i) Los recipientes individuales construidos como recipientes de almacenaje portátiles para servicio temporario deben ubicarse sobre bases de hormigón, superficies pavimentadas o tierra firme para tal uso temporario (normalmente no más de 12 meses en una ubicación dada) y deben cumplir con los siguientes requisitos:
 - i.1) La superficie sobre la que se ubiquen los recipientes debe estar esencialmente nivelada, si no es pavimentada, debe limpiarse de pastos secos y malezas y de otros materiales combustibles en 3,0 m alrededor del recipiente.
 - i.2) Se debe verificar la flexibilidad de las conexiones entre el tanque y la línea de distribución.
 - i.3) Si los recipientes deben ser ubicados con la porción inferior de los patines o correderas sobre el suelo, se deben utilizar soportes estructurales que no sean a prueba de incendios en ubicaciones aisladas, con la aprobación de la autoridad competente, y siempre que la altura sobre el suelo de la cara externa del recipiente no exceda los 1,5 m. Si así no fuera, deben proveerse soportes con resistencia al fuego.
- j) Los tanques portátiles para servicio estacionario, menores a 7,0 m³ de capacidad de agua, que cumplan con la NTE INEN 2 261, se pueden instalar para servicio temporario según lo dispuesto a continuación:
 - j.1) Los recipientes horizontales deben montarse sobre apoyos de tal manera que permitan la expansión y contracción, de modo de evitar una excesiva concentración de esfuerzos. Se permite el uso de soportes de acero estructural si cumplen con lo que sigue:
 - j.1.1) Los tanques menores a 7,0 m³ de capacidad de agua, se deben instalar sobre bases de hormigón o mampostería que se ajusten al contorno del recipiente, o si estuvieran equipados con soportes fijos, se deben instalar como sigue:
 - j.1.1.1) Si la parte inferior de los miembros horizontales de los apoyos, correderas o patines del tanque, están a más de 300 mm sobre el nivel del piso, se deben proveer basamentos con resistencia al fuego. Los tanques no deben montarse con la cara inferior externa de la pared del tanque a más de 1,5 m sobre la superficie del suelo.
 - j.1.2) Para el uso temporario, de no más de 6 meses en una misma ubicación, no se requiere de basamentos o apoyos con resistencia al fuego, siempre que la pared inferior externa del tanque no se encuentre a más de 1,5 m del nivel del suelo y se compruebe la flexibilidad de las mangueras o conexiones (ver 5.3.3.1 literal g).
 - j.1.3) Los tanques o conjuntos recipiente-bomba montados sobre una base común, se deben ubicar sobre bases de hormigón a una altura de hasta 100 mm sobre el nivel del piso.

(Continúa)

- j.2) Los recipientes individuales horizontales de capacidad de agua iguales o mayores a 7,0 m³ diseñados para instalación permanente en servicio fijo, utilizados e instalados en ubicaciones aisladas, con soportes de acero que no sean a prueba de incendios y que descansen sobre almohadillas o zócalos de hormigón, siempre que la pared externa del recipiente no se encuentre a más de 1,5 m por encima del nivel del piso, deben contar con la aprobación de la autoridad competente.
- j.3) Se deben disponer de medios para evitar la corrosión del recipiente en aquellas partes del mismo que se encuentren en contacto con los apoyos o basamentos, o en la parte del recipiente que esté en contacto con la mampostería.
- k) *Conexión a tierra.* Todo tanque de gas combustible, ubicado sobre superficie, debe estar conectado a tierra por medio de un cable de cobre desnudo de 35 mm² de sección y una pica de acero galvanizado. La resistencia de puesta a tierra debe ser inferior a 20 ohmios.
- l) *Anclaje.* Todo tanque para gas combustible debe ser anclado por medio de 4 espárragos de acero. La generatriz inferior del tanque debe quedar a 500 mm del suelo como mínimo. (Ver figura 1).

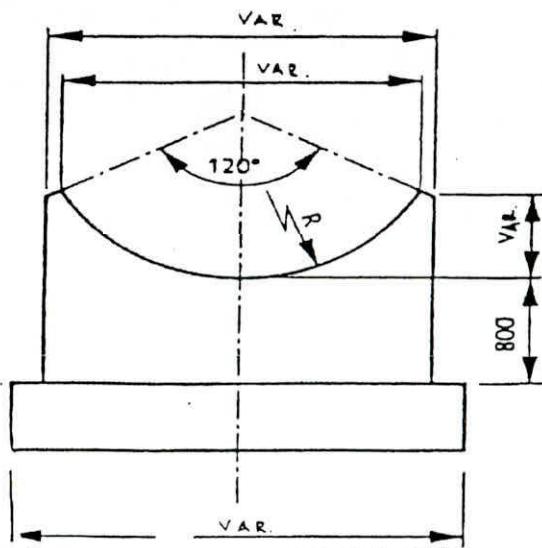
FIGURA 1. Anclaje de tanques



I.1) Soportes para tanques aéreos. (Ver Figura 2) Para esto se recomienda:

- a) construir un muro con altura de 800 mm
- b) colocar el tanque encima
- c) encostrar con el tanque puesto

FIGURA 2. Soportes para tanques aéreos



(Continúa)

m) El tanque móvil (vehículo, semiremolque o remolque cisterna), para servicio estacionario temporario en caso emergente debe estar estacionado de acuerdo con los requisitos establecidos en las tablas 3, 4 y 5 y además, deben cumplir con lo siguientes requisitos:

- m.1) La superficie debe ser nivelada y pavimentada, debe ser adecuada para el uso vehicular pesado y debe estar y mantenerse limpia y libre de materiales combustibles en por lo menos 3 m alrededor del tanque.
- m.2) Se debe verificar la flexibilidad de las mangas de conexión (ver NTE INEN 885).
- m.3) Se debe proteger al vehículo de la intervención de extraños y de la acumulación de elementos combustibles, con vallas distantes por lo menos 3 m alrededor del vehículo.
- m.4) La ubicación de los implementos de protección contra incendios y extintores de fuego, debe ser tal, que permita la intervención de los encargados de manera oportuna y rápida.

5.5.3 Ubicación de tanques para almacenamiento de G.L.P.

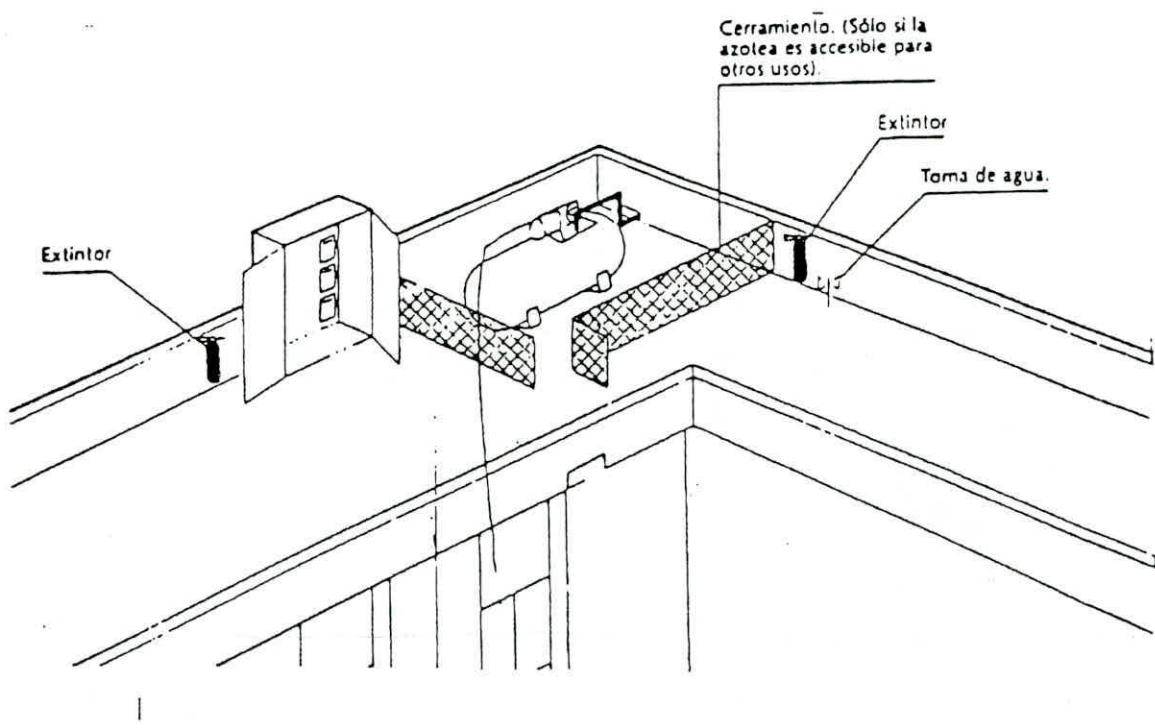
5.5.3.1 Dichos tanques pueden ser ubicados sobre la superficie del terreno (aéreos y en azoteas) o bajo superficie (en talud, o parcialmente bajo superficie) de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

5.5.3.2 Tanques en azoteas o terrazas (ver figura 3).

- a) El volumen total máximo almacenado debe ser de 10 m³.
- b) Se debe certificar, por un técnico titulado competente, que la edificación en la que se instale los tanques soporta las cargas máximas que se producen durante la prueba hidrostática.
- c) Se mantienen las distancias de seguridad establecidas en las tablas 3, 4 y 5, y se añaden las relativas a orificios de chimenea, desagües y aberturas que comuniquen con niveles inferiores al suelo de la azotea que deben ser de 6 m .
- d) La estación de gas combustible debe estar rodeada de cerramiento solo si la azotea es utilizada para otros usos.
- e) Las instalaciones en azoteas o terrazas no deben disponer de equipos de vaporización y traspase ni se deben utilizar muros y pantallas para reducir las distancias de seguridad.
- f) La superficie de la estación de gas combustible debe tener, al menos, una cuarta parte de su perímetro abierto a calles o zonas exteriores ventiladas, entendiéndose que se cumple esta condición, aún existiendo protecciones de obras de fábrica, siempre que su altura sea inferior a 0,70 m y a ras de suelo haya aberturas de al menos 150 cm³ por metro de longitud de la zona perimetral protegida.
- g) Las tuberías deben ser debidamente protegidas y sin empotramiento en la losa.
- h) Debe tener un gabinete abierto propio del sistema contra incendios.
- i) La toma de tierra del recipiente debe ser independiente de la del edificio y debe estar autoprotegido por un pararrayos independiente u otro sistema análogo.
- j) Las líneas de carga se debe situar en una fachada exterior del edificio.
- k) La azotea debe tener un fácil acceso para mantenimiento, suministro, socorro, y solo debe acceder el personal autorizado.
- l) La línea de alimentación al sistema debe tener conectada una válvula automática de corte rápido.

(Continúa)

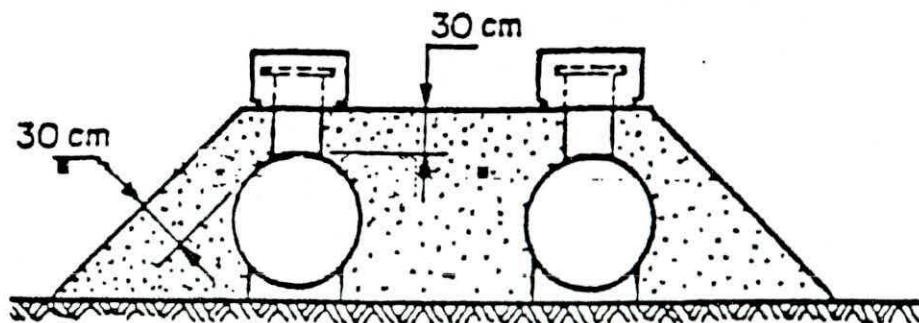
FIGURA 3. Tanques en azoteas



5.5.3.3 Tanques en talud (ver figura 4).

- El material del terraplén debe ser tierra, arena u otro material incombustible y no corrosivo, debe presentar un espesor mínimo de cobertura del recipiente de 0,3 m sobre la generatriz superior del tanque.
- A menos que el material sea por si mismo resistente a la corrosión, se le debe dotar de la respectiva cubierta protectora.
- Tanto las válvulas como los accesorios del tanque deben quedar accesibles para su operación y mantenimiento sin que haya necesidad de romper el terraplén.
- Los recipientes en talud deben estar protegidos contra la corrosión de acuerdo con técnicas apropiadas.

FIGURA 4. Tanques en talud



(Continúa)

5.5.3.4 Tanques bajo superficie (ver figura 5a y 5b)

Los conjuntos de recipientes destinados a instalaciones bajo superficie, incluidos los conjuntos de recipientes intercambiables que se puedan utilizar sobre o bajo superficie, se pueden instalar bajo los siguientes criterios:

FIGURA 5A. Tanques bajo superficie

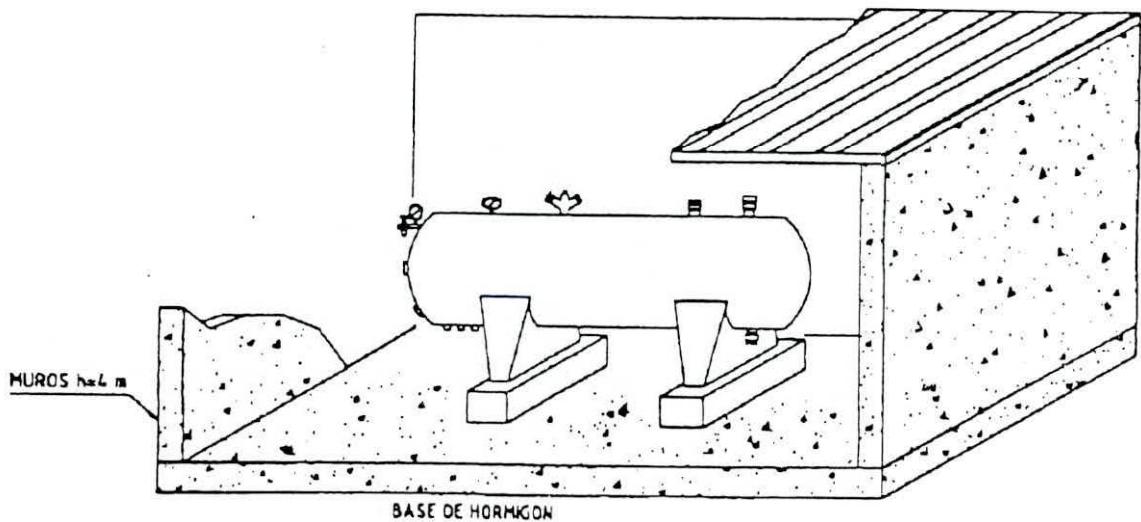
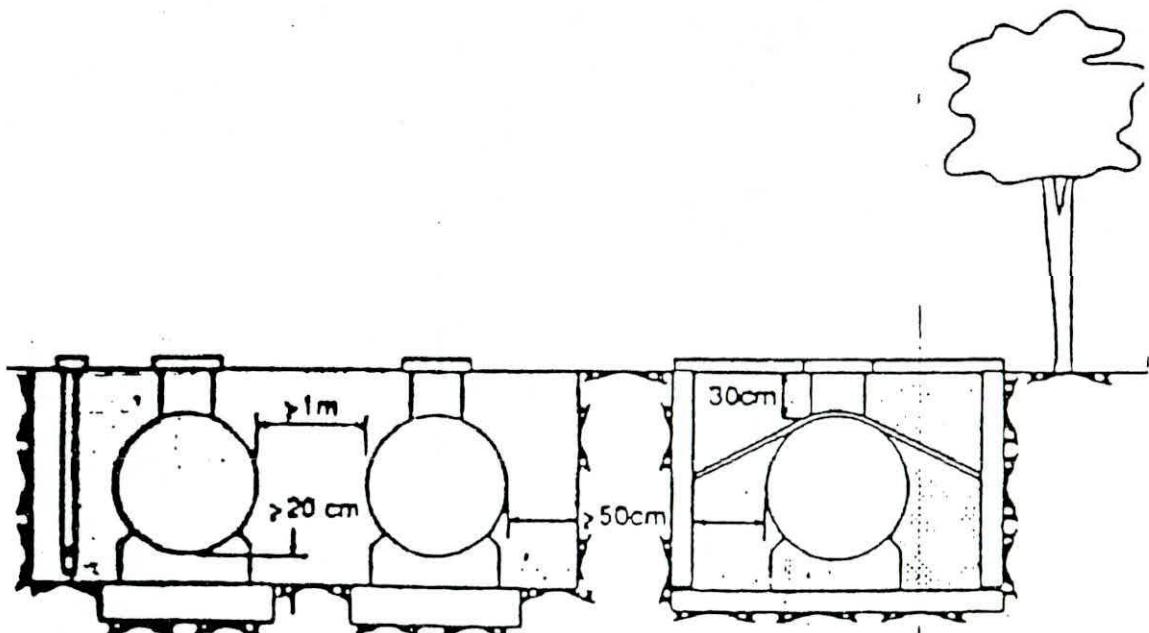
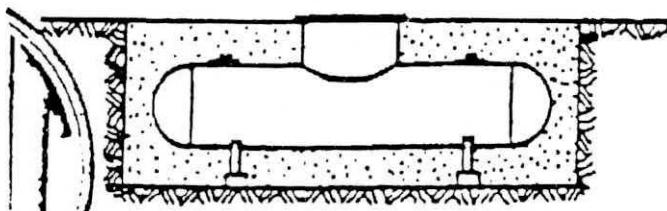


FIGURA 5B. Tanques bajo superficie



- a) La lámina del recipiente se debe ubicar mínimo 160 mm por debajo del nivel del suelo, a menos que el recipiente se pueda encontrar sometido a la acción abrasiva o al daño físico, debido al tráfico vehicular en un área de estacionamiento, una vía de tránsito de vehículos o un área de características similares. En esta último caso, se debe utilizar un recipiente subterráneo no intercambiable cuya lámina se ubique por lo menos a 460 mm por debajo del nivel del suelo (ver literal c), o alguna otra protección equivalente, como el uso de una superficie de concreto que evite que el peso del vehículo se transmita directamente a la lámina del tanque. También, se debe tener en cuenta, las protecciones necesarias para la caja de conexiones, la cubierta de dicha caja, las conexiones y la tubería del tanque, contra el daño que le pueda causar el paso de los vehículos.
- b) En el caso de recipientes instalados bajo superficie a menos de una profundidad de 3 m en lugares en los cuales se pueda esperar que haya tráfico vehicular como es el caso de carreteras y calles o instalaciones similares, se puede proteger la caja de conexiones, la cubierta de dicha caja y las conexiones y tuberías del tanque contra un daño físico eventual.
- c) La instalación de los conjuntos de recipientes intercambiables aprobados (aquellos que pueden utilizarse tanto por encima como bajo superficie), no se deben realizar si la lámina del tanque se localiza a una profundidad superior a 300 mm .
- d) Cualquier persona o entidad comprometida en la construcción y/o excavación en zonas aledañas a un recipiente bajo superficie, se debe responsabilizar de determinar la ubicación exacta del recipiente, así como de suministrar los medios para proteger tanto al recipiente como a sus tuberías de conexión de un daño físico eventual ocasionado por el tráfico vehicular.
- e) La parte del recipiente a la cual se unen los acoplos u otras conexiones se debe recubrir. La descarga de la salida del regulador se debe encontrar por encima del nivel más alto probable que pueda alcanzar el agua.
- f) Los recipientes se deben proteger contra la corrosión originada por las condiciones del suelo mediante algún procedimiento acorde con los métodos apropiados de ingeniería. También es importante tomar las precauciones debidas para evitar el deterioro del recubrimiento del tanque durante su manejo. Cualquier daño en el recubrimiento del tanque se debe reparar antes de colocarlo dentro del foso y taparlo.
- g) Los tanques se deben colocar nivelados sobre una base firme y sus alrededores deben estar constituidos por tierra o arena debidamente compactada. El material de relleno debe encontrarse libre de rocas o materiales abrasivos semejantes.

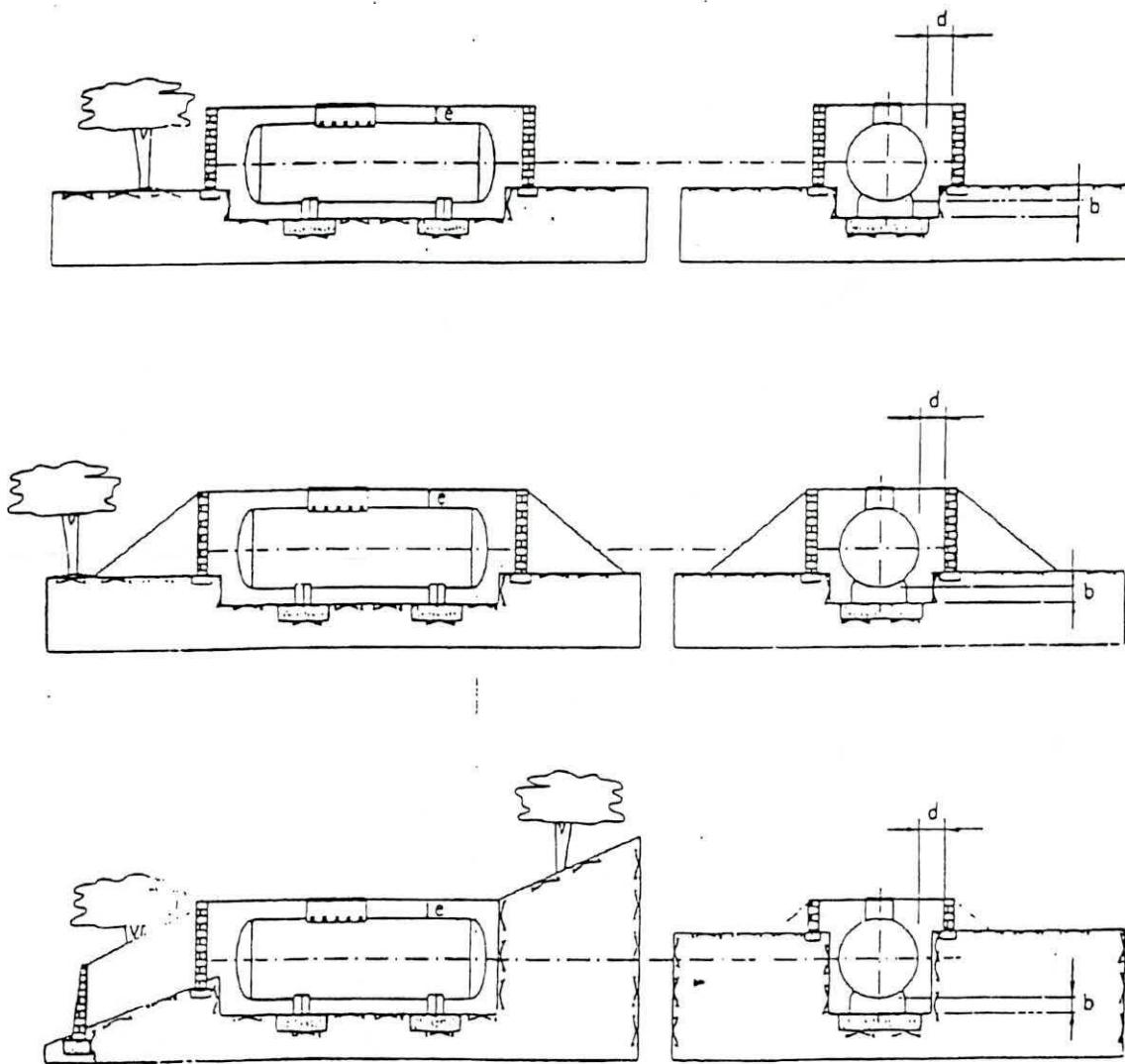
5.5.3.5 Tanques parcialmente bajo superficie (ver figura 6)

Los recipientes parcialmente bajo superficie, sin que sean del tipo en talud, se deben instalar de acuerdo con los siguientes criterios:

- a) Los recipientes se deben encontrar nivelados sobre una base firme, con el foso preparado de manera similar a como se estableció para el caso de tanques bajo superficie en el literal f) del numeral 5.5.3.4 para los recipientes bajo superficie.
- b) Las exigencias para el espaciamiento entre recipientes son las mismas establecidas para los tanques sobre superficie en las tablas 3, 4 y 5.
- c) El tanque se debe colocar de tal manera que quede exento de riesgos con respecto a los daños originados por vehículos o por lo menos, debe encontrarse adecuadamente protegido contra ellos.

(Continúa)

FIGURA 6. Tanques parcialmente, bajo superficie



$30 \text{ cm} \leq e \leq 50 \text{ cm}$ a nivel del terreno

$30 \text{ cm} \leq e$, a tapa si existe

$50 \text{ cm} \leq d$

$20 \text{ cm} \leq b$

5.6 Ensayos y verificaciones. Previo al suministro de gas y antes de enterrar o empotrar tuberías se deben llevar a cabo obligatoriamente las siguientes pruebas o ensayos:

5.6.1 Ensayo de estanquidad. Este ensayo se debe realizar en los conjuntos de tuberías fijas sometidas a una misma presión, cualesquiera que sean éstas, ya sean anteriores o posteriores al contador y con un manómetro de precisión suficiente y considerando los siguientes aspectos:

- Este ensayo se debe realizar con aire o gas inerte, se prohíbe el uso de cualquier otro tipo de gas o líquido.
- El ensayo se debe realizar a 1,5 veces la presión máxima de servicio, como mínimo a 0,21 bar (3 psig)
- La presión se debe mantener el tiempo necesario para la inspección de la instalación y la detección de las fugas, la duración del ensayo debe estar de acuerdo con lo siguiente:

(Continúa)

Cuando:	$V = 680 \text{ m}^3$	$T = 24 \text{ horas}$
	Si $4 \text{ m}^3 < V < 680 \text{ m}^3$	$T = 2,14 V \text{ (minutos)}$
	Si $V < 4 \text{ m}^3$	$T = 10 \text{ minutos como mínimo}$

En donde:

V = volumen de la instalación (m^3)
 T = tiempo de ensayo en minutos.

- d) Cada uno de los conjuntos puede ser ensayado en varios tramos.
- e) Las válvulas y uniones se deben revisar al mismo tiempo que las tuberías y en las mismas condiciones.
- f) Durante el ensayo se deben maniobrar las válvulas intermedias para comprobar su estanquedad, tanto en la posición de cerrado como de abierto.
- g) El ensayo de estanquedad se debe completar comprobando con agua jabonosa, o producto similar, todas las juntas y accesorios de la instalación.

5.6.2 Tubería de polietileno (PE) ensayo de estanquedad. A más de lo especificado en 5.6.1 se deben considerar las siguientes prescripciones particulares:

- a) Ningún ensayo se debe iniciar antes del enfriamiento completo de las soldaduras.
- b) Si el medio empleado para el ensayo es aire comprimido, se debe instalar un filtro o trampa de aceite que reduzca, al mínimo, la contaminación del PE por esta causa.
- c) Si se utiliza un compresor, debe vigilarse que la temperatura no supere la temperatura máxima de prueba o de servicio.
- d) Cuando se comprueba la estanquedad mediante agua jabonosa o agentes espumantes, deben eliminarse totalmente con agua, salvo que se utilicen productos que, mediante los oportunos ensayos de laboratorio, hayan demostrado no ser perjudiciales para el PE.
- e) No se permite la utilización de odorizantes como medio para detección de fugas, debido al riesgo de que el odorizante líquido entre en contacto con el PE.
- f) En las acometidas sobre tuberías en carga, el ensayo se debe realizar con aire si la perforación de la tubería se efectúa una vez finalizada la construcción de la acometida, pero si la perforación debe hacerse en una fase intermedia, el ensayo debe realizarse con gas a la presión de servicio, comprobándose todas las juntas con agua jabonosa u otro método apropiado.
- g) Para tubos de SDR 17 de diámetro 200 mm o superior, y para tubos de SDR 11 de diámetro 500 mm o superior, no se puede hacer el ensayo con aire al 150 % de la presión de servicio (Ver ISO 4437 Anexo 2) puesto que se sobrepasarían las presiones críticas para prevenir la rotura de propagación rápida.

5.7 Requisitos complementarios

5.7.1 Instalación de aparatos

5.7.1.1 Antes de conectar un aparato a la instalación se debe comprobar que cuente con los elementos necesarios para la utilización del gas combustible y además, cumplir con los siguiente:

- a) Los aparatos conectados a un conducto de humos deben estar inmovilizados.

(Continúa)

- b) Los aparatos tipo ventosa o de circuitos estanco, deben estar fijados a la pared o al piso por tornillos o pernos de empotramiento o anclaje.
- c) La conexión del aparato a la instalación de gas combustible se debe realizar:
 - c.1) Por tubo rígido:
 - c.1.1) Aparatos fijos de calefacción.
 - c.1.2) Aparatos de producción de agua caliente.
 - c.1.3) Aparatos incorporados en "bloques de cocina" y aparatos inmovilizados.
 - c.1.4) Aparatos fijos de lavar o secar ropa que no tengan órganos movidos por motor.
 - c.2) Por tubo flexible, si son móviles, desplazables o accionados mediante motor, los siguientes:
 - c.2.1) Cocinas
 - c.2.2) Aparatos, móviles de calefacción
 - c.2.3) Máquinas de lavar o secar ropa
 - c.2.4) Lavavajillas
 - c.2.5) Refrigerador

5.7.1.2 En la instalación de las cocinas domésticas o industriales se debe cumplir con lo siguiente:

- a) La conexión con el tubo de alimentación del gas combustible debe efectuarse por la parte posterior de la cocina, de manera que el tubo flexible no pueda quedar en contacto con las partes calientes de la misma.
- b) Los tubos de alimentación de la cocina deben ser accesibles, quedar fuera de la acción de las llamas y de los gases quemados y en ningún caso, deben obstruir la evacuación de éstos.
- c) Las mangas flexibles deben ser construidas e instaladas de acuerdo con la NTE INEN 885 y deben estar aseguradas al pitón de acometida y de la cocina con abrazaderas ajustables con herramienta.
- d) Dispositivos de seguridad.- Excepto en las hornillas y en los fuegos superiores de las cocinas, cuyo uso presupone la vigilancia continua, todos los demás aparatos alimentados por gas combustible, deben contar obligatoriamente, con pilotos automáticos que garanticen la seguridad del encendido o estar provistos de sistemas de seguridad que en casos accidentales, apaguen la llama del quemador correspondiente.

5.7.1.3 En la instalación de calentadores de agua se debe cumplir con lo siguiente:

- a) La conexión con el tubo de alimentación del gas debe efectuarse de manera que el tubo flexible no pueda quedar en contacto con las partes calientes del artefacto.
- b) La evacuación de los gases producidos por la combustión del gas debe ser efectuada, ya sea por conexión a ductos generales o individuales y deben disponer, por encima del calentador de agua, de un espacio libre vertical de 0,4 metros, como mínimo, para la colocación del ducto por donde se efectuará, la salida de los gases de combustión hacia el exterior.
- c) El calentador de agua debe fijarse, por medios idóneos, a la pared o muro, en cualquier caso, a una altura mínima de 1,5 metros sobre el nivel del piso.
- d) Las estufas portátiles deben estar equipados con dispositivos automáticos aprobados que corten el flujo de gas al quemador principal y al piloto, en caso de extinción de la llama o falla en la combustión.

(Continúa)

- d.1) Los calentadores portátiles deben mantenerse parados por sus propios medios, salvo que estén diseñados para el montaje en recipientes portátiles de acero para gas combustible.
- d.2) Los calentadores portátiles, en ningún caso, deben ser de llama directa o por radiación al cilindro o tanque de gas.
- d.3) Los calentadores portátiles además deben contar con cualquiera de los siguientes sistemas:
 - a) un piloto que debe encenderse y probarse antes que actúe el quemador principal, o
 - b) un sistema de encendido eléctrico aprobado

5.7.1.4 La longitud de la manguera flexible (Ver NTE INEN 885) no debe ser, en ningún caso, superior a 1,50 m , y cuando, se trate de aparatos móviles de calefacción no podrá tener más de 0,60 m de longitud.

5.7.1.5 Las válvulas, conectores, reguladores, cabezales múltiples y tuberías del recipiente de gas, no deben usarse como soportes estructurales.

5.7.2 *Manual de instrucciones de operación del aparato.* Todo aparato debe ir acompañado de un manual de instrucciones sobre instalación, funcionamiento, ventilación y de seguridad, específico para cada uno de los aparatos que utilizan gas combustible y debe cumplir con los requisitos de la presente norma.

5.7.3 *Comprobaciones especiales.* Para aquellos aparatos que por garantía del fabricante, éste exija que su puesta en servicio se realice exclusivamente por personal especializado propio, el instalador autorizado o la empresa suministradora de gas debe dejarlos sellados anotando, en el certificado, su responsabilidad de comprobación de los mismos. El sello de seguridad sólo podrá ser levantado por el técnico autorizado por el fabricante o por la empresa suministradora de gas, según el caso.

5.7.4 *Verificación de los aparatos instalados.* El instalador debe verificar los aparatos consumidores de gas combustible, una vez que estén en condiciones de funcionamiento, en los siguientes aspectos:

- a) Se debe comprobar que las condiciones para asegurar la ventilación o la evacuación de los gases quemados sean satisfactorias.
- b) Está prohibida la intervención en los reguladores integrados a los aparatos, el ajuste de los inyectores y de los quemadores, en general y modificar la forma o dimensiones de cualquier pieza que influya sobre el rendimiento térmico del aparato.
- c) Estas operaciones sólo deben ser ejecutadas por personas autorizadas por los fabricantes de aparatos o de las empresas suministradoras.

5.7.5 *Entrada de aire para la combustión y evacuación de humos.* Los requisitos que se establecen en el presente numeral sobre entradas de aire necesario para la combustión y evacuación de humos no se refieren a los aparatos de circuito estanco ni a los instalados en galerías exteriores abiertas o terrazas (ver figura 7A, 7B, 7C, 7D).

(Continúa)

FIGURA 7A. Equipos ubicados en espacios confinados, todo el aire proviene del interior del edificio.

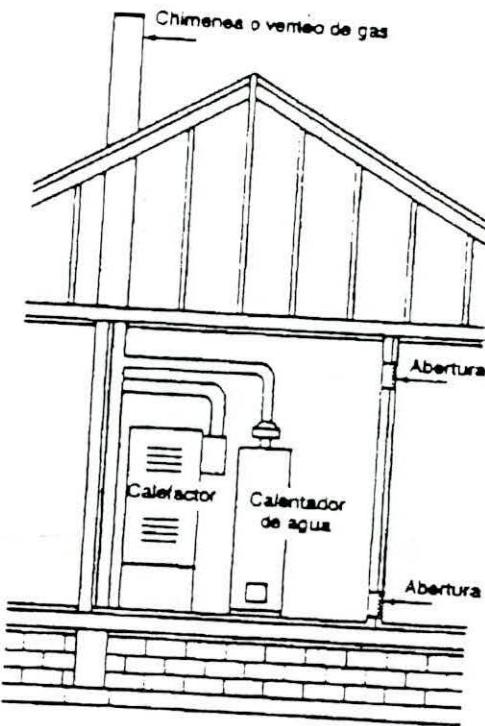
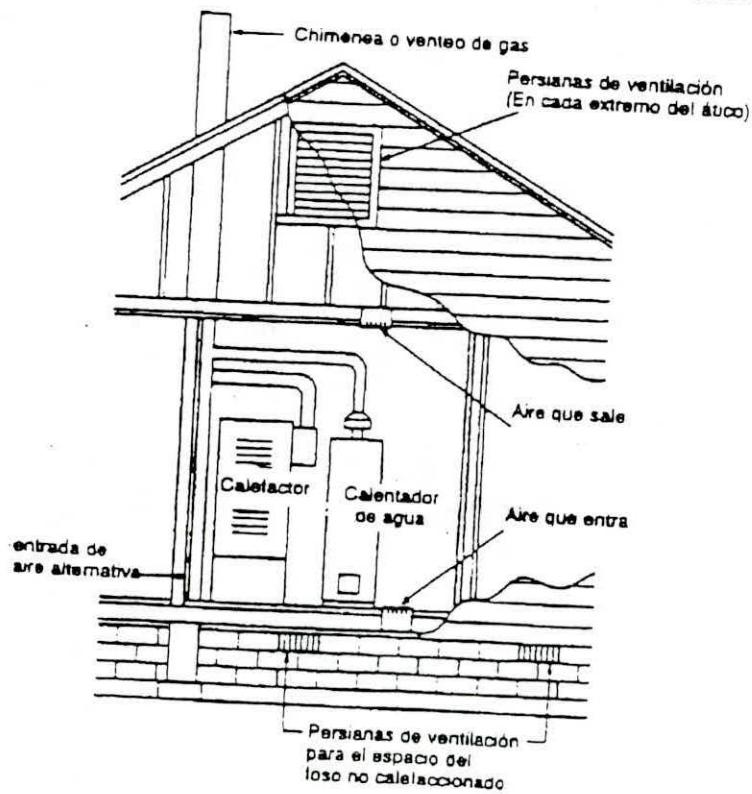


FIGURA 7B. Equipos ubicados en espacios confinados, todo el aire proviene del exterior - entrada de aire de un foso/sótano ventilado y salida de aire a un ático ventilado



(Continúa)

FIGURA 7C. Equipos ubicados en espacios confinados, todo el aire proviene del exterior a través de un ático ventilado

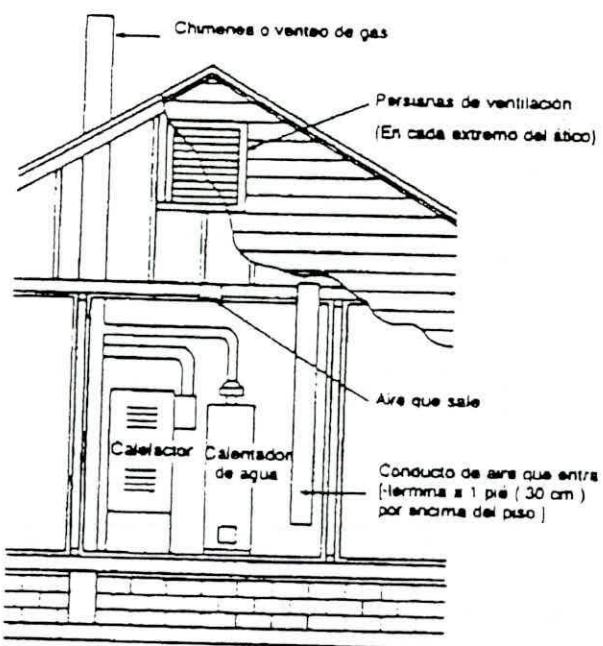
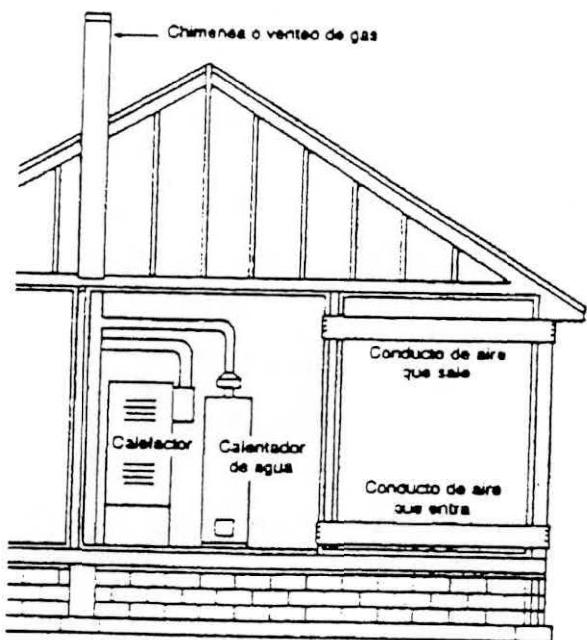


FIGURA 7D. Equipos ubicados en espacios confinados, todo el aire proviene del exterior



(Continúa)

5.7.5.1 Las condiciones que deben reunir los locales en los que estén instalados uno o más aparatos de circuito no estanco, estén o no conectados a un conducto de evacuación de humos, son las siguientes:

- a) Disponer de una entrada suficiente de aire para la alimentación de los aparatos.
- b) Tener un volumen bruto de 8 m^3 , como mínimo, entendiéndose por volumen bruto el limitado por las paredes del local, es decir sin deducción, del volumen ocupado por el mobiliario, siempre que este volumen no exceda de 2 m^3 .
 - b.1) El volumen citado puede reducirse a 6 m^3 si el local está permanentemente abierto a otro bien ventilado y cuyo caudal calorífico sea inferior a 4 000 kcal (15 870 Btu/h).
 - b.2) No se exige límite inferior de volumen si el local está exclusivamente reservado para emplazamiento de un aparato de calefacción o de producción de agua caliente.
- c) Debe tener una ventana o puerta, por lo menos, que pueda abrirse directamente al exterior, o a un patio interior que tenga una anchura mínima de 2 m, con el fin de permitir en caso de necesidad una rápida ventilación.
- d) No se debe instalar calefones o termos en cuartos de baño, dormitorios, ni en compartimientos tales como armarios, closets y otros similares, ubicados al interior de locales habitables.

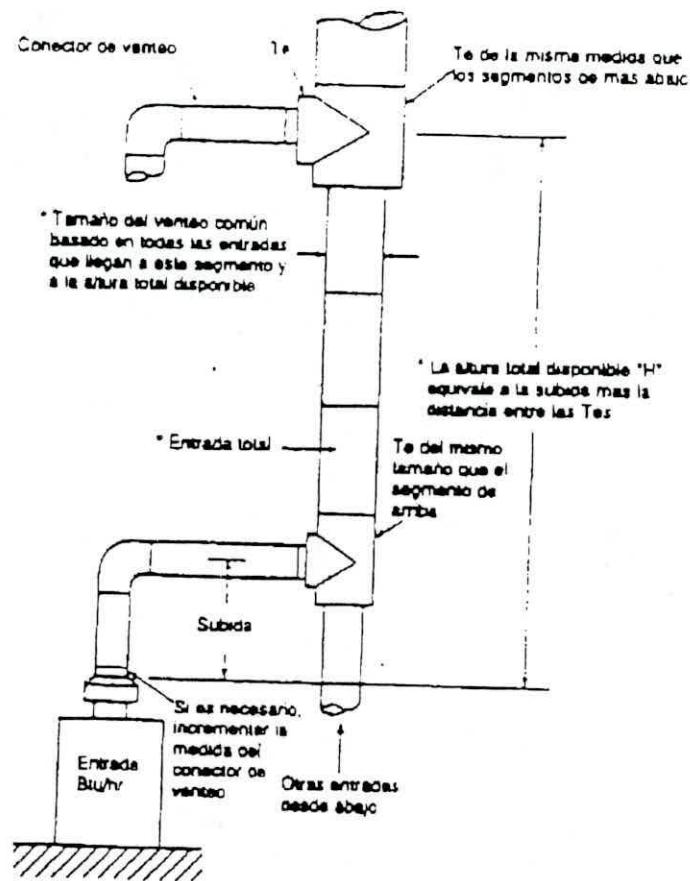
5.7.5.2 Evacuación de humos (ver figuras 8A y 8B).

- a) Ductos de evacuación. Los ductos de evacuación de los productos de la combustión y chimeneas en general tendrán las dimensiones, trazado y situación adecuadas, debiendo ser resistentes a la corrosión y a la temperatura, así como estancos tanto por la naturaleza de los materiales que los constituyan como por el tipo y modo de realizar las uniones que procedan.
 - a.1) Si los ductos atraviesan paredes o techos de madera o de otro material combustible, el diámetro del orificio de paso será de 10 cm mayor que el del tubo, y éste debe ir protegido con material incombustible.
 - a.2) El ducto de evacuación de humos producidos por la utilización del gas combustible no se debe empalmar a chimeneas destinadas a evacuar los productos de combustión de combustibles sólidos y/o líquidos.
- b) Los ductos de evacuación de humos deben cumplir, además con los siguiente requisitos:
 - b.1) Ser rectos y verticales, por encima del cortatiro, en una longitud de 20 cm, como mínimo.
 - b.2) El tramo inclinado de éstos tendrá como punto más bajo el de unión con el tramo vertical mencionado anteriormente.
 - b.3) Si no va unido a una chimenea, se debe prolongar verticalmente, en el exterior del local, en un tramo de al menos 50 cm, protegiendo su extremo superior contra la lluvia y el viento.
 - b.4) En los casos de ductos de evacuación de humos, correspondientes a calentadores de agua u otros aparatos domésticos que salgan al exterior, no por el techo, sino a través de muros o paredes y no vayan unidos a chimeneas, podrá sustituirse la prolongación vertical de 50 cm al exterior del local por el deflector adecuado y que esté protegido contra la lluvia y el viento.

(Continúa)

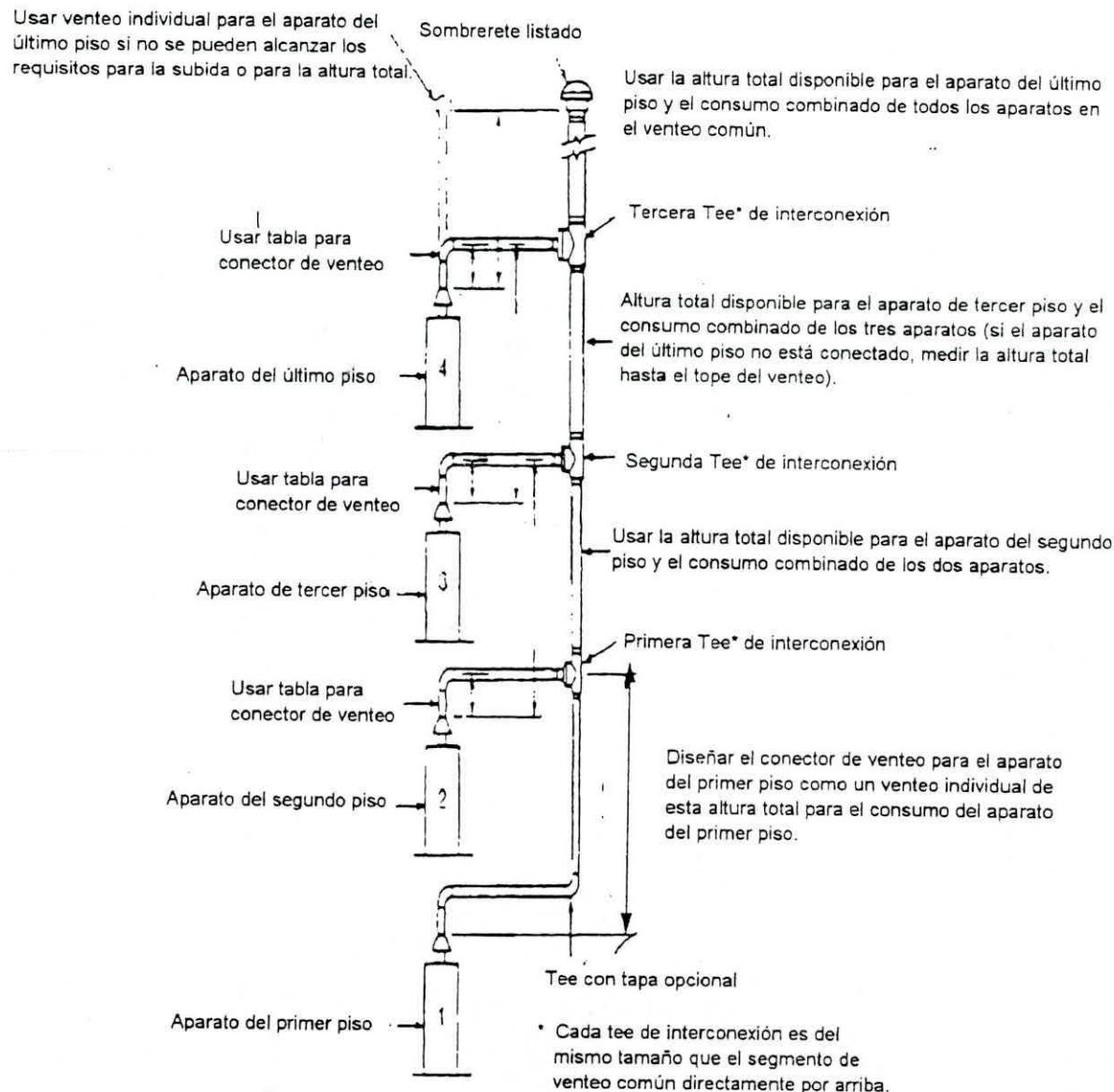
- b.5) Los ductos no deben disponer de elementos móviles de regulación del tiro, tales como compuertas, válvulas o llaves de mariposa.

FIGURA 8A. Evacuación de humos



(Continúa)

FIGURA 8B. Evacuación de humos de varios pisos



(Continúa)

5.7.6 Instalación de equipos eléctricos. La instalación de equipos eléctricos en lugares aledaños a artefactos que utilizan gas combustible, deben cumplir con las regulaciones que emitan las autoridades correspondientes y básicamente con las protecciones referidas a las instalaciones antichispa y de seguridad.

5.7.6.1 La válvula de paso debe instalarse a la vista, en forma accesible y ubicada de manera que su manipulación, por parte del usuario, sea fácil, debe estar a una distancia mínima de 20 cm del gasodoméstico, cuando menos a 1,0 m del nivel del suelo y mínimo a 30 cm de interruptores eléctricos y tomacorrientes.

5.7.7 Protección contra incendios Para las instalaciones de gas combustible en edificaciones de uso residencial, comercial o industrial debe proveerse de un sistema de protección contra incendios aprobados por las autoridades competentes.

6. INSPECCIÓN

6.1 La instalación para gas combustible debe ser inspeccionada en todas sus etapas de acuerdo con las especificaciones de esta norma. Los ensayos deben estar registrados mediante acta.

6.2 Aceptación. Cuando la instalación para gas combustible cumpla con todo lo establecido en esta norma, se debe emitir el certificado correspondiente.

6.3 Instalaciones que no se ajustan a esta norma. Siempre que sea necesario efectuar una instalación que no se ajuste a esta norma, debe solicitarse al organismo de control competente, acompañando la documentación técnica correspondiente, realizada y firmada por un técnico superior competente. En su memoria técnica se debe justificar la imposibilidad de ajustarse a esta norma.

7. ROTULADO

7.1 Toda instalación de gas combustible debe estar señalizada de acuerdo con esta norma y en las que se mencione el tipo de gas combustible con el que debe ser utilizado y colocado de tal manera que sea de fácil observación e identificación.

7.2 Las tuberías deben pintarse de acuerdo a lo especificado en la NTE INEN 440 para el gas específico.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 111:1998	<i>Cilindros de acero soldados para gas licuado de petróleo GLP. Requisitos e inspección.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 113:1997	<i>Planchas de acero al carbono para la fabricación de cilindros soldados para gas licuado de petróleo. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 128:1975	<i>Soldadura manual de tubos por arco eléctrico. Calificación de operarios soldadores.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 133:1975	<i>Ensayo de abocardado para tubos de acero de sección circular</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 440:1984	<i>Colores de identificación de tuberías</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 885:1998	<i>Artefactos domésticos a gas (GLP).</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 886:1985	<i>Mangueras flexibles de conexión. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2143:1997	<i>Artefactos domésticos a gas (GLP). Boquillas de acople para mangueras. Requisitos dimensionales</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 261:1999	<i>Cilindros de acero soldados para gas licuado de petróleo. Requisitos de fabricación.</i>
Norma internacional ISO 7: 94	<i>Tanques para gases a baja presión.</i>
Norma internacional ISO 65 : 81	<i>Requisitos e inspección.</i>
Norma internacional ISO 1635	<i>Pipe threads where pressure-tight joints are made on the threads. Part 1</i>
Norma internacional ISO 4437: 97	<i>Carbon steel tubes suitable for screwing in accordance with ISO 7/1</i>
ANSI/AGA-LC-1:1991	<i>Wrought copper and copper alloys - Round tubes for general purposes - Mechanical properties</i>
ASTM A53-90	<i>Buried polyethylene (PE) pipes for the supply of gaseous fuels. Metric series. Specifications</i>
ASTM B 88M 93a	<i>Interior Fuel Gas Piping Systems Using Corrugated Stainless Steel Tubing (includes supplements ANSI/AGA-LC-1a-1993 and ANSI/AGA-LC-1b-1994).</i>
ASTM D 2513 94a	<i>Specification for pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc - coated welded and seamless.</i>
ASTM D 2657 - 90	<i>Specification for Seamless Copper Water tube (metric)</i>
ASTM D 2683 - 93	<i>Specification for Thermoplastic Gas Pressure Pipe Tubing and Fittings.</i>
ASTM D 3261-93	<i>Practice for Heat Joining of Polyolefin Pipe and Fittings.</i>
ASTM F 1055 - 93	<i>Specification for Socket. Type Polyethylene Fittings for Outside Diameter - Controlled Polyethylene Pipe and Tubing.</i>
Boiler and Pressure Vessel Code – ASME Section VIII Division 1 y 2:1995.	<i>Specification for Butt Heat Fusion Polyethylene (PE) Plastic Fittings for polyethylene (PE) Plastic Pipe and Tubing.</i>
	<i>Specification for Electrofusion Type Polyethylene Fittings for Outside Diameter Controlled Polyethylene Pipe and Tubing.</i>

(Continúa)

Z.2 BASES DE ESTUDIO

NFPA 58 *Storage and handling of Liquefied Petroleum Gases.* National Fire Protection Association. A. Fowlwer/ Elis Horwood Publisher, 1995

CN-1:94 Reglamento de instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. España

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2 260	TITULO: INSTALACIONES PARA GAS COMBUSTIBLES EN EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL, COMERCIAL O INDUSTRIAL. REQUISITOS.	Código: MC 07.04-402
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 19	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:	

Fechas de consulta pública: dc

a

Subcomité Técnico: DE GLP

Fecha de iniciación: 1999-02-02

Integrantes del Subcomité Técnico:

Fecha de aprobación: 1999-08-12

NOMBRES:

Ing. J. Edwin Hinojosa (Presidente)
 Ing. Ricardo Cevallos
 Ing. Aníbal Díaz
 Ing. Santiago Cabrera
 Ing. Alecksey Mosquera
 Ing. William Hernández
 Ing. Jaime Calderón
 Arq. César Páliz
 Arq. Fausto Rodríguez
 Arq. Octavio Villacreses
 Tlgo. Javier López
 Insp. Juan Carlos Sotelo
 Sr. Santiago Román
 Tlgo. Marco Proaño (Secretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

TECNOESA - CIMEPI
 D.N.H.
 AGIPECUADOR - HISPANAGAS
 AGIPECUADOR
 CIMEPI
 COECUAGAS
 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
 MUNICIPIO DE QUITO
 COLEGIO ARQUITECTOS - QUITO
 COLEGIO ARQUITECTOS - GUAYAQUIL
 CONDUIT DEL ECUADOR
 CUERPO DE BOMBEROS
 DURAGAS
 INEN

Otros trámites:

CARÁCTER: Se recomienda su aprobación como: OBLIGATORIA

Aprobación por Consejo Directivo en sesión de
2001-05-29 como: Obligatoria

Oficializada como: Obligatoria
 Por Acuerdo Ministerial No.01 293-H de 2001-09-04
 Registro Oficial No. 450 de 2001-11-09

APÉNDICE I

TABLA DE POTENCIAS NOMINALES Y CAUDALES PARA DISTINTOS APARATOS DE USO DOMÉSTICO

TIPO DE APARTOS	POTENCIA NOMINAL		Propano Comercial	Gas Natural
	Kcal/h	KW	m ³ /h	m ³ /h
Cocina grande	15000	17.4	0.6	1.690
Cocina normal con horno	10000	11.6	0.4	1.250
Encimera (todos los tipos)	6000	7.00	0.3	0.836
Horno independiente	4300	5.00	0.2	0.442
Calentador instantáneo 125 Kcal ó 5 l/min	9000	10.4	0.36	1.1
Calentador instantáneo 250 Kcal ó 10 l/min	18000	20.9	0.72	2.1
Calentador instantáneo 320 Kcal ó 13 l/min	23050	26.7	0.92	--
Calentador instantáneo 380 Kcal ó 15 l/min	27370	31.7	1.10	--
Acumulador 50 litros	4000	4.7	0.2	--
Acumulador 75 litros	5000	5.8	0.2	--
Acumulador 100 litros	5500	6.4	0.3	--
Acumulador 120 litros	6000	7.0	0.3	--
Caldera calefacción simple o mixta 8,000 Kcal/h	9603	11.1	0.38	--
Caldera calefacción simple o mixta 10,000 Kcal/h	12004	13.9	0.48	--
Caldera calefacción simple o mixta 12,000 Kcal/h	14405	16.7	0.58	--
Caldera calefacción simple o mixta 14,000 Kcal/h	16806	19.5	0.67	--
Caldera calefacción simple o mixta 15,000 Kcal/h	18007	20.9	0.72	--
Caldera calefacción simple o mixta 16,000 Kcal/h	19207	22.3	0.77	--
Caldera calefacción simple o mixta 18,000 Kcal/h	21608	25.0	0.86	2.1
Caldera calefacción simple o mixta 20,000 Kcal/h	24009	27.8	0.96	--
Caldera calefacción simple o mixta 22,000 Kcal/h	26410	30.6	1.06	2.8--
Caldera calefacción simple o mixta 26,000 Kcal/h	31212	36.2	1.25	--
Caldera calefacción simple o mixta 30,000 Kcal/h	36014	41.8	1.44	--
Caldera calefacción simple o mixta 40,000 Kcal/h	48019	55.7	1.93	--
Secadora	6020	7	0.24	0.4
Cafetera Comercial	--	--	--	0.490

APÉNDICE J

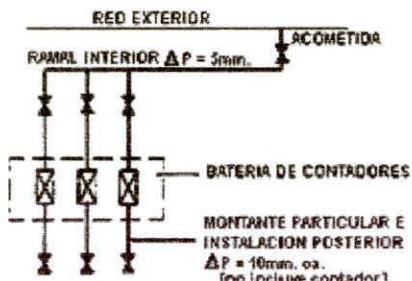
OTRAS RECOMENDACIONES PARA INSTALACIONES DE GAS NATURAL Y GLP (ref. 2 y <http://www.buildnet.es/gasnormas>)

● SUMINISTRO EN BAJA PRESIÓN:

a) Gas Manufacturado y Gas Natural, contadores en batería.

Una pérdida de carga máxima de 5 mm c.d.a., desde la llave de acometida hasta la entrada al contador instalado en la ubicación más desfavorable y 10 mm c.d.a. desde la salida del contador hasta la llave del aparato más desfavorable.

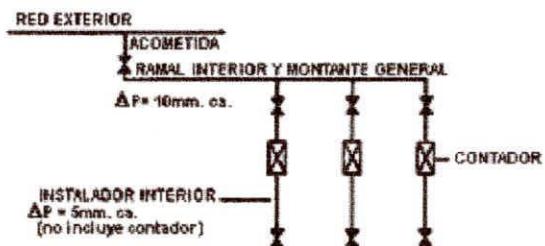
INSTALACIÓN RECEPATORA EN BP. CON BATERIA DE CONTADORES CONECTADA A RED DE DISTRIBUCIÓN DE BP.



b) Gas Manufacturado y Gas Natural, contadores en vivienda o rellano.

Una pérdida de carga máxima de 10 mm c.d.a., desde la llave de acometida hasta la entrada del contador, y 5 mm c.d.a. desde la salida de éste hasta la llave del aparato más desfavorable.

INSTALACIÓN RECEPATORA EN BP. CON CONTADORES EN VIVIENDA O RELLANO, CONECTADA A RED DE DISTRIBUCIÓN EN BP.

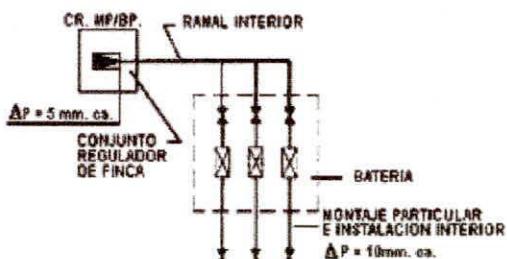


● SUMINISTRO EN MEDIA PRESIÓN:

a) Gas Manufacturado y Gas Natural, alimentación a través de un regulador general de presión MP/BP, a una batería de contadores.

La pérdida de carga máxima desde salida de regulador en BP a la entrada del contador instalado en la ubicación más desfavorable será de 5 mm c.d.a., y desde la salida de éste hasta la llave del aparato más desfavorable será de 10 mm c.d.a..

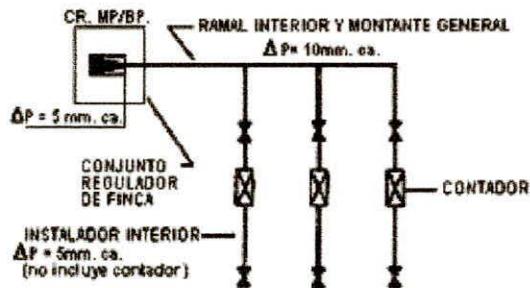
INSTALACION RECEPATORA EN BP. CON BATERIA DE CONTADORES A RED DE MP. A TRAVES DE REGULADOR.



c) **Gas Manufacturado y Gas Natural, alimentación a través de un regulador general de presión MP/BP, a contadores instalados en vivienda o en rellano.**

La pérdida de carga máxima desde la salida del regulador en baja presión a la entrada del contador será de 10 mm c.d.a., y de 5 mm c.d.a. desde la salida de éste a la llave del aparato más desfavorable.

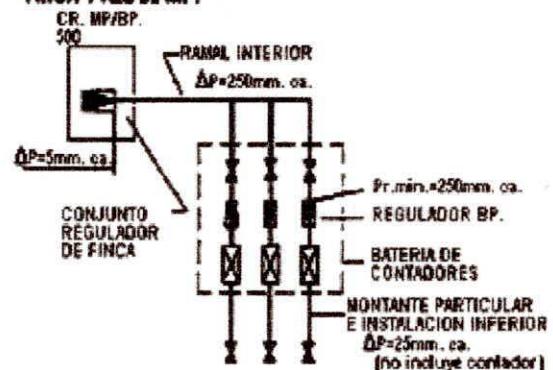
INSTALACION RECEPTORA EN BP, CON CONTADORES EN VIVIENDA O RELLANO, CONECTADA A RED DE MP, A TRAVES DE REGULADOR.



d) **Gas Manufacturado y Gas Natural, alimentados a través de un regulador general de presión MP/MPA 500 ó 1000 mm c.d.a. y reducción de esta presión a BP mediante regulador de abonado, con contadores colocados en batería.**

La pérdida de carga máxima desde la salida del regulador general hasta la entrada al regulador de abonado instalado en la ubicación más desfavorable será de 250 mm c.d.a., y de 25 mm c.d.a. desde la salida del contador hasta la llave del aparato más desfavorable.

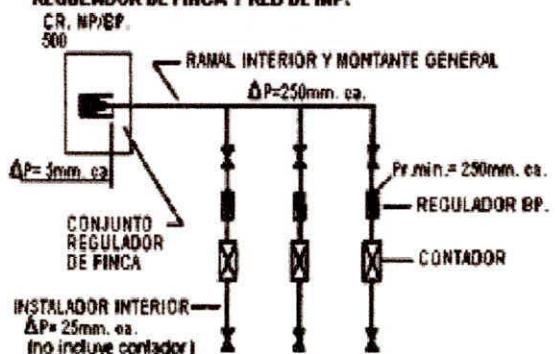
INSTALACION RECEPTORA EN BP, 500mm. ca. CON BATERIA DE CONTADORES, CON REGULADOR DE FINCA Y RED DE MP.



e) **Gas Manufacturado y Gas Natural, alimentados a través de un regulador general de presión MP/MPA 500 ó 1000 mm c.d.a. y reducción de esta presión a BP mediante regulador de abonado, con los contadores en vivienda o en rellano.**

La pérdida de carga máxima desde la salida del regulador general hasta la entrada al regulador de abonado será de 250 mm c.d.a. y de 25 mm c.d.a. desde la salida del contador hasta la llave del aparato más desfavorable.

INSTALACION RECEPTORA EN BP, 500 mm. ca. CON CONTADORES EN VIVIENDA O RELLANO, CON REGULADOR DE FINCA Y RED DE MP.



APÉNDICE K

CARACTERÍSTICAS DE LOS REGULADORES REGO

TIPO DE SISTEMA	MÁXIMA CARGA CONECTADA (BTU/h)	REGULADOR SURGERIDO
Primera etapa: Alta presión En sistema de dos etapas	500000 (a)	LV2302TR
	2500000 (b)	LV4403SR or TR Series
Segunda etapa: Baja presión En sistema de dos etapas	935000 (c)	LV4403B Series
	1600000 (c)	LV5503B4/B6/B9 Series
	2300000 (c)	LV503B8
Etapa doble integrada	200000 (d)	LV404B23 Series
	525000 (d)	LV404B4 or B9 Serie
Cambio automático	180000 (d)	7523B23 Series
	500000 (d)	7523B4 Series

- (a) Carga máxima basada en entrada de 25 psi, descarga / entrega de 8 psi.
- (b) Carga máxima basada en entrada de 20 psi mayor que la calibración del regulador y una presión de descarga / entrega 20% menor a la calibrada.
- (c) Carga máxima basada en entrada de 10 psi, descarga / entrega de 9" C.A.
- (d) Carga máxima basada en entrada de 25 psi, descarga / entrega de 9" C.A.

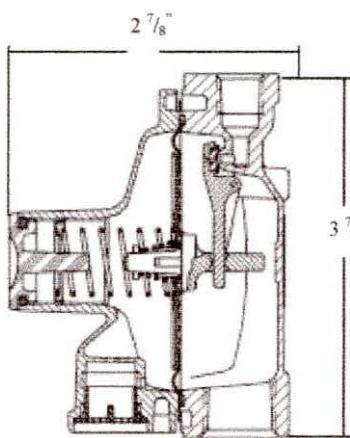
Véase el Catálogo de Productos Rego para información completa de pedidos.

REGULADORES COMPACTOS DE PRIMERA ETAPA DE ALTA PRESIÓN

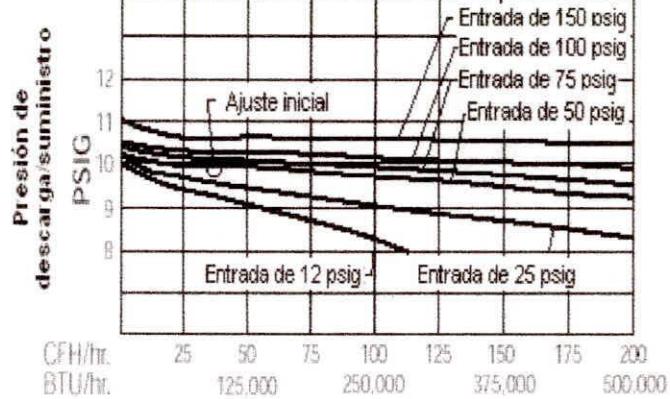
Ideales para instalaciones domésticas que exigen no más de 500000 BTU/h. Estos vienen calibrados de fábrica para reducir la presión del tanque a una presión intermedia de aproximadamente 10 psig. El diseño compacto y resistente incorpora muchas de las características encontradas en reguladores domésticos más grandes



LV2302TR



LV2302TR

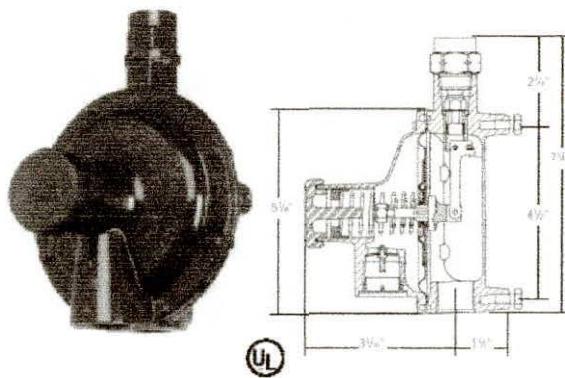


Número de parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Dimensión del Orificio	Presión de descarga de fábrica (psig)	Rango de ajuste (psig)	Válvula integral de alivio	Capacidad para Vapor Propano BTU/h*
LV2302TR	NPT H. de 1/4	NPT. H de 1/2	0.100	10	5 – 10	Si	500000

* Flujo máximo basado en una entrada de presión de 25 psig y una presión de descarga de 8 psig.

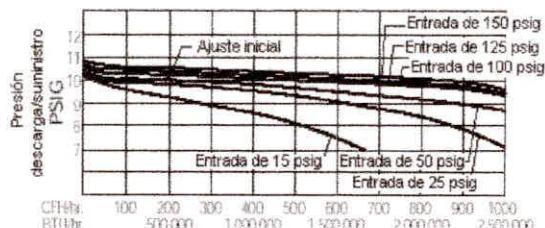
REGULADOR DE PRIMERA ETAPA DE ALTA PRESIÓN

Proporciona regulación precisa de primera etapa en sistemas de dos etapas de tanques estacionarios. Estos reguladores manejan la vaporización de tanques de hasta 1200 galones (4.5 m^3). Reducen la presión del tanque a una presión intermedia de 5 a 10 psig. También se usa para abastecer quemadores con alta presión para aplicaciones tales como estufas o calderas industriales. También se incorpora en instalaciones de múltiples cilindros.

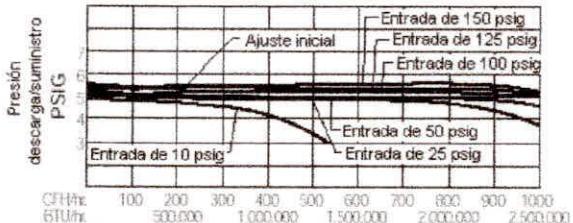


Serie LV4403 SR/TR

LV4403TR



LV4403SR



Número de parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Dimensión del Orificio	Presión de descarga de fábrica (psig)	Rango de ajuste (psig)*	Válvula integral de alivio	Capacidad para Vapor Propano** BTU/h*
LV4403SR4	NPT H. de $\frac{1}{2}$ "	NPT H. de $\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{4}$ "	5	1 - 5		
LV4403TR4				10	5 - 10		
LV4403SR9		NPT H. de $\frac{1}{2}$ "		5	1 - 5	Si	2500000
LV4403TR9	POL. H			10	5 - 10		
LV4403SR96		NPT. H de $\frac{3}{4}$ "		5	1 - 5		
LV4403TR96				10	5 - 10		

* Cuando se usa para control de presión de etapa final, debe incorporar una válvula integral de seguridad o una válvula de seguridad independiente que debe ser especificada de acuerdo la norma NFPA 58

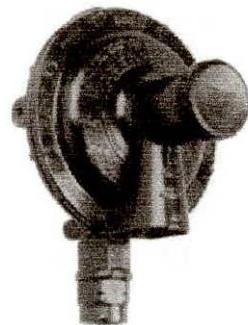
** Flujo máximo basado en una entrada de presión de 20 psig y una presión de descarga 20% menor que la calibración.

REGULADORES DE SEGUNDA ETAPA DE BAJA PRESIÓN

Diseñados para reducir de 5 a 20 psig de la primera etapa a la presión del quemador, normalmente 11" c.d.a. Ideales para las aplicaciones industriales y comerciales de tamaño medio, las instalaciones de múltiples cilindros y los sistemas domésticos normales.

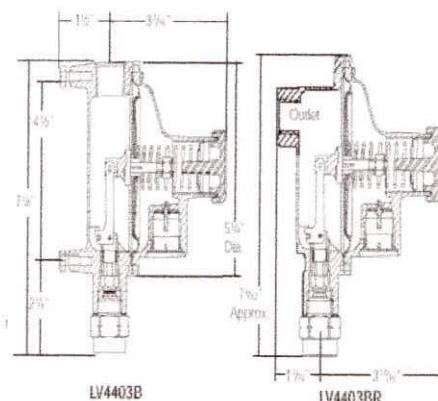
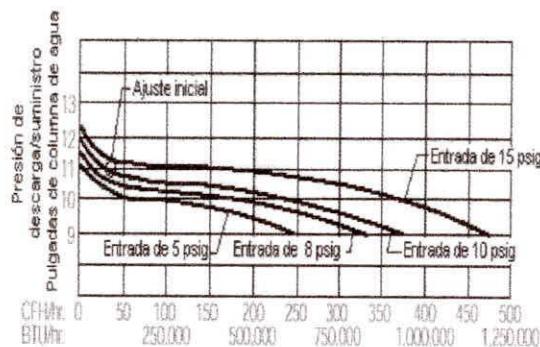
Diseño para montar atrás.

Se monta directamente en la tubería de la casa; elimina la necesidad de empalmes, codos y soportes. Se instala fácil y rápidamente.



UL

Serie LV4403 B



Número de parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Dimensión del Orificio	Presión de descarga de fábrica	Rango de ajuste	Posición del respiradero del Bonete	Capacidad para Vapor Propano** BTU/h
LV4403B4	NPT H. de 1/2"	NPT. H de 1/2"	# 28 Drill (broca)	11" c.d.a. a una entrada de 10 psig	9" a 13" c.d.a.	Sobre la entrada	935000
LV4403B46		NPT. H de 1/2"					
LV4403B46R*	NPT H. de 3/4"	NPT. H de 1/2"	# 28 Drill (broca)	11" c.d.a. a una entrada de 10 psig	9" a 13" c.d.a.	Sobre la entrada	935000
LV4403B66							
LV4403B66R*							

* Diseño para montar atrás

** Flujo máximo basado en una entrada de 10 psig y 9" c.d.a de presión de descarga

REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA PARA SISTEMAS DE 2 PSIG

Diseñados para reducir la presión de primera etapa de 10 psig a 2 psig.

Sistemas con este regulador usan tuberías muy pequeñas dentro de los edificios. Se necesitan un regulador especial de etapa final, separadamente del aparato doméstico, para reducir esta presión intermedia de 2 psig a 11" c.d.a.

134403Y Series



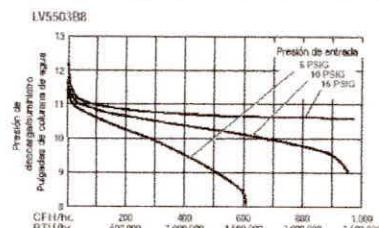
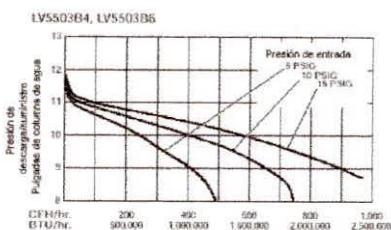
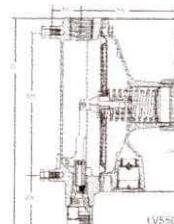
Serie LV4403Y4VI

Número de parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Dimensión del Orificio	Presión de descarga de fábrica (psig)	Rango de ajuste (psig)	Posición del respiradero del Bonete	Capacidad para Vapor Propano BTU/h*
LV4403Y4VI	NPT H. de $\frac{1}{2}$ "	NPT. H de $\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{4}$ "	2 a 10 psig de entrada	1.8 – 2.5	Sobre la entrada	750000

* Flujo máximo basado en una entrada de 10 psig y una de presión de descarga de 2 psig

REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA DE BAJA PRESIÓN

Diseñados para reducir la presión de 5 a 20 psig de la primera etapa a la presión del quemador, normalmente 11" c.d.a. Ideales para las aplicaciones industriales y comerciales de tamaño grande, las instalaciones de múltiples cilindros y los sistemas domésticos grandes



Número de parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Dimensión del Orificio	Presión de descarga de fábrica	Rango de ajuste	Posición del respiradero del Bonete	Capacidad para Vapor Propano BTU/h*
LV5503B4	NPT H. de $\frac{1}{2}$ "	NPT. H de $\frac{1}{4}$ "	$\frac{1}{4}$ "	11" c.d.a. a una entrada de 10 psig	9" a 13" c.d.a.	Sobre la entrada	1600000
LV5503B6	NPT H. de $\frac{1}{4}$ "	NPT. H de $\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{2}$ "	11" c.d.a. a una entrada de 10 psig	9" a 13" c.d.a.	Sobre la entrada	2300000
LV5503B8		NPT. H de 1"	3/32"				

* Flujo máximo basado en una entrada de 10 psig y una presión de descarga de 9" c.d.a.

APÉNDICE L

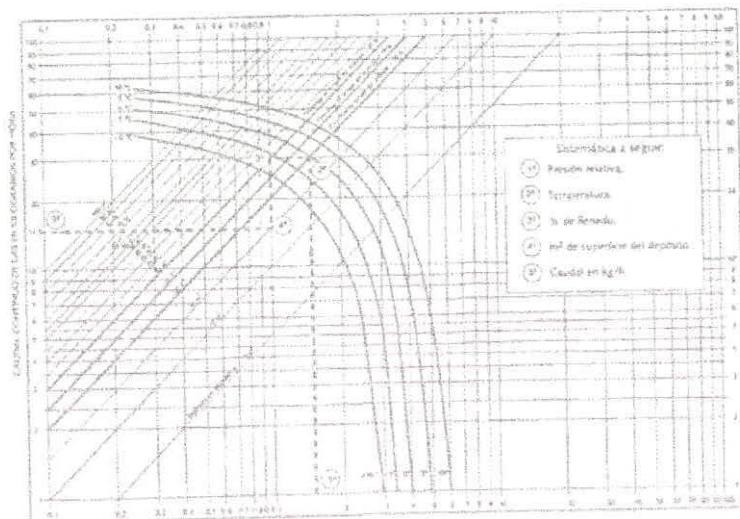
CARACTERÍSTICAS DE CONTADORES VOLUMÉTRICOS (ref. 2)

CONTADORES VOLUMÉTRICOS G (PAREDES DEFORMABLES)			
DESIGNACIÓN	Q_{\max} m ³ /h	Q_{\min} m ³ /h	PÉRDIDA DE CARGA mbar
1.6	2.5	0.016	2
2.5	4	0.025	2
4.0	6	0.04	2
6.0	10	0.06	2
10	16	0.10	2
16	25	0.16	3
25	40	0.25	3
40	65	0.40	3
65	100	0.65	4
100	160	1.00	4
160	250	1.60	4
250	400	2.50	4
400	650	4.00	4
650	1000	6.50	4

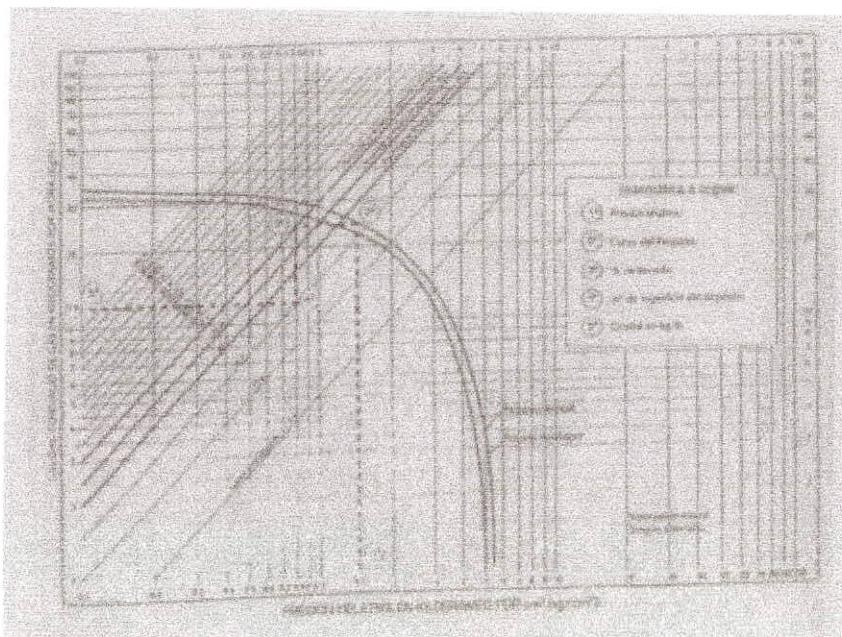
CONTADORES ROTATIVOS						
DESIGNACIÓN	Q_{\max} m ³ /h	Q_{\min} m ³ /h			PÉRDIDA DE CARGA mbar	
		CAMPO DE MEDIDA				
		Pequeño	Medio	Grande		
16	25	--	2.5	1.3	6.5	
25	40	8	4	2	6.5	
40	65	13	6	3	6.5	
65	100	20	10	5	6.5	
100	160	32	16	8	6.5	
160	250	50	25	13	6.5	
250	400	80	40	20	6.5	
400	650	130	65	32	8.0	
650	1000	200	100	50	8.0	
1000	4000	320	160	80	8.0	

APÉNDICE M

TABLAS DE VAPORIZACIÓN DE TANQUES AÉREOS Y ENTERRADOS



TANQUE AÉREO



TANQUE ENTERRADOS

APÉNDICE N

CÁLCULO ALTERNATIVO PARA VAPORIZACIÓN DE TANQUES Y DEMANDA CONTINUA

La vaporización natural se calcula por:

$$m_v = \frac{S * p * K * (T_{amb} - T_{equi})}{q} \quad (a)$$

donde:

m_v [Kg/h] : Capacidad de vaporización dado por el caudal simultáneo de la instalación

S [m²] : Superficie del depósito

p : Porcentaje de la superficie del depósito que esta en contacto con el líquido, para el 20% $p = 0.336$, y 30% $p = 0.397$

K $\left[\frac{\text{Kcal}}{\text{°C} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^2} \right]$: Factor de intercambio de calor con el medio; para tanques enterrados $K = 0.84$ y tanques aéreos

$K = 12$

T_{amb} [°C] : Temperatura del ambiente mínima (5 °C para enterrados)

T_{equi} [°C] : Temperatura de equilibrio líquido gas que depende de mezcla y presión en la red dada en la tabla 1

Q [Kcal/Kg] : Calor latente de vaporización, $q = 94$

TABLA 1
TEMPERATURA RESPECTO A PRESIÓN DE SERVICIO

Presión de red	(Kg/cm ²)	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
T _{equi} (GLP con 35% butano)	(°C)	-26	-24	-21	-19	-16	-14

Otra alternativa para la demanda de vaporización incluye los valores físicos del tanque y la temperatura de servicio de la red, registrado por:

$$m_v = D \cdot L \cdot F_c \quad (b)$$

donde:

m_v [Kg/h] : Capacidad de vaporización

D [mm] : Diámetro exterior del tanque

L [mm] : Largo exterior del tanque

F_c $\left[\frac{\text{Kg}}{\text{h} \cdot \text{mm}^2} \right]$: Factor de corrección por temperatura dado en

tabla 2

TABLA 2
FACTOR DE CORRECION POR TEMPERATURA

TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °F	FACTOR Fc
21,1	70	7,715E-06
15,6	60	7,026E-06
10	50	6,336E-06
4,4	40	5,647E-06
-1,1	30	4,990E-06
-6,7	20	4,301E-06
-12,2	10	3,611E-06
-17,8	0	2,955E-06
-23,3	-10	2,298E-06
-28,9	-20	1,576E-06
-34,4	-30	9,192E-07

CÁLCULO ALTERNATIVO PARA LA SELECCIÓN DEL TANQUE AÉREO

a) **Suministro a Media Presión B (MPB)**

Se calcula el caudal de vaporización de 33.137 Kg/h, con una temperatura de operación mínima de 15 °C y una presión de red de 1.5 Kg/cm², donde se obtiene:

$$m_v = \frac{S * p * K * (T_{amb} - T_{equi})}{q} \Rightarrow S = \frac{m_v * q}{p * K * (T_{amb} - T_{equi})}$$

$$S = \frac{33.137 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 94 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{0.336 * 12 \frac{\text{Kcal}}{(\text{°C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h})} * (15 - (-19))^\circ\text{C}} = 22.72 \text{ m}^2$$

Del apéndice O, el área que se aproxima pertenece a un tanque de 8 m³ con S = 24.72, cuyas medidas son D = 1540 mm y L = 4260 mm, pero el tanque de 6 m³ posee S = 19.06 m², D = 1540 mm y L = 3450 mm; ya que en los cálculos de vaporización y autonomía, se obtuvo 4.94 m³.

Se escoge el depósito óptimo aplicando las fórmula de factor de corrección de temperatura, cuyo valor más bajo de caudal se espera en el tanque cuando se registra 15 °C; entonces:

Tanque 6 m³ : $m_v = 1540 \text{ mm} * 3450 \text{ mm} * 7.026 \times 10^{-6} \text{ Kg}/(\text{h mm}^2)$

$$m_v = 37.33 \text{ Kg/h}$$

Tanque 8 m³ : $m_v = 1540 \text{ mm} * 4260 \text{ mm} * 7.026 \times 10^{-6} \text{ Kg}/(\text{h mm}^2)$

$$m_v = 46.09 \text{ Kg/h}$$

Por lo tanto se elige el tanque de 6 m³ de Acero los Andes que asegura un flujo adecuado para el estimado de 33.137 Kg/h y posee un costo más barato que el de 8 m³.

b) Suministro a Baja Presión

De manera similar se escoge el tanque que satisfaga una vaporización de 16.568 Kg/h, con una temperatura de operación mínima de 15 °C y

una presión de red de 1.5 Kg/cm², se obtiene:

$$m_v = \frac{S * p * K * (T_{amb} - T_{equi})}{q} \Rightarrow S = \frac{m_v * q}{p * K * (T_{amb} - T_{equi})}$$

$$S = \frac{16.568 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 94 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{0.336 * 12 \frac{\text{Kcal}}{(\text{°C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h})} * (15 - (-19)) \text{°C}} = 11.36 \text{ m}^2$$

Del apéndice O, el área que se aproxima pertenece a un tanque de 4.30 m³ con S = 16.74, cuyas medidas son D = 1110 mm y L = 4460 mm, pero el tanque de 6 m³ posee S = 19.06 m², D = 1540 mm y L = 3450 mm; ya que en los cálculos de vaporización y autonomía, se obtuvo 4.94 m³.

Se escoge el depósito óptimo aplicando las fórmula de factor de corrección de temperatura, cuyo valor más bajo de caudal se espera en el tanque cuando se registra 15 °C; entonces:

Tanque 4.30 m³ : $m_v = 1110 \text{ mm} * 4460 \text{ mm} * 7.026 \times 10^{-6} \text{ Kg}/(\text{h mm}^2)$

$$m_v = 34.78 \text{ Kg/h}$$

Tanque 6 m³ : $m_v = 1540 \text{ mm} * 3450 \text{ mm} * 7.026 \times 10^{-6} \text{ Kg}/(\text{h mm}^2)$

$$m_v = 37.33 \text{ Kg/h}$$

Por lo tanto se elige el tanque de 4.3 m³ de Acero Los Andes que asegura un flujo adecuado para el estimado de 16.568 Kg/h y posee un costo más barato que el de 6 m³.

APÉNDICE O

TANQUES CILÍNDRICOS DE ACERO LOS ANDES

CAPACIDAD m ³	PESO Kg	DIÁMETRO mm	LONGITUD mm	ÁREA m ²	PRECIO \$ USD
0.50	--	--	--	--	525
1.10	380	930	1660	5.52	1105
2.20	700	1000	2880	9.86	1990
4.30	1200	1110	4460	16.74	2820
6.00	2100	1540	3450	19.06	4800
8.00	2600	1540	4260	24.72	8000
10.00	2900	1540	5420	28.88	8750
15.00	4900	1720	6750	39.38	12300
20.00	5800	1720	9040	48.85	15750
40.00	10700	2182	11862	81.31	24050
50.00	12000	2232	13922	97.62	27950
60.00	--	--	--	--	30950
80.00	21000	2960	12660	117.91	36950
100.00	28900	2960	15510	140.51	42700
115.00	29600	2960	17540	163.11	47000

CALCULO DE LA POTENCIA SIMULTANEA DEL EDIFICIO UTILIZANDO GLP

PISO	DEPARTAMENTOS	HABITANTES	APARATOS	CONDICIONES	CANTIDAD	POTENCIA	PCI	A, B, C..N	Qsi	HORAS AL DIA	CONSUMO	CONSUMO DIARIO
						Kcal/h	Kcal/Kg	Kg/h		DE TRABAJO	Kg/dia	MÁXIMO (Kg/dia)
PLANTA BAJA	1ro	5	Cocina	normal	1	10000	10800	0,926	6,960	2,00	1,852	9,206
			Calentador	$10 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	10800	2,134		1,00	2,134	
			Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557		0,57	0,319	
	2do	2	Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	10800	4,084	2,038	1,2	4,901	2,461
			Cocina	normal	1	10000	10800	0,926		1,50	1,389	
			Calentador	$5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	9000	10800	0,833		1,00	0,833	
PRIMERO	1ro	6	Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557	3,339	0,43	0,239	4,305
			Cocina	normal	1	10000	10800	0,926		2,00	1,852	
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	10800	2,134		1,00	2,134	
	2do	4	Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557	2,871	0,57	0,319	3,837
			Cocina	normal	1	10000	10800	0,926		2,00	1,852	
			Calentador	$10 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	18000	10800	1,667		1,00	1,667	
	3ro	4	Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557	2,871	0,57	0,319	3,837
			Cocina	normal	1	10000	10800	0,926		2,00	1,852	
			Calentador	$10 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	18000	10800	1,667		1,00	1,667	
SEGUNDO	1ro	6	Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557	3,339	0,57	0,319	4,305
			Cocina	normal	1	10000	10800	0,926		2,00	1,852	
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	10800	2,134		1,00	2,134	
	2do	4	Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557	2,871	0,57	0,319	3,837
			Cocina	normal	1	10000	10800	0,926		2,00	1,852	
			Calentador	$10 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	18000	10800	1,667		1,00	1,667	
	3ro	4	Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557	2,871	0,57	0,319	3,837
			Cocina	normal	1	10000	10800	0,926		2,00	1,852	
			Calentador	$10 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	18000	10800	1,667		1,00	1,667	
TERCERO	1ro	6	Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557	6,960	0,57	0,319	9,206
			Cocina	normal	1	10000	10800	0,926		2,00	1,852	
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	10800	2,134		1,00	2,134	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	10800	4,084		1,20	4,901	
	2do	6	Cocina	normal	1	10000	10800	0,926	6,960	2,00	1,852	9,206
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	10800	2,134		1,00	2,134	
			Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557		0,57	0,319	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	10800	4,084		1,20	4,901	
CUARTO	1ro	6	Cocina	normal	1	10000	10800	0,926	6,960	2,00	1,852	9,206
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	10800	2,134		1,00	2,134	
			Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557		0,57	0,319	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	10800	4,084		1,20	4,901	
	2do	6	Cocina	normal	1	10000	10800	0,926	6,960	2,00	1,852	9,206
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	10800	2,134		1,00	2,134	
			Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557		0,57	0,319	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	10800	4,084		1,20	4,901	
QUINTO	1ro	6	Cocina	normal	1	10000	10800	0,926	6,960	2,00	1,852	9,206
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	10800	2,134		1,00	2,134	
			Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557		0,57	0,319	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	10800	4,084		1,20	4,901	
	2do	6	Cocina	normal	1	10000	10800	0,926	6,960	2,00	1,852	9,206
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	10800	2,134		1,00	2,134	
			Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557		0,57	0,319	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	10800	4,084		1,20	4,901	
SEXTO	1ro	5	Cocina	normal	1	10000	10800	0,926	6,960	2,00	1,852	9,206
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	10800	2,134		1,00	2,134	
			Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557		0,57	0,319	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	10800	4,084		1,20	4,901	
	2do	5	Cocina	normal	1	10000	10800	0,926	6,960	2,00	1,852	9,206
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	10800	2,134		1,00	2,134	
			Secador de ropa	normal	1	6020	10800	0,557		0,57	0,319	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	10800	4,084		1,20	4,901	
TOTAL	16	81							SUMATORIA Qsi	82,842	CONSUMO DIARIO MÁXIMO TOTAL	109,269

CALCULO DE LA POTENCIA SIMULTANEA DEL EDIFICIO UTILIZANDO GLP

PISO	DEPARTAMENTOS	HABITANTES	APARATOS	CONDICIONES	CANTIDAD	POTENCIA	PCS	A, B, C..N	Qsi	HORAS AL DIA	CONSUMO	CONSUMO DIARIO	
						Kcal/h	Kcal/Kg	Kg/h		Kg/h	Kg/dia	MÁXIMO (Kg/dia)	
PLANTA BAJA	1ro	5	Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	6,317	2,00	1,681	8,355	
			Calentador	13 l/min	1	23050	11900	1,937		1,00	1,937		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
			Calentador SPA	300 gal y 32 min	1	44109	11900	3,707		1,2	4,448		
	2do		Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	1,850	1,50	1,261	2,234	
			Calentador	5 lit/min	1	9000	11900	0,756		1,00	0,756		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,43	0,217		
PRIMERO	1ro	6	Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	3,030	2,00	1,681	3,907	
			Calentador	13 l/min	1	23050	11900	1,937		1,00	1,937		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
	2do		Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	2,606	2,00	1,681	3,482	
			Calentador	10 l/min	1	18000	11900	1,513		1,00	1,513		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
	3ro		Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	2,606	2,00	1,681	3,482	
			Calentador	10 l/min	1	18000	11900	1,513		1,00	1,513		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
SEGUNDO	1ro	6	Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	3,030	2,00	1,681	3,907	
			Calentador	13 l/min	1	23050	11900	1,937		1,00	1,937		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
	2do		Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	2,606	2,00	1,681	3,482	
			Calentador	10 l/min	1	18000	11900	1,513		1,00	1,513		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
	3ro		Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	2,606	2,00	1,681	3,482	
			Calentador	10 l/min	1	18000	11900	1,513		1,00	1,513		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
TERCERO	1ro	6	Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	6,317	2,00	1,681	8,355	
			Calentador	13 l/min	1	23050	11900	1,937		1,00	1,937		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
			Calentador SPA	300 gal y 32 min	1	44109	11900	3,707		1,20	4,448		
	2do		Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	6,317	2,00	1,681	8,355	
			Calentador	13 l/min	1	23050	11900	1,937		1,00	1,937		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
	3ro		Calentador SPA	300 gal y 32 min	1	44109	11900	3,707		1,20	4,448		
CUARTO	1ro	6	Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	6,317	2,00	1,681	8,355	
			Calentador	13 l/min	1	23050	11900	1,937		1,00	1,937		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
			Calentador SPA	300 gal y 32 min	1	44109	11900	3,707		1,20	4,448		
	2do		Cocina	normal	1	10000	11900	0,840	6,317	2,00	1,681	8,355	
			Calentador	13 l/min	1	23050	11900	1,937		1,00	1,937		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
QUINTO	1ro	6	Calentador SPA	300 gal y 32 min	1	44109	11900	3,707	6,317	1,20	4,448	8,355	
			Cocina	normal	1	10000	11900	0,840		2,00	1,681		
			Calentador	13 l/min	1	23050	11900	1,937		1,00	1,937		
			Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506		0,57	0,289		
	2do		Calentador SPA	300 gal y 32 min	1	44109	11900	3,707	6,317	1,20	4,448		
			Cocina	normal	1	10000	11900	0,840		2,00	1,681		
			Calentador	13 l/min	1	23050	11900	1,937		1,00	1,937		
SEXTO	1ro	5	Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506	6,317	0,57	0,289	8,355	
			Calentador SPA	300 gal y 32 min	1	44109	11900	3,707		1,20	4,448		
			Cocina	normal	1	10000	11900	0,840		2,00	1,681		
			Calentador	13 l/min	1	23050	11900	1,937		1,00	1,937		
	2do		Secador de ropa	normal	1	6020	11900	0,506	6,317	0,57	0,289	8,355	
			Calentador SPA	300 gal y 32 min	1	44109	11900	3,707		1,20	4,448		
			Cocina	normal	1	10000	11900	0,840		2,00	1,681		
TOTAL							SUMATORIA Qsi	75,184	CONSUMO DIARIO MÁXIMO TOTAL		99,169		

CALCULO DE LA POTENCIA SIMULTANEA DEL EDIFICIO UTILIZANDO GAS NATURAL

PISO	DEPARTAMENTOS	HABITANTES	APARATOS	CONDICIONES	CANTIDAD	POTENCIA Kcal/h	PCI Kcal/m3	A, B, C..N m3/h	Qsi m3/h	HORAS AL DIA DE TRABAJO	CONSUMO Kg/dia	CONSUMO DIARIO MÁXIMO (Kg/dia)
PLANTA BAJA	1ro	5	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	8,843	2,00	2,353	11,697
			Calentador	$10 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	8500	2,712		1,00	2,712	
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,57	0,405	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	8500	5,189		1,2	6,227	
	2do	2	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	2,589	1,50	1,765	3,127
			Calentador	$5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	9000	8500	1,059		1,00	1,059	
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,43	0,304	
PRIMERO	1ro	6	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	4,242	2,00	2,353	5,469
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	8500	2,712		1,00	2,712	
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,57	0,405	
	2do	4	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	3,648	2,00	2,353	4,875
			Calentador	$10 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	18000	8500	2,118		1,00	2,118	
	3ro	4	Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708	3,648	0,57	0,405	4,875
			Cocina	normal	1	10000	8500	1,176		2,00	2,353	
			Calentador	$10 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	18000	8500	2,118		1,00	2,118	
SEGUNDO	1ro	6	Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708	4,242	0,57	0,405	5,469
			Cocina	normal	1	10000	8500	1,176		2,00	2,353	
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	8500	2,712		1,00	2,712	
	2do	4	Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708	3,648	0,57	0,405	4,875
			Cocina	normal	1	10000	8500	1,176		2,00	2,353	
	3ro	4	Calentador	$10 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	18000	8500	2,118	3,648	1,00	2,118	4,875
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,57	0,405	
TERCERO	1ro	6	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	8,843	2,00	2,353	11,697
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	8500	2,712		1,00	2,712	
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,57	0,405	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	8500	5,189		1,20	6,227	
	2do	6	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	8,843	2,00	2,353	11,697
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	8500	2,712		1,00	2,712	
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,57	0,405	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	8500	5,189		1,20	6,227	
CUARTO	1ro	6	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	8,843	2,00	2,353	11,697
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	8500	2,712		1,00	2,712	
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,57	0,405	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	8500	5,189		1,20	6,227	
	2do	6	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	8,843	2,00	2,353	11,697
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	8500	2,712		1,00	2,712	
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,57	0,405	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	8500	5,189		1,20	6,227	
QUINTO	1ro	6	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	8,843	2,00	2,353	11,697
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	8500	2,712		1,00	2,712	
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,57	0,405	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	8500	5,189		1,20	6,227	
	2do	6	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	8,843	2,00	2,353	11,697
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	8500	2,712		1,00	2,712	
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,57	0,405	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	8500	5,189		1,20	6,227	
SEXTO	1ro	5	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	8,843	2,00	2,353	11,697
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	8500	2,712		1,00	2,712	
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,57	0,405	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	8500	5,189		1,20	6,227	
	2do	5	Cocina	normal	1	10000	8500	1,176	8,843	2,00	2,353	11,697
			Calentador	$13 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$	1	23050	8500	2,712		1,00	2,712	
			Secador de ropa	normal	1	6020	8500	0,708		0,57	0,405	
			Calentador SPA	$1,14 \text{ m}^3 \text{ y } 32 \text{ min}$	1	44109	8500	5,189		1,20	6,227	
TOTAL	16	81							SUMATORIA Qsi	105,258	CONSUMO DIARIO MÁXIMO TOTAL	138,836

APÉNDICE Q
TABLAS PARA SELECCIÓN DE DIÁMETROS EN INSTALACIONES DE GLP

TABLA 1 DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE PRIMERA ETAPA

(ref. 7)

Entrada de 10 psig con una caída de presión de 1 psig

Capacidad máxima de tubo o tubería, miles de BTU/h de GLP

Tamaño de tubo o tubería de cobre en pulgadas	Longitud del tubo o tubería, en pies										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Tubería de Cobre(D.E)	3/8	558	383	309	265	235	213	196	182	171	161
	1/2	1387	870	700	599	531	481	443	412	386	365
	5/8	2360	1622	1303	1115	988	896	824	787	719	679
	3/4	3993	2475	2205	1887	1672	1515	1394	1297	1217	1149
Tamaño de tubo	1/2	3339	2295	1843	1577	1398	1267	1165	1084	1017	961
	3/4	6982	4779	3854	3288	2923	2649	2437	2287	2127	2009
	1	13153	9040	7259	6213	5507	4989	4590	4270	4007	3785
	1 1/4	27004	18560	14904	12756	11306	10244	9424	8767	8226	7770
	1 1/2	40461	27809	22331	19113	16939	15348	14120	13136	12325	11642
	2	77924	53556	43008	36809	32623	29559	27194	25299	23737	22422

	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	
Tubería de Cobre (D.E)	3/8	142	130	118	111	104	90	89	89	82	76
	1/2	323	293	269	251	235	222	211	201	185	172
	5/8	601	546	502	467	438	414	393	375	345	321
	3/4	1018	923	843	790	740	700	664	634	584	543
Tamaño de tubo	1/2	852	772	710	660	619	585	566	530	488	454
	3/4	1780	1613	1484	1381	1296	1224	1182	1109	1020	949
	1	3354	3039	2796	2601	2441	2305	2190	2089	1922	1788
	1 1/4	6887	6240	5741	5340	5011	4733	4495	4289	3945	3670
	1 1/2	10318	9349	8601	8002	7508	7092	6735	6426	5911	5499
	2	19671	18005	16564	15410	14459	13658	12971	12375	11385	10591

Longitud total de tubería desde la salida del regulador de primera etapa hasta la entrada del regulador de segunda etapa (o a la entrada del regulador de segunda etapa más lejano)

Notas:

- a) Para una caída de presión de 2 psig, multiplique la demanda del gas por 0.707 y use las capacidades de la tabla
- b) Para distintas presiones de primera etapa, multiplique la demanda total de gas por los factores siguientes y use las capacidades de la tabla

Presión de primera etapa	Multiplicar por
20	0.844
15	0.912

DATOS CALCULADOS SEGÚN NFPA # 54 Y 58

TABLA 3 DIMENSIONES DE TUBERÍAS PLÁSTICAS DE PRIMERA ETAPA

(ref. 7)

Entrada de 10 psig con una caída de presión de 1 psig

Capacidad máxima de tubería plástica, miles de BTU/h de GLP

Tamaño de la tubería de plástico	Longitud del tubo o tubería, en pies										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
NPS	SDR	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400
1/2 T	7.00	1387	954	766	655	581	526	484	450	423	399
1/2	9.33	3901	2681	2153	1843	1633	1480	1361	1267	1188	1122
3/4	11.00	7811	5369	4311	3690	3270	2963	2726	2536	2379	2248
1T	11.50	9510	6536	5249	4492	3981	3607	3319	3088	2897	2736
1T	12.50	10002	6874	5520	4725	4187	3794	3490	3247	3046	2878
1	11.00	14094	9687	7779	6858	5901	5346	4919	4578	4293	4055
1 1/4	10.00	24416	16781	13476	11534	10222	9262	8521	7927	7438	7026
2	11.00	66251	45534	36566	31295	27737	25131	23120	21509	20181	19063

NPS	SDR	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400
1/2 T	7.00	354	321	295	274	257	243	231	220	203	189
1/2	9.33	995	901	829	772	724	684	649	620	570	530
3/4	11.00	1992	1805	1660	1545	1449	1369	1300	1241	1141	1062
1T	11.50	2425	2197	2022	1881	1765	1687	1583	1510	1389	1293
1T	12.50	2551	2311	2126	1978	1856	1753	1665	1588	1461	1359
1	11.00	3594	3257	2996	2787	2615	2470	2346	2238	2059	1916
1 1/4	10.00	5226	5642	5190	4829	4531	4280	4064	3878	3567	3318
2	11.00	16895	15308	14084	13102	12293	11612	11028	10521	9680	9005

Longitud total de tubería desde la salida del regulador de primera etapa hasta la entrada del regulador de segunda etapa (o a la entrada del regulador de segunda etapa más lejano)

DATOS CALCULADOS SEGÚN NFPA # 54 Y 58

TABLA 2 DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE PRIMERA ETAPA

(ref. 7)

Entrada de 10 psig con una caída de presión de 1 psig

Capacidad máxima de tubo o tubería, miles de BTU/h de GLP

Tamaño de tubo o tubería de cobre en pulgadas	Longitud del tubo o tubería, en pies										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Tubería de Cobre(D.E)	3/8	454	312	251	215	190	172	159	146	138	131
	1/2	938	644	518	443	393	356	327	304	286	270
	5/8	1907	1311	1053	901	799	724	666	619	581	549
	3/4	3334	2291	1840	1575	1396	1265	1163	1082	1015	959
Tamaño de tubo	1/2	2946	2025	1620	1392	1233	1118	1028	957	897	848
	3/4	6161	4234	3400	2910	2579	2337	2150	2000	1877	1773
	1	11605	7976	6405	5482	4859	4402	4050	3768	3535	3339
	1 1/4	23826	16376	13150	11255	9975	9038	8315	7735	7258	6856
	1 1/2	36699	24536	19703	16863	14946	13542	12458	11590	10875	10272
	2	68753	47253	37946	32477	28784	26080	23993	22321	20943	19783

	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	
Tubería de Cobre (D.E)	3/8	116	105	97	90	84	80	76	72	66	62
	1/2	239	217	199	185	174	164	156	149	137	127
	5/8	486	441	405	377	354	318	303	279	259	239
	3/4	850	770	709	659	619	584	555	529	487	453
Tamaño de tubo	1/2	751	681	626	583	547	516	490	468	430	400
	3/4	1571	1424	1310	1281	1143	1080	1026	978	900	837
	1	2956	2682	2467	2295	2153	2034	1932	1843	1696	1577
	1 1/4	6076	5505	5065	4712	4421	4176	3966	3784	3461	3238
	1 1/2	9104	8249	7589	7060	6624	6257	5943	5669	5216	4852
	2	17533	15886	14815	13597	12757	12051	11445	10919	10045	9345

Longitud total de tubería desde la salida del regulador de primera etapa hasta la entrada del regulador de segunda etapa (o a la entrada del regulador de segunda etapa más lejano)

Nota: Para una caída de presión de 2 psig, multiplique la demanda del gas por 0.707 y use las capacidades de la tabla

DATOS CALCULADOS SEGÚN NFPA # 54 Y 58

TABLA 4 DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE SEGUNDA ETAPA, PRIMERA ETAPA O ETAPA DOBLE INTEGRAL

(ref. 7)

Entrada de 11 pulgadas de columna de agua con una caída de presión de 1/2 pulgada de columna de agua

Capacidad máxima de tubo o tubería, miles de BTU/h de GLP

Tamaño de la tubería de plástico	Longitud del tubo o tubería, en pies									
	10	20	30	40	50</					

APÉNDICE R
LONGITUDES DE LOS DIFERENTES TRAMOS DEL CONDOMINIO

TRAMOS DESDE REGULADOR DE PRIMERA ETAPA A LLAVE DE ACOMETIDA	
TRAMO	LONGITUD (m)
jk*	3,00
kl*	2,61
lm*	5,64
mn*	0,50
no*	10,00
op*	0,90
pq*	2,95
TOTAL EN LONGITUD	26,6

Nota:

* : Trazado del Plano 12

TRAMOS DESDE LLAVE DE ACOMETIDA A CONTADORES (1er REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA)			
TRAMO	MEDIDAS (m)	CANTIDAD	SUBTOTAL (m)
qr*	1,14	1	1,14
rs*	0,47	1	0,47
st*	0,47	1	0,47
tu*	0,47	1	0,47
uv*	0,12	4	0,48
vw*	0,47	4	1,88
wx*	0,47	4	1,88
xy*	0,47	4	1,88
yz*	0,27	4	1,08
SUBTOTAL	4,35	TOTAL EN LONGITUD	9,76

Nota:

* : Trazado del Plano 7

DISTANCIA DESDE REGULADOR DE PRIMERA ETAPA A PRIMER REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA MAS LEJANO PRESIÓN DE SALIDA 5 peig EN z)		
Jk+kl+lm+mn+no+op+pq+qr+rs+st+ Tu+uv+vW+wX+xy+yz	REGO TABLA	
29,95	98,27	100

LOCALIZACIÓN	DEPARTAMENTO	TRAMOS DESDE SALIDA DEL CONTADOR A SEGUNDO REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA										TRAMOS DESDE SEGUNDO REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA A APARTOS DE CONSUMO						DISTANCIA DESDE EL CONTADOR A 2do REGULADOR 2da ETAPA			DISTANCIA DESDE EL SEGUNDO REGULADOR DE 2da ETAPA A ULTIMO APARATO			DISTANCIA DE TUBERIAS DESDE CONTADOR A APARATOS DE CONSUMO	
		TRAMO a***a**	TRAMO a**a'	TRAMO a' a*	TRAMO a*a	TRAMO ab*	TRAMO bd*	TRAMO ae*	TRAMO bc*	TRAMO cf*	TRAMO cg*	TRAMO ef*	TRAMO eg*	a***a** + a**a' + a'a*	Rego tabla	a*a+ab+bd	Rego tabla	(m)	(ft)	(m)	(ft)	(m)	(ft)	DESDE CONTADOR A APARATOS DE CONSUMO	(m)
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(ft)	(m)	(ft)	(m)	(ft)	(m)	(ft)		
PLANTA BAJA	1	1,68	0,30	8,48	0,50	6,94	4,02	1,43	0,83	0,71	0,71	0,00	0,00	8,46	27,76	30	11,46	37,61	40	23,59					
	2	3,41	0,30	14,52	7,10	8,36	3,16	3,02	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	18,22	59,79	60	18,62	61,10	70	40,96					
PISO 1	1	2,67	2,21	5,57	0,50	6,68	4,28	1,43	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	10,44	34,27	40	11,45	37,58	40	24,76					
	2	4,26	2,21	4,94	15,67	3,75	0,00	1,43	0,00	0,00	0,00	0,71	0,71	11,41	37,44	40	19,42	63,72	70	33,67					
	3	2,43	2,165	7,14	0,49	1,89	3,07	2,29	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	11,74	38,50	40	5,45	17,89	20	20,91					
PISO 2	1	1,79	5,09	5,61	0,50	6,68	4,28	1,43	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	12,49	40,97	50	11,45	37,68	40	26,80					
	2	3,23	5,09	5,04	15,67	3,75	0,00	1,43	0,00	0,00	0,00	0,71	0,71	13,36	43,62	50	19,42	63,72	70	35,62					
	3	3,75	5,045	7,23	0,49	1,89	3,07	2,29	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	16,03	52,58	60	5,45	17,89	20	25,20					
PISO 3	1	1,59	7,97	5,64	0,50	6,94	4,02	1,43	0,83	0,71	0,71	0,00	0,00	15,20	49,88	50	11,46	37,61	40	30,33					
	2	1,90	7,97	10,49	0,50	5,98	3,90	1,43	0,83	0,71	0,71	0,00	0,00	20,37	66,82	70	10,28	33,71	40	34,31					
PISO 4	1	2,87	10,85	5,69	0,50	6,94	4,02	1,43	0,83	0,71	0,71	0,00	0,00	19,41	63,69	70	11,46	37,61	40	34,54					
	2	3,21	10,85	10,54	0,50	5,98	3,90	1,43	0,83	0,71	0,71	0,00	0,00	24,60	80,70	90	10,28	33,71	40	38,54					
PISO 5	1	2,10	13,73	5,73	0,50	6,94	4,02	1,43	0,83	0,71	0,71	0,00	0,00	21,57	70,77	80	11,46	37,61	40	36,70					
	2	2,60	13,73	10,58	0,50	5,98	3,90	1,43	0,63	0,71	0,71	0,00	0,00	26,91	88,30	90	10,28	33,71	40	40,95					
PISO 6	1	3,25	16,61	5,79	0,50	6,94	4,00	1,43	0,83	0,71	0,71	0,00	0,00	25,65	84,15	90	11,44	37,53	40	40,75					
	2	3,76	16,61	10,46	0,50	6,64	3,90	1,43	0,83	0,71	0,71	0,00	0,00	30,84	101,18	125	11,04	36,23	40	45,54					

Nota

a***a** : Trazado desde salida de cada contador individual a salida del armario (Plano 7)

a**a' : Trazado ascendente vertical desde salida de armario de contadores al extremo superior ascendente (Calculado)

a'a* : Trazado desde el extremo superior ascendente vertical al segundo regulador de segunda etapa (Planes 8, 9, 10, 11)

a*a* : Trazado desde el segundo regulador de segunda etapa a ramificación de aparatos de consumo (Planes 8, 9, 10, 11)

* : Trazado de Planos 8, 9, 10, 11

h : altura del armario 3,15 m

l : altura relativa entre cada piso es 2,48 m en forma general

SUBTOTAL DE LONGITUD DE TUBERIA DESDE CONTADORES A APARTOS DE CONSUMO	532,67
SUBTOTAL DE LONGITUD DE TUBERIA DESDE LLAVE DE ACOMETIDA A CONTADORES	9,75
SUBTOTAL DE LONGITUD DE TUBERIA DESDE TANQUE A LLAVE DE ACOMETIDA	25,6
TOTAL DE LONGITUD DE TUBERIA A INSTALARSE	568,02

APÉNDICE S TABLA 1
SELECCIÓN DE DIÁMETROS APLICADOS A TUBOS DE ACEROS DEL SISTEMA 10 - 5 PSIG Y 11" c.d.a.

PROCEDENCIA: TABLA 1 APÉNDICE Q

PRIMER REGULADOR DE PRIMERA ETAPA
 A PRIMER REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA
 (PRESIÓN ENTRADA 10 psig EN I)

DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO ir	TRAMO rs	TRAMO st	TRAMO tu	TRAMO rv1	TRAMO v1w1	TRAMO w1x1	TRAMO x1z1	TRAMO sv2	TRAMO v2w2	TRAMO w2x2	TRAMO x2z2	TRAMO tv3	TRAMO v3w3	TRAMO w3x3	TRAMO x3z3	TRAMO uv4	TRAMO v4w4	TRAMO w4x4	TRAMO x4z4
98,27	100	1000*BTU/h	3919,24	2969,24	2039,24	1125,24	930,00	795,00	660,00	330,00	950,00	795,00	660,00	330,00	914,00	815,00	660,00	330,00	1125,00	795,00	660,00	330,00
		1000*BTU/h (REGO)	7770	3785	3785	2009	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961	2009	961	961	961
		TUBO Ø (pulg)	1 1/4	1	1	3/4	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	1/2	1/2	1/2

FUENTE: TABLA 2 APÉNDICE Q

PRIMER REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA
 A SEGUNDO REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA
 (PRESIÓN ENTRADA 5 psig EN a*)

PROCEDENCIA: TABLA 4 APÉNDICE Q

TRAMOS DESDE SEGUNDO REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA A APARATOS DE CONSUMO
 (PRESIÓN DE ENTRADA 11" c.d.a EN a*)

LOCALIZACIÓN	DEPARTAMENTO	DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO a** a*	DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO a*a	TRAMO ab	TRAMO bd	TRAMO ae	TRAMO ab	TRAMO ae	TRAMO bc	TRAMO cf	TRAMO cg	TRAMO ef	TRAMO eg
Planta Baja	1	27,76	30	1000*BTU/h	330,01	37,61	40	1000*BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0	0	
				1000*BTU/h (REGO)	1626			TUBO Ø (pulg)	1/2	541	541	137	137	287	137	287	0	0	
	2	59,79	60	1000*BTU/h	99,27			TUBO Ø (pulg)	1/2	1	1	1/2	1/2	34	1/2	34	0	0	
Piso 1	1	34,27	40	1000*BTU/h	155,01	37,58	40	1000*BTU/h	155,01	115,33	23,88	39,67	91,45	0	0	0	0	0	
	2	37,44	40	1000*BTU/h (REGO)	1392			TUBO Ø (pulg)	1/2	287	137	137	137	0	0	0	0	0	
				1000*BTU/h	134,97			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	
Piso 2	1	40,97	50	1000*BTU/h (REGO)	1233	37,58	40	1000*BTU/h	155,01	115,33	23,88	39,67	91,45	0	0	0	0	0	
	2	43,82	50	1000*BTU/h (REGO)	1233			TUBO Ø (pulg)	1/2	287	137	137	137	0	0	0	0	0	
				1000*BTU/h	134,97			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	
Piso 3	1	49,88	50	1000*BTU/h (REGO)	1233	37,61	40	1000*BTU/h	134,97	95,30	71,41	39,67	23,88	0	0	0	0	0	
	2	66,82	70	1000*BTU/h (REGO)	1028			TUBO Ø (pulg)	1/2	212	102	0	102	0	0	102	102	1/2	
				1000*BTU/h	330,01			TUBO Ø (pulg)	1/2	34	1/2	1/2	1/2	0	0	1/2	1/2	1/2	
Piso 4	1	63,69	70	1000*BTU/h (REGO)	1028	37,61	40	1000*BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0	0	
				1000*BTU/h	330,01			TUBO Ø (pulg)	1/2	541	541	137	137	287	137	287	0	0	
	2	80,70	90	1000*BTU/h (REGO)	897			TUBO Ø (pulg)	1/2	1000*BTU/h	330,01	280,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0
Piso 5	1	70,77	80	1000*BTU/h (REGO)	957	37,61	40	1000*BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0	0	
	2	88,30	90	1000*BTU/h (REGO)	897			TUBO Ø (pulg)	1/2	1000*BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0
				1000*BTU/h	330,01			TUBO Ø (pulg)	1/2	541	541	137	137	287	137	287	0	0	
Piso 6	1	84,15	90	1000*BTU/h (REGO)	897	37,53	40	1000*BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0	0	
				1000*BTU/h	330,01			TUBO Ø (pulg)	1/2	541	541	137	137	287	137	287	0	0	
	2	101,18	125	1000*BTU/h (REGO)	751			TUBO Ø (pulg)	1/2	1000*BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0

APÉNDICE S TABLA 2
SELECCIÓN DE DIÁMETROS APLICADOS A TUBOS DE COBRE DEL SISTEMA 10 - 5 PSIG Y 11" c.d.a

PROCEDENCIA: TABLA 1 APÉNDICE Q

PRIMER REGULADOR DE PRIMERA ETAPA
 A PRIMER REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA
 (PRESIÓN ENTRADA 10 psig EN i)

DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO Jr	TRAMO rs	TRAMO st	TRAMO tu	TRAMO rv1	TRAMO w1x1	TRAMO x1z1	TRAMO sv2	TRAMO v2w2	TRAMO w2x2	TRAMO x2z2	TRAMO tv3	TRAMO v3w3	TRAMO w3x3	TRAMO x3z3	TRAMO uv4	TRAMO v4w4	TRAMO w4x4	TRAMO x4z4	
98,27	100	1000°BTU/h	3919,24	2969,24	2039,24	1125,24	930,00	795,00	660,00	330,00	950,00	795,00	660,00	330,00	914,00	815,00	660,00	330,00	1125,00	795,00	660,00	330,00
		1000°BTU/h (REGO)				1149	1149	1149	679	365	1149	1149	679	365	1149	1149	679	365	1149	1149	679	365
		T. COBRE Ø (pulg)				3/4	3/4	3/4	5/8	1/2	3/4	3/4	5/8	1/2	3/4	3/4	5/8	1/2	3/4	3/4	5/8	1/2

FUENTE: TABLA 2 APÉNDICE Q

PRIMER REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA
 A SEGUNDO REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA
 (PRESIÓN ENTRADA 5 psig EN a'')

PROCEDENCIA: TABLA 4 APÉNDICE Q

TRAMOS DESDE SEGUNDO REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA A APARATOS DE CONSUMO
 (PRESIÓN DE ENTRADA 11" c.d.a. EN a'')

LOCALIZACIÓN	DEPARTAMENTO	DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO a'' a'	DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO a'a	TRAMO ab	TRAMO bd	TRAMO ae	TRAMO bc	TRAMO cf	TRAMO cg	TRAMO ef	TRAMO eg
Planta Baja	1	27,76	30	1000°BTU/h	330,01	37,61	40	1000°BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0
				1000°BTU/h (REGO)	518			T. COBRE Ø (pulg)	1/2		52	52	97	253	0	0	0
				1000°BTU/h	99,27			1000°BTU/h	99,27	63,56	23,88	35,71	39,67	0	0	0	0
Piso 1	2	59,79	60	1000°BTU/h	172	61,10	70	1000°BTU/h (REGO)	120	71	38	38	71	0	0	0	0
				T. COBRE Ø (pulg)	3/8			TUBO Ø (pulg)	3/4	5/8	1/2	1/2	5/8	0	0	0	0
				1000°BTU/h	155,01			1000°BTU/h	155,01	115,33	23,88	39,67	91,45	0	0	0	0
Piso 2	1	34,27	40	1000°BTU/h (REGO)	215	37,58	40	1000°BTU/h (REGO)	164	164	52	52	97	0	0	0	0
				T. COBRE Ø (pulg)	3/8			TUBO Ø (pulg)	3/4	3/4	1/2	1/2	5/8	0	0	0	0
				1000°BTU/h	134,97			1000°BTU/h	134,97	39,67	0	95,30	0	0	0	71,41	23,88
Piso 2	2	37,44	40	1000°BTU/h (REGO)	215	63,72	70	1000°BTU/h (REGO)	185	71	0	120	0	0	0	120	38
				T. COBRE Ø (pulg)	3/8			TUBO Ø (pulg)	7/8	5/8	0	3/4	0	0	0	3/4	1/2
				1000°BTU/h	134,97			1000°BTU/h	134,97	95,30	71,41	39,67	23,88	0	0	0	0
Piso 3	3	38,50	40	1000°BTU/h (REGO)	215	17,89	20	1000°BTU/h (REGO)	141	141	76	34	0	0	0	0	0
				T. COBRE Ø (pulg)	3/8			TUBO Ø (pulg)	5/8	5/8	1/2	3/8	0	0	0	0	0
				1000°BTU/h	155,01			1000°BTU/h	155,01	115,33	23,88	39,67	91,45	0	0	0	0
Piso 3	1	40,97	50	1000°BTU/h (REGO)	190	37,58	40	1000°BTU/h (REGO)	164	164	52	52	97	0	0	0	0
				T. COBRE Ø (pulg)	3/8			TUBO Ø (pulg)	3/4	3/4	1/2	1/2	5/8	0	0	0	0
				1000°BTU/h	134,97			1000°BTU/h	134,97	39,67	0	95,30	0	0	0	71,41	23,88
Piso 4	2	43,82	50	1000°BTU/h (REGO)	190	63,71	70	1000°BTU/h (REGO)	185	71	0	120	0	0	0	120	36
				T. COBRE Ø (pulg)	3/8			TUBO Ø (pulg)	7/8	5/8	0	3/4	0	0	0	3/4	1/2
				1000°BTU/h	134,97			1000°BTU/h	134,97	95,30	71,41	39,67	23,88	0	0	0	0
Piso 5	3	52,58	60	1000°BTU/h (REGO)	172	17,89	20	1000°BTU/h (REGO)	141	141	76	34	0	0	0	0	0
				T. COBRE Ø (pulg)	3/8			TUBO Ø (pulg)	5/8	5/8	1/2	3/8	0	0	0	0	0
				1000°BTU/h	330,01			1000°BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0
Piso 4	1	49,88	50	1000°BTU/h (REGO)	393	37,61	40	1000°BTU/h (REGO)	52	52	97	253	0	0	0	0	0
				T. COBRE Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	5/8	7/8	0	0	0	0	0
				1000°BTU/h	330,01			1000°BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0
Piso 5	2	66,82	70	1000°BTU/h (REGO)	666	33,71	40	1000°BTU/h (REGO)	52	52	97	253	0	0	0	0	0
				T. COBRE Ø (pulg)	5/8			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	5/8	7/8	0	0	0	0	0
				1000°BTU/h	330,01			1000°BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0
Piso 6	1	63,69	70	1000°BTU/h (REGO)	668	37,61	40	1000°BTU/h (REGO)	52	52	97	253	0	0	0	0	0
				T. COBRE Ø (pulg)	5/8			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	5/8	7/8	0	0	0	0	0
				1000°BTU/h	330,01			1000°BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0
Piso 5	2	70,77	80	1000°BTU/h (REGO)	619	37,61	40	1000°BTU/h (REGO)	52	52	97	253	0	0	0	0	0
				T. COBRE Ø (pulg)	5/8			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	5/8	7/8	0	0	0	0	0
				1000°BTU/h	330,01			1000°BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0
Piso 6	1	84,15	90	1000°BTU/h (REGO)	581	37,53	40	1000°BTU/h (REGO)	52	52	97	253	0	0	0	0	0
				T. COBRE Ø (pulg)	5/8			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	5/8	7/8	0	0	0	0	0
				1000°BTU/h	330,01			1000°BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0
Piso 6	2	101,18	125	1000°BTU/h (REGO)	486	36,23	40	1000°BTU/h (REGO)	52	52	97	253	0	0	0	0	0
				T. COBRE Ø (pulg)	5/8			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	5/8	7/8	0	0	0	0	0

APÉNDICE S TABLA 3

SELECCIÓN DE DIÁMETROS APLICADOS A TUBOS DE ACEROS DEL SISTEMA 20 - 10 - 5 PSIG CON REGULADOR INDIVIDUAL DE 11" c.d.a. A CADA APARATO DE CONSUMO

PROCEDENCIA: TABLA 1 APÉNDICE Q																									
PRIMER REGULADOR DE PRIMERA ETAPA A PRIMER REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA (PRESIÓN ENTRADA 20 psig EN i)																									
DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO j _r	TRAMO r _s	TRAMO s _t	TRAMO t _u	TRAMO r _{v1}	TRAMO v _{w1}	TRAMO w _{x1}	TRAMO x _{z1}	TRAMO z _{y2}	TRAMO y _{v2}	TRAMO v _{w2}	TRAMO w _{x2}	TRAMO x _{z2}	TRAMO z _{y3}	TRAMO y _{v3}	TRAMO v _{w3}	TRAMO w _{x3}	TRAMO x _{z3}	TRAMO z _{y4}	TRAMO y _{v4}	TRAMO v _{w4}	TRAMO w _{x4}	TRAMO x _{z4}
98,27	100	1000°BTU/h	3919,24	2989,24	2039,24	1125,24	930,00	795,00	660,00	330,00	950,00	795,00	660,00	330,00	914,00	815,00	660,00	330,00	1125,00	795,00	660,00	330,00			
		VALOR MODIFICADO	3307,84	2522,92	1721,12	949,70	784,92	670,98	557,04	278,52	801,80	670,98	557,04	278,52	771,42	687,88	557,04	278,52	949,50	670,98	557,04	278,52			
		1000°BTU/h (REGO)	3785	3785	2009	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961	961		
		TUBO Ø (pulg)	1	1	3/4	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2		

LOCALIZACIÓN	DEPARTAMENTO	DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	FUENTE: TABLA 1 APÉNDICE Q		DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	PROCEDENCIA: TABLA 2 APÉNDICE Q		TRAMOS DESDE SEGUNDO REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA A APARATOS DE CONSUMO (PRESIÓN DE ENTRADA 5 PSIG a ^o)														
				VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO a ^o a ^o			VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO a ^o	TRAMO ab	TRAMO ae	TRAMO bc	TRAMO cf	TRAMO cg	TRAMO ef	TRAMO eg								
Planta Baja	1	27,76	30	1000°BTU/h	330,01	37,61	40	1000°BTU/h	330,01	290,33	23,88	39,67	266,45	91,45	175,00	0	0	0	0	0	0	0		
				1000°BTU/h (REGO)	1843			1000°BTU/h (REGO)	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	0	0	0	0	0	0	0		
	2	59,79	60	1000°BTU/h	99,27			1000°BTU/h (REGO)	1028	1028	1028	1028	1028	1028	1028	0	0	0	0	0	0	0		
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0		
Piso 1	1	34,27	40	1000°BTU/h	155,01	37,58	40	1000°BTU/h	155,01	115,33	23,88	35,71	39,67	91,45	0	0	0	0	0	0	0	0		
				1000°BTU/h (REGO)	1577			1000°BTU/h (REGO)	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	0	0	0	0	0	0	0		
	2	37,44	40	1000°BTU/h	134,97			1000°BTU/h (REGO)	134,97	95,30	71,41	39,67	23,88	0	0	0	0	0	71,41	23,88	0	0		
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	1/2	1/2		
	3	38,50	40	1000°BTU/h	134,97			1000°BTU/h (REGO)	2025	2025	2025	2025	2025	2025	2025	0	0	0	0	0	0	0		
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0		
Piso 2	1	40,97	50	1000°BTU/h	155,01	37,58	40	1000°BTU/h (REGO)	1398	37,58	40	1000°BTU/h (REGO)	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	0	0	0	
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0		
	2	43,82	50	1000°BTU/h	134,97			1000°BTU/h (REGO)	1028	63,72	70	1000°BTU/h (REGO)	1028	1028	1028	1028	1028	1028	1028	1028	0	0	0	
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	1/2	1/2		
Piso 3	1	49,88	50	1000°BTU/h	134,97	37,58	40	1000°BTU/h (REGO)	1398	37,61	40	1000°BTU/h (REGO)	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	0	0	0	
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0		
	2	66,82	70	1000°BTU/h	330,01			1000°BTU/h (REGO)	1165	33,71	40	1000°BTU/h (REGO)	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	0	0	0	
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0		
Piso 4	1	63,69	70	1000°BTU/h	330,01	37,58	40	1000°BTU/h (REGO)	1165	37,61	40	1000°BTU/h (REGO)	1392	541	137	137	287	137	287	0	0	0	0	
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0		
	2	80,70	90	1000°BTU/h	330,01			1000°BTU/h (REGO)	1070	33,71	40	1000°BTU/h (REGO)	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	0	0	0	0
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0		
Piso 5	1	70,77	80	1000°BTU/h	330,01	37,58	40	1000°BTU/h (REGO)	1084	37,61	40	1000°BTU/h (REGO)	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	0	0	0	0
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0		
	2	88,30	90	1000°BTU/h	330,01			1000°BTU/h (REGO)	1017	33,71	40	1000°BTU/h (REGO)	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	0	0	0	0
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0		
Piso 6	1	84,15	90	1000°BTU/h	330,01	36,23	40	1000°BTU/h (REGO)	1017	37,53	40	1000°BTU/h (REGO)	1392	541	137	137	287	137	287	0	0	0	0	
				TUBO Ø (pulg)	1/2			TUBO Ø (pulg)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0		
	2	101,18	125	1000°BTU/h	330,01			1000°BTU/h (REGO)	852	36,23	40	1000°BTU/h (REGO)	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	1392	0	0	0	0

APÉNDICE S TABLA 4

SELECCIÓN A DIÁMETROS APlicados a TUBOS DE COBRE DEL SISTEMA 20 - 10 - 5 PSIG CON REGUALDOR INDIVIDUAL DE 11" c.d.a. A CADA APARTO DE CONSUMO

PROCEDENCIA: TABLA 1 APÉNDICE Q																			
PRIMER REGULADOR DE PRIMERA ETAPA																			
A PRIMER REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA																			
(PRESIÓN ENTRADA 20 psig EN I)																			
DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO Jr	TRAMO rs	TRAMO st	TRAMO tu	TRAMO vt1	TRAMO wtx1	TRAMO xz1	TRAMO sv2	TRAMO w2x2	TRAMO xz2	TRAMO tv3	TRAMO w3x3	TRAMO xz3	TRAMO uv4	TRAMO w4x4	TRAMO x4z4	
98,27	100	1000°BTU/h	3919,24	2989,24	2039,24	1125,24	930,00	795,00	660,00	330,00	950,00	795,00	660,00	330,00	914,00	815,00	660,00	330,00	
		VALOR MODIFICADO	3307,84	2522,92	1721,12	949,70	784,92	670,98	557,04	278,52	801,80	670,98	557,04	278,52	771,42	687,86	557,04	278,52	
		1000°BTU/h (REGO)				1149	1149	679	679	365	1149	679	679	365	1149	1149	679	365	
		T. COBRE Ø (pulg)				3/4	3/4	5/8	1/2	3/4	5/8	5/8	1/2	3/4	3/4	5/8	1/2	3/4	

FUENTE: TABLA 1 APÉNDICE Q					PROCEDENCIA: TABLA 2 APÉNDICE Q															
PRIMER REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA A SEGUNDO REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA (PRESIÓN ENTRADA 10 psig EN a ⁿ)					TRAMOS DESDE SEGUNDO REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA A APARATOS DE CONSUMO (PRESIÓN DE ENTRADA 5 PSIG EN a ⁿ)															
LOCALIZACIÓN	DEPARTAMENTO	DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO a ⁿ a ⁿ	DISTANCIA DEL TRAMO LARGO (pies)	DISTANCIA REGO (pies)	VARIABLES ESTIMADAS	TRAMO a ⁿ a	TRAMO ab	TRAMO bd	TRAMO ae	TRAMO bc	TRAMO cf	TRAMO cg	TRAMO ef	TRAMO eg			
Planta Baja	1	27,76	30	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	330,01 700 1/2	37,61	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	330,01 443 1/2	290,33 215 3/8	215 215 3/8	23,88 155,56 3/8	35,71 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0 0			
	2	59,79	60	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	99,27 213 3/8	61,10	70	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	99,27 159 3/8	63,56 159 3/8	215 215 3/8	23,88 159 3/8	35,71 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0 0			
	1	34,27	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	155,01 265 3/8	37,58	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	155,01 215 3/8	115,33 215 3/8	215 215 3/8	23,88 159 3/8	35,71 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0 0			
Piso 1	1	37,44	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	134,97 265 3/8	63,72	70	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	134,97 159 3/8	95,30 0	215 215 3/8	39,67 159 3/8	0 0	95,30 0	0 0	0 0	0 0	71,41 159 3/8	23,88 3/8	
	2	38,50	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	134,97 265 3/8	17,89	20	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	134,97 312 3/8	95,30 312 3/8	312 312 3/8	39,67 312 3/8	71,41 312 3/8	23,88 312 3/8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	1	40,97	50	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	155,01 235 3/8	37,58	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	155,01 215 3/8	115,33 215 3/8	215 215 3/8	23,88 159 3/8	35,71 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	0 0	0 0	0 0	
Piso 2	2	43,82	50	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	134,97 235 3/8	63,71	70	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	134,97 159 3/8	95,30 0	215 215 3/8	39,67 159 3/8	0 0	95,30 0	0 0	0 0	0 0	0 0	71,41 159 3/8	23,88 3/8
	3	52,58	60	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	134,97 213 3/8	17,89	20	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	134,97 312 3/8	95,30 312 3/8	312 312 3/8	39,67 312 3/8	71,41 312 3/8	23,88 312 3/8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	1	49,88	50	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	130,01 531 1/2	37,81	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	130,01 443 1/2	290,33 443 1/2	215 215 3/8	23,88 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Piso 3	2	66,82	70	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	1000°BTU/h 330,01 1/2	33,71	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	330,01 443 1/2	290,33 443 1/2	215 215 3/8	23,88 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	1	63,69	70	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	1000°BTU/h 330,01 1/2	37,61	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	330,01 443 1/2	290,33 443 1/2	215 215 3/8	23,88 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	2	80,70	90	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	1000°BTU/h 330,01 1/2	33,71	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	330,01 443 1/2	290,33 443 1/2	215 215 3/8	23,88 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Piso 4	1	70,77	80	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	1000°BTU/h 330,01 1/2	37,61	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	330,01 443 1/2	290,33 443 1/2	215 215 3/8	23,88 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	2	88,30	90	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	1000°BTU/h 330,01 1/2	33,71	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	330,01 443 1/2	290,33 443 1/2	215 215 3/8	23,88 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	1	84,15	90	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	1000°BTU/h 330,01 1/2	37,53	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	330,01 443 1/2	290,33 443 1/2	215 215 3/8	23,88 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Piso 5	2	101,18	125	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	1000°BTU/h 330,01 5/8	36,23	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	330,01 443 1/2	290,33 443 1/2	215 215 3/8	23,88 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	1	84,15	90	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) T.COBRE Ø (pulg)	1000°BTU/h 330,01 1/2	37,53	40	1000°BTU/h 1000°BTU/h (REGO) TUBO Ø (pulg)	330,01 443 1/2	290,33 443 1/2	215 215 3/8	23,88 159 3/8	39,67 159 3/8	266,45 215 3/8	91,45 215 3/8	175,00 0	0 0	0 0	0 0	0 0

APÉNDICE T

APLICACIÓN DE FÓRMULA DE RENOUARD

Las fórmulas se plantean en el capítulo 2 punto 2.2.3, para bajas y altas presiones, donde el diámetro queda en función: del caudal suministrado, la caída de presión y la longitud recorrida de la tubería. Se demuestra la selección a través de la tabla “REGO”, en el que solo se considera el sistema de 10 – 5 psig y 11” c.d.a.

La variable que influyen en la respuesta dada por Renouard, se atribuye a la distancia real escogida en cada tramo, a diferencia de las tablas “REGO” que elige una longitud equivalente. Otra variable que incide en el diámetro se debe a la presión escogida, registrado en regulador, obteniéndose la pérdida de presión suministrada por el fabricante; así, se tiene el sistema con 10 a 9 psig (0.689 a 0.620 bar) desde el primer regulador de primera etapa al primer regulador de segunda etapa más alejado; el de 5 a 4 psig (0.344 a 0.275 bar), desde el primero al segundo regulador de segunda etapa; y, por último, de 11” a 10.5” c.d.a. (27.37 a 26.13 mbar) desde el segundo regulador de baja presión a cada aparato de consumo. Todas las caídas de presiones permiten que el diseño se lo considere más real.

La aplicación de la ecuación para presiones mayores a 0.05 bar se la considera más general (ecuación 1), pero para presiones menores sus

resultados se asemejan a las calculadas por la fórmula de presiones menores a 0.05 bar (ecuación 2). Aquí se utiliza la segunda expresión matemática, para el sistema de 11" a 10.5" c.d.a., ya que sus presiones caen en el rango de bajas presiones, aunque los resultados se aceptan con la fórmula más general, como lo indican las tablas 1, 2, 3 y 4 para los diferentes departamentos del condominio, tomados desde el primer al segundo regulador de segunda etapa y desde este último a los aparatos de consumo. Además, se cumple con la regla donde la razón del caudal para su diámetro tiene un valor menor a $27.7 \text{ m}^3/(\text{mm}\cdot\text{h})$, por tratarse de gas propano y con una velocidad menor a 20 m/s.

La tabla 5 muestra los resultados obtenidos desde el primer regulador de alta presión al primer regulador de segunda etapa, donde los diámetros de tubería de cobre de "REGO" se asemejan a lo calculado por fórmula de Renouard, en cambio para tubos de acero, su diámetro mayor se debe a la capacidad en la cantidad flujo que circula por la tubería. Existen diámetros no dados para tuberías de cobre en el apéndice S, que se pueden inferir del diámetro de tubos de acero calculados por Renouard, por lo tanto, se concluye que la selección expuesto por la tablas REGO se estima conservador y confiable, sin importar la altura, solo el caso de tuberías de acero, tal como se lo demuestra en el apéndice U.

**PARA SISTEMAS 10 - 5 PSIG Y 11" c.d.a
DESDE EL 1er AL 2do REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA A APARATOS DE CONSUMO**

PISO: PLANTA BAJA																	
DEPARTAMENTO: 1																	
TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE	PRESIÓN	PRESIÓN	CAÍDA DE	CAÍDA DE	FÓRMULA	DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO	VELOCIDAD	VELOCIDAD	Q/D<27,7	
		(m)	Kcal/h		mbar	bar	mbar	bar	bar	mmcdm³	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(m³/h mm)
a'-a''	8,46	83179	7,70	4,13	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	9,08	0,36	9,08	0,36	13,76	12,50 0,45
a''a	0,50	83179	7,70	4,13	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00007	0,73	2	22,07	0,57	21,94	0,56	7,8	2,92 0,19
ab	6,94	73179	6,78	3,63	27,30	1,04	26,50	1,04	0,00080	8,17	2	22,06	0,57	21,84	0,56	21,87	0,56 0,17
bd	4,02	6020	0,56	0,30	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	9,95	0,35	8,90	0,35	3,8	1,28 0,03
ae	1,43	10000	0,93	0,50	27,30	1,04	26,13	1,04	0,00117	11,98	2	6,90	0,27	6,86	0,27	3,6	1,12 0,07
bc	0,83	67159	6,22	3,33	26,50	1,04	26,30	1,04	0,00020	2,04	2	15,25	0,72	18,15	0,71	3,4	3,45 0,18
cf	0,71	23050	2,13	1,14	26,30	1,04	26,13	1,04	0,00017	1,78	2	12,14	0,48	12,07	0,48	1,2	2,42 0,09
cg	0,71	44109	4,08	2,19	26,30	1,04	26,13	1,04	0,00017	1,78	2	15,52	0,61	15,43	0,61	5,8	1,86 0,07
ef	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!
eg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!

PISO: PLANTA BAJA																	
DEPARTAMENTO: 2																	
TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE	PRESIÓN	PRESIÓN	CAÍDA DE	CAÍDA DE	FÓRMULA	DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO	VELOCIDAD	VELOCIDAD	Q/D<27,7	
		(m)	Kcal/h		mbar	bar	mbar	bar	bar	mmcdm³	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(m³/h mm)
a'-a''	18,22	25020	2,32	1,24	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	6,76	0,27	7,07	0,28	6,76	0,27 0,18
a''a	7,10	25020	2,32	1,24	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00007	0,71	2	24,42	0,98	24,29	0,98	24,29	0,98 0,05
ab	8,38	18020	1,48	0,80	27,30	1,04	26,50	1,04	0,00080	8,17	2	12,89	0,51	12,87	0,50	12,81	0,50 0,06
bd	3,16	8020	0,56	0,30	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	8,52	0,34	8,47	0,33	3,8	1,12 0,04
ae	3,02	9000	0,83	0,45	27,30	1,04	26,13	1,04	0,00117	11,98	2	7,75	0,21	7,70	0,20	7,70	0,20 0,06
bc	0,70	10000	0,93	0,50	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	7,55	0,30	7,55	0,30	3,8	1,86 0,07
cf	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!
cg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!
ef	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!
eg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!

PISO: PRIMERO																	
DEPARTAMENTO: 1																	
TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE	PRESIÓN	PRESIÓN	CAÍDA DE	CAÍDA DE	FÓRMULA	DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO	VELOCIDAD	VELOCIDAD	Q/D<27,7	
		(m)	Kcal/h		mbar	bar	mbar	bar	bar	mmcdm³	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(m³/h mm)
a'-a''	10,44	39070	3,62	1,94	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	7,13	0,28	7,45	0,29	7,13	0,28 0,27
a''a	0,50	39070	3,62	1,94	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00007	0,71	2	16,64	0,66	16,55	0,65	3,8	2,41 1,82
ab	6,68	29070	2,69	1,44	27,30	1,04	26,50	1,04	0,00080	8,17	2	15,40	0,61	15,31	0,60	5,8	2,10 1,95
bd	4,28	8020	0,56	0,30	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	9,07	0,36	9,02	0,36	3,8	1,25 0,03
ae	1,43	10000	0,93	0,50	27,30	1,04	26,13	1,04	0,00117	11,98	2	6,90	0,27	6,86	0,27	3,8	3,59 0,07
bc	1,43	23050	2,13	1,14	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	12,00	0,47	11,93	0,47	1,2	2,42 0,10
cf	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!
cg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!
ef	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!
eg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!

PISO: PRIMERO																	
DEPARTAMENTO: 2																	
TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE	PRESIÓN	PRESIÓN	CAÍDA DE	CAÍDA DE	FÓRMULA	DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO	VELOCIDAD	VELOCIDAD	Q/D<27,7	
		(m)	Kcal/h		mbar	bar	mbar	bar	bar	mmcdm³	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(m³/h mm)
a'-a''	11,41	34020	3,15	1,69	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	6,89	0,27	7,29	0,28	6,89	0,27 0,25
a''a	15,87	34020	3,15	1,69	27,37	1,04	26,80	1,04	0,00057	6,82	2	20,93	0,82	20,81	0,82	7,8	1,33 0,08
ab	3,75	10000	0,93	0,50	26,80	1,04	26,13	1,04	0,00067	6,88	2	9,46	0,37	9,41	0,37	3,8	1,86 0,05
bd	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!
ae	1,43	24020	2,22	1,19	26,80	1,04	26,50	1,04	0,00030	3,06	2	12,76	0,50	12,68	0,50	1,2	2,52 0,09
bc	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!
cf	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!
cg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0! #DIV/0!
ef	0,71	18000	1,67	0,89	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	9,44	0,57	9,38	0,57	3,8	3,46 0,10
eg	0,71	6020	0,56	0,30	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	6,24	0,26	6,20	0,26	3,8	2,61 0,05

PARA SISTEMAS 10 - 5 PSIG Y 11° c.d.a
DESDE EL 1er AL 2do REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA A APARATOS DE CONSUMO

PISO: PRIMERO																					
DEPARTAMENTO: 3																					
TRAMOS	LONGITUD (m)	CONSUMO		CAUDAL m3/h	PRESIÓN DE ENTRADA mbar	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA bar	PRESIÓN DE SALIDA mbar	PRESIÓN ABSOLUTA SALIDA bar	CAÍDA DE PRESIÓN mmcdia	CAÍDA DE PRESIÓN mmcdia	FÓRMULA APLICADA	DIÁMETRO CALCULADO PARA P>0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO PARA P<0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO		DIÁMETRO COMERCIAL (pulg)	VELOCIDAD DIÁMETRO CALCULADO (m/s)	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL (m/s)	Q/D<27,7 (m3/(h mm))
		Kcal/h	Kg/h									(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)				
a''-a'	11.74	34020	3.15	1,69	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	6,93	0,27	7,23	0,28	6,93	0,27	3/8	9,65	5,11	0,24
a''a	0,49	34020	3,15	1,69	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00007	0,71	2	15,78	0,62	15,69	0,62	15,69	0,62	5/8	2,33	2,28	0,11
ab	1,89	24020	2,22	1,19	27,30	1,04	26,50	1,04	0,00080	8,17	2	11,03	0,43	10,98	0,43	10,96	0,43	1/2	3,38	2,52	0,11
bd	3,07	18000	1,67	0,89	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	12,81	0,69	12,73	0,69	12,73	0,69	1/2	1,88	1,89	0,07
ae	2,29	10000	0,93	0,50	27,30	1,04	26,13	1,04	0,00117	11,98	2	7,61	0,30	7,67	0,30	7,57	0,30	3/8	2,95	1,86	0,07
bc	1,43	6020	0,56	0,30	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	7,23	0,28	7,19	0,28	7,19	0,28	3/8	1,97	1,12	0,04
cf	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07
cg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07
ef	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07
eg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07

PISO: SEGUNDO																					
DEPARTAMENTO: 1																					
TRAMOS	LONGITUD (m)	CONSUMO		CAUDAL m3/h	PRESIÓN DE ENTRADA mbar	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA bar	PRESIÓN DE SALIDA mbar	PRESIÓN ABSOLUTA SALIDA bar	CAÍDA DE PRESIÓN mmcdia	CAÍDA DE PRESIÓN mmcdia	FÓRMULA APLICADA	DIÁMETRO CALCULADO PARA P>0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO PARA P<0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO		DIÁMETRO COMERCIAL (pulg)	VELOCIDAD DIÁMETRO CALCULADO (m/s)	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL (m/s)	Q/D<27,7 (m3/(h mm))
		Kcal/h	Kg/h									(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)				
a''-a'	12,49	39070	3,62	1,94	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	7,40	0,29	7,73	0,30	7,40	0,29	3/8	9,73	5,87	0,26
a''a	0,50	39070	3,62	1,94	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00007	0,71	2	16,84	0,66	16,95	0,65	16,95	0,65	3/4	2,41	1,82	0,12
ab	6,68	29070	2,69	1,44	27,30	1,04	26,50	1,04	0,00080	8,17	2	15,40	0,61	15,31	0,60	15,31	0,60	5/8	2,10	1,95	0,09
bd	4,28	6020	0,56	0,30	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	9,07	0,36	9,02	0,36	9,02	0,36	3/8	1,25	1,12	0,03
ae	1,43	10000	0,93	0,50	27,30	1,04	26,13	1,04	0,00117	11,98	2	6,90	0,27	6,86	0,27	6,86	0,27	3/8	3,59	1,86	0,07
bc	1,43	28060	2,13	1,14	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	12,00	0,47	11,93	0,47	11,93	0,47	1/2	2,74	2,42	0,10
cf	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07
cg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07
ef	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07
eg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07

PISO: SEGUNDO																					
DEPARTAMENTO: 2																					
TRAMOS	LONGITUD (m)	CONSUMO		CAUDAL m3/h	PRESIÓN DE ENTRADA mbar	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA bar	PRESIÓN DE SALIDA mbar	PRESIÓN ABSOLUTA SALIDA bar	CAÍDA DE PRESIÓN mmcdia	CAÍDA DE PRESIÓN mmcdia	FÓRMULA APLICADA	DIÁMETRO CALCULADO PARA P>0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO PARA P<0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO		DIÁMETRO COMERCIAL (pulg)	VELOCIDAD DIÁMETRO CALCULADO (m/s)	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL (m/s)	Q/D<27,7 (m3/(h mm))
		Kcal/h	Kg/h									(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)				
a''-a'	13,36	34020	3,15	1,69	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	7,12	0,29	7,44	0,29	7,12	0,28	3/8	9,15	5,11	0,24
a''a	15,67	34020	3,15	1,69	27,37	1,04	26,80	1,04	0,00057	5,82	2	20,93	0,82	20,81	0,82	20,81	0,82	7/8	1,33	1,16	0,08
ab	3,75	10000	0,93	0,50	26,80	1,04	26,13	1,04	0,00067	6,88	2	9,46	0,27	9,41	0,27	9,41	0,27	3/8	1,91	1,86	0,05
bd	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07
ae	1,43	24020	2,22	1,19	26,80	1,04	26,50	1,04	0,00030	3,06	2	12,76	0,50	12,68	0,50	12,68	0,50	1/2	2,52	2,52	0,09
bc	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07
cf	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07
cg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07
ef	0,71	18000	1,67	0,89	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	9,44	0,37	9,38	0,37	9,38	0,37	3/8	3,46	3,36	0,10
eg	0,71	6020	0,56	0,30	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	8,24	0,25	8,20	0,24	8,24	0,25	3/8	2,61	1,12	0,05

PISO: SEGUNDO</th

**PARA SISTEMAS 10 - 5 PSIG Y 11°C.G.S.
DESDE EL 1er AL 2do REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA A APARATOS DE CONSUMO**

PISO: TERCERO
DEPARTAMENTO: 1

TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	PRESIÓN ABSOLUTA SALIDA	CAÍDA DE PRESIÓN	CAÍDA DE PRESIÓN	FÓRMULA APLICADA	DIÁMETRO CALCULADO PARA P>0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO PARA P<0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO COMERCIAL	VELOCIDAD DIÁMETRO CALCULADO (m/s)	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL (m/s)	Q/D<27,7 (m3/(h mm))	
		(m)	Kcal/h	Kg/h	m3/h	mbar	bar	mbar	bar	mmcd	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)					
a'' a°	15,20	83179	7,70	4,13	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	10,25	0,40	10,72	0,42	10,25	0,40	1/2	10,79	7,03	0,40
a'' a'	0,50	83179	7,70	4,13	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00007	0,71	2	22,17	0,87	22,05	0,87	22,05	0,87	7/8	2,89	2,84	0,19
ab	6,94	73179	6,78	3,63	27,30	1,04	26,80	1,04	0,00050	5,10	2	24,25	0,95	24,11	0,95	24,11	0,95	1	2,13	1,92	0,15
bd	4,02	6020	0,56	0,30	26,80	1,04	26,13	1,04	0,00067	6,88	2	7,83	0,31	7,88	0,31	7,88	0,31	3/8	1,64	1,12	0,04
ae	1,43	10000	0,93	0,50	27,30	1,04	26,13	1,04	0,00117	11,98	2	8,90	0,27	8,88	0,27	8,86	0,27	3/8	3,59	1,86	0,07
bc	0,83	67159	6,22	3,33	26,80	1,04	26,50	1,04	0,00030	3,06	2	16,78	0,68	16,68	0,68	16,68	0,68	3/4	4,08	3,13	0,20
cf	0,71	23050	2,13	1,14	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	10,36	0,41	10,30	0,41	10,30	0,41	1/2	3,67	2,42	0,11
cg	0,71	44109	4,08	2,19	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	13,24	0,52	13,16	0,52	13,16	0,52	5/8	4,31	2,96	0,17
ef	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
eg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

PISO: TERCERO
DEPARTAMENTO: 2

TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	PRESIÓN ABSOLUTA SALIDA	CAÍDA DE PRESIÓN	CAÍDA DE PRESIÓN	FÓRMULA APLICADA	DIÁMETRO CALCULADO PARA P>0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO PARA P<0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO COMERCIAL	VELOCIDAD DIÁMETRO CALCULADO (m/s)	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL (m/s)	Q/D<27,7 (m3/(h mm))	
		(m)	Kcal/h	Kg/h	m3/h	mbar	bar	mbar	bar	mmcd	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)					
a'' a°	20,37	83179	7,70	4,13	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	10,89	0,43	11,39	0,45	10,89	0,43	1/2	9,56	7,03	0,38
a'' a'	0,50	83179	7,70	4,13	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00007	0,71	2	22,17	0,87	22,05	0,87	22,05	0,87	7/8	2,89	2,84	0,19
ab	5,88	73179	6,78	3,63	27,30	1,04	26,80	1,04	0,00050	5,10	2	24,25	0,95	24,11	0,95	24,11	0,95	1	2,28	1,92	0,16
bd	3,90	6020	0,56	0,30	26,80	1,04	26,13	1,04	0,00067	6,88	2	7,88	0,31	7,88	0,31	7,88	0,31	3/8	1,66	1,12	0,04
ae	1,43	10000	0,93	0,50	27,30	1,04	26,13	1,04	0,00117	11,98	2	8,90	0,27	8,88	0,27	8,86	0,27	3/8	3,59	1,86	0,07
bc	0,83	67159	6,22	3,33	26,80	1,04	26,50	1,04	0,00030	3,06	2	16,78	0,68	16,68	0,68	16,68	0,68	3/4	4,08	3,13	0,20
cf	0,71	23050	2,13	1,14	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	10,36	0,41	10,30	0,41	10,30	0,41	1/2	3,67	2,42	0,11
cg	0,71	44109	4,08	2,19	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	13,24	0,52	13,16	0,52	13,16	0,52	5/8	4,31	2,96	0,17
ef	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
eg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

PISO: CUARTO
DEPARTAMENTO: 1

TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	PRESIÓN ABSOLUTA SALIDA	CAÍDA DE PRESIÓN	CAÍDA DE PRESIÓN	FÓRMULA APLICADA	DIÁMETRO CALCULADO PARA P>0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO PARA P<0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO COMERCIAL	VELOCIDAD DIÁMETRO CALCULADO (m/s)	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL (m/s)	Q/D<27,7 (m3/(h mm))	
		(m)	Kcal/h	Kg/h	m3/h	mbar	bar	mbar	bar	mmcd	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)					
a'' a°	19,41	83179	7,70	4,13	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	10,79	0,42	11,27	0,44	10,79	0,42	1/2	9,75	7,03	0,38
a'' a'	0,50	83179	7,70	4,13	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00007	0,71	2	22,17	0,87	22,05	0,87	22,05	0,87	7/8	2,89	2,84	0,19
ab	6,94	73179	6,78	3,63	27,30	1,04	26,80	1,04	0,00050	5,10	2	24,25	0,95	24,11	0,95	24,11	0,95	1	2,13	1,92	0,15
bd	4,02	6020	0,56	0,30	26,80	1,04	26,13	1,04	0,00067	6,88	2	7,88	0,31	7,88	0,31	7,88	0,31	3/8	1,66	1,12	0,04
ae	1,43	10000	0,93	0,50	27,30	1,04	26,13	1,04	0,00117	11,98	2	8,90	0,27	8,88	0,27	8,86	0,27	3/8	3,59	1,86	0,07
bc	0,83	67159	6,22	3,33	26,80	1,04	26,50	1,04	0,00030	3,06	2	16,78	0,68	16,68	0,68	16,68	0,68	3/4	4,08	3,13	0,20
cf	0,71	23050	2,13	1,14	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	10,36	0,41	10,30	0,41	10,30	0,41	1/2	3,67	2,42	0,11
cg	0,71	44109	4,08	2,19	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	13,24	0,52	13,16	0,52	13,16	0,52	5/8	4,31	2,96	0,17
ef	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
eg	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

PISO: CUARTO
DEPARTAMENTO: 2

TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	PRESIÓN ABSOLUTA SALIDA	CAÍDA DE PRESIÓN	CAÍDA DE PRESIÓN	FÓRMULA APLICADA	DIÁMETRO CALCULADO PARA P>0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO PARA P<0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO COMERCIAL	VELOCIDAD DIÁMETRO CALCULADO (m/s)	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL (m/s)	Q/D<27,7 (m3/(h mm))	
		(m)	Kcal/h	Kg/h	m3/h	mbar	bar	mbar	bar	mmcd	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)					
a'' a°	24,60	83179	7,70	4,13	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	11,33	0,45	11,84	0,47	11,33	0,45	1/2	8,84	7,03	0,36
a'' a'	0,50	83179	7,70	4,13	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00007	0,71	2	23,17	0,87	22,05	0,87						

**PARA SISTEMAS 10 - 5 PSIG Y 11° c.d.a
DESDE EL 1er AL 2do REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA A APARATOS DE CONSUMO**

PISO: QUINTO		Q/D<27,7																				
DEPARTAMENTO: 1		TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	PRESIÓN ABSOLUTA SALIDA	CAÍDA DE PRESIÓN	CAÍDA DE PRESIÓN	FÓRMULA	DIÁMETRO CALCULADO		DIÁMETRO CALCULADO		DIÁMETRO COMERCIAL	DIÁMETRO CALCULADO	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL	Q/D<27,7
(m)	Kcal/h	Kg/h	m3/h	mbar	bar	mbar	bar	mmcds	bar	mmcds	bar	mmcds	bar	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(m/s)	(m/s)	
a''-a'	21,57	83179	7,70	4,13	344,56	1,36	275,65	1,29	0,07	703,40	1	11,02	0,43	11,32	0,45	11,02	0,43	1/2	9,33	7,03	0,37	
a''a	0,50	83179	7,70	4,13	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00	0,71	2	22,17	0,87	22,05	0,87	22,05	0,87	7/8	2,89	2,84	0,19	
ab	6,94	73179	6,78	3,63	27,30	1,04	26,80	1,04	0,00	5,10	2	24,25	0,95	24,11	0,95	24,11	0,95	1	2,13	1,92	0,15	
bd	4,02	6020	0,56	0,30	26,80	1,04	26,13	1,04	0,00	6,88	2	7,93	0,31	7,80	0,31	7,88	0,31	3/8	1,64	1,12	0,04	
ae	1,43	10000	0,93	0,50	27,30	1,04	26,13	1,04	0,00	11,98	2	6,90	0,27	6,86	0,27	6,86	0,27	3/8	3,59	1,86	0,07	
bc	0,83	67159	6,22	3,33	26,80	1,04	26,50	1,04	0,00	3,06	2	16,78	0,66	16,68	0,66	16,68	0,66	3/4	4,08	3,13	0,20	
cf	0,71	23050	2,13	1,14	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00	3,82	2	10,36	0,41	10,30	0,41	10,30	0,41	1/2	3,67	2,42	0,11	
cg	0,71	44109	4,08	2,19	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00	3,82	2	13,24	0,52	13,16	0,52	13,16	0,52	5/8	4,31	2,96	0,17	
ef	0,00	0	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
eg	0,00	0	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

PISO: QUINTO		Q/D<27,7																				
DEPARTAMENTO: 2		TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	PRESIÓN ABSOLUTA SALIDA	CAÍDA DE PRESIÓN	CAÍDA DE PRESIÓN	FÓRMULA	DIÁMETRO CALCULADO		DIÁMETRO CALCULADO		DIÁMETRO COMERCIAL	DIÁMETRO CALCULADO	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL	Q/D<27,7
(m)	Kcal/h	Kg/h	m3/h	mbar	bar	mbar	bar	mmcds	bar	mmcds	bar	mmcds	bar	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(m/s)	(m/s)	
a''-a'	26,91	83179	7,70	4,13	344,56	1,38	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	11,54	0,45	12,96	0,47	11,54	0,45	1/2	8,51	7,03	0,36	
a''a	0,50	83179	7,70	4,13	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00007	0,71	2	22,17	0,87	22,05	0,87	22,05	0,87	7/8	2,89	2,84	0,19	
ab	5,88	73179	6,78	3,63	27,30	1,04	26,80	1,04	0,00050	5,10	2	23,43	0,92	23,29	0,92	23,29	0,92	1	2,28	1,92	0,16	
bd	3,90	6020	0,56	0,30	26,80	1,04	26,13	1,04	0,00067	6,88	2	7,88	0,31	7,83	0,31	7,83	0,31	3/8	1,66	1,12	0,04	
ae	1,43	10000	0,93	0,50	27,30	1,04	26,13	1,04	0,00117	11,98	2	6,90	0,27	6,86	0,27	6,86	0,27	3/8	3,59	1,86	0,07	
bc	0,83	67159	6,22	3,33	26,80	1,04	26,50	1,04	0,00030	3,06	2	16,78	0,66	16,68	0,66	16,68	0,66	3/4	4,08	3,13	0,20	
cf	0,71	23050	2,13	1,14	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	10,36	0,41	10,30	0,41	10,30	0,41	1/2	3,67	2,42	0,11	
cg	0,71	44109	4,08	2,19	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	13,24	0,52	13,16	0,52	13,16	0,52	5/8	4,31	2,96	0,17	
ef	0,00	0	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
eg	0,00	0	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

PISO: SEXTO		Q/D<27,7																				
DEPARTAMENTO: 1		TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	PRESIÓN ABSOLUTA SALIDA	CAÍDA DE PRESIÓN	CAÍDA DE PRESIÓN	FÓRMULA	DIÁMETRO CALCULADO		DIÁMETRO CALCULADO		DIÁMETRO COMERCIAL	DIÁMETRO CALCULADO	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL	Q/D<27,7
(m)	Kcal/h	Kg/h	m3/h	mbar	bar	mbar	bar	mmcds	bar	mmcds	bar	mmcds	bar	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(m/s)	(m/s)	
a''-a'	25,65	83179	7,70	4,13	344,56	1,36	275,65	1,29	0,06891	703,40	1	11,43	0,45	11,34	0,47	11,43	0,45	1/2	8,69	7,03	0,36	
a''a	0,50	83179	7,70	4,13	27,37	1,04	27,30	1,04	0,00007	0,71	2	22,17	0,87	22,05	0,87	22,05	0,87	7/8	2,89	2,84	0,19	
ab	6,94	73179	6,78	3,63	27,30	1,04	26,80	1,04	0,00050	5,10	2	24,25	0,95	24,11	0,95	24,11	0,95	1	2,13	1,92	0,15	
bd	4,00	6020	0,56	0,30	26,80	1,04	26,13	1,04	0,00067	6,88	2	7,88	0,31	7,87	0,31	7,88	0,31	3/8	1,64	1,12	0,04	
ae	1,43	10000	0,93	0,50	27,30	1,04	26,13	1,04	0,00117	11,98	2	6,90	0,27	6,86	0,27	6,86	0,27	3/8	3,59	1,86	0,07	
bc	0,83	67159	6,22	3,33	26,80	1,04	26,50	1,04	0,00030	3,06	2	16,78	0,66	16,68	0,66	16,68	0,66	3/4	4,08	3,13	0,20	
cf	0,71	23050	2,13	1,14	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	10,36	0,41	10,30	0,41	10,30	0,41	1/2	3,67	2,42	0,11	
cg	0,71	44109	4,08	2,19	26,50	1,04	26,13	1,04	0,00037	3,82	2	13,24	0,52	13,16	0,52	13,16	0,52	3/4	4,31	2,96	0,17	
ef	0,00	0	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
eg	0,00	0	0,00	0,00	1,01	0,00	1,01	0,00	0,00000	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

PISO: SEXTO		Q/D<27,7																
DEPARTAMENTO: 2		TRAMOS	LONGITUD	CONSUMO		CAUDAL	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA									

PARA SISTEMAS 10 - 5 PSIG Y 11" c.d.a
DESDE EL 1er REGULADOR DE ALTA AL 1er REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA

TRAMOS	LONGITUD (m)	CONSUMO		CAUDAL m3/h	PRESIÓN DE ENTRADA mbar	PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA bar	PRESIÓN DE SALIDA bar	PRESIÓN ABSOLUTA SALIDA bar	CAÍDA DE PRESIÓN mmcds	CAÍDA DE PRESIÓN bar	FÓRMULA APLICADA	DIÁMETRO CALCULADO PARA P>0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO PARA P<0,05 BAR		DIÁMETRO CALCULADO		DIÁMETRO COMERCIAL (pulg)	VELOCIDAD DIÁMETRO CALCULADO (m/s)	VELOCIDAD DIÁMETRO COMERCIAL (m/s)	Q/D<27,7 (m3/(h mm))
		Kcal/h	Kg/h									(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)				
Ir	26.74	987851.2427	91.47	49.04	689	1.702	660	1.67	0.02912	297.19	1	33.38	1.31	36.67	1.44	33.36	1.31	1 1/2	9.33	7.15	1.47
rs	0.47	753453.1887	69.76	37.41	660	1.673	650	1.66	0.01000	102.07	1	16.28	0.64	17.87	0.70	16.29	0.64	7/8	29.99	16.12	2.30
st	0.47	514006.1346	47.59	25.52	650	1.663	640	1.65	0.01000	102.07	1	14.12	0.56	15.47	0.62	14.12	0.56	5/8	27.41	21.69	1.81
tu	0.47	283557.0809	26.26	14.08	640	1.653	630	1.64	0.01000	102.07	1	11.29	0.44	13.38	0.48	11.29	0.44	1/2	23.78	18.81	1.25
rv1	0.12	234396.0904	21.70	11.64	660	1.673	650	1.66	0.01000	102.07	1	7.90	0.31	8.68	0.34	7.90	0.31	3/8	39.71	27.30	1.47
v1w1	0.47	200376.0539	18.55	9.95	650	1.663	640	1.65	0.01000	102.07	1	9.89	0.39	10.84	0.43	9.89	0.39	1/2	21.76	13.21	1.01
w1x1	0.47	166358.0539	15.40	8.26	640	1.653	630	1.64	0.01000	102.07	1	9.23	0.36	10.19	0.40	9.23	0.36	3/8	20.87	19.61	0.89
x1z1	0.74	83179.02696	7.70	4.13	630	1.643	620	1.63	0.00980	99.99	1	7.85	0.31	8.56	0.34	7.85	0.31	3/8	14.51	9.87	0.53
sv2	0.12	239448.0539	22.17	11.89	650	1.663	642,5	1.66	0.00750	76.55	1	8.46	0.33	9.27	0.36	8.46	0.33	3/8	35.51	28.02	1.41
v2w2	0.47	200378.0539	16.55	9.95	642,5	1.656	635,0	1.65	0.00750	76.55	1	10.51	0.41	11.50	0.45	10.51	0.41	1/2	19.34	13.25	0.95
w2x2	0.47	166358.0539	15.40	8.26	635,0	1.648	627,5	1.64	0.00750	76.55	1	9.81	0.39	10.72	0.42	9.81	0.39	1/2	18.53	11.05	0.84
x2z2	0.74	83179.02696	7.70	4.13	627,5	1.641	620,0	1.63	0.00750	76.55	1	8.30	0.33	9.07	0.36	8.30	0.33	3/8	12.99	9.87	0.50
tv3	0.12	230448.0539	21.34	11.44	640	1.653	635	1.65	0.00500	51.04	1	9.08	0.36	9.94	0.39	9.08	0.36	3/8	29.80	27.09	1.26
v3w3	0.47	205428.0539	19.02	10.20	635	1.648	630	1.64	0.00500	51.04	1	11.55	0.45	12.63	0.50	11.55	0.45	1/2	16.47	13.62	0.88
w3x3	0.47	166358.0539	15.40	8.26	630	1.643	625	1.64	0.00500	51.04	1	10.87	0.42	11.86	0.46	10.87	0.42	1/2	15.87	11.07	0.77
x3z3	0.74	83179.02696	7.70	4.13	625	1.638	620	1.63	0.00500	51.04	1	9.03	0.36	9.86	0.38	9.03	0.36	3/8	10.97	9.87	0.46
uv4	0.12	283557.0809	26.26	14.08	630	1.643	627,5	1.64	0.00250	25.52	1	11.35	0.45	12.41	0.49	11.35	0.45	1/2	23.57	18.83	1.24
v4w4	0.47	205428.0539	19.02	10.20	627,5	1.641	625,0	1.64	0.00250	25.52	1	13.35	0.53	14.56	0.57	13.35	0.53	5/8	12.37	8.75	0.76
w4x4	0.47	166358.0539	15.40	8.26	625,0	1.638	622,5	1.64	0.00250	25.52	1	12.33	0.49	13.47	0.53	12.33	0.49	1/2	11.76	11.08	0.67
x4z4	0.74	83179.02696	7.70	4.13	622,5	1.636	620,0	1.63	0.00250	25.52	1	10.43	0.41	11.39	0.45	10.43	0.41	1/2	8.23	5.55	0.40

DIFERENCIAS DE DIÁMETROS DE TUBERÍAS PARA SISTEMAS 10 - 5 PSIG Y 11" c.d.a

TANQUE A ARMARIO DE CONTADORES									
TRAMOS	LONGITUD (m) (pulg)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	
		RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.	RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.
jf	26,74	1 1/2		1 1/4	w2x2	0.47	1/2	5/8	1/2
rs	0,47	7/8		1	x2x2	0.74	3/8	1/2	1/2
st	0,47	5/8		1	v3	0.12	3/8	3/4	1/2
tu	0,47	1/2	3/4	3/4	v3w3	0.47	1/2	3/4	1/2
rv1	0,12	3/8	3/4	1/2	w3x3	0.47	1/2	5/8	1/2
v1w1	0,47	1/2	3/4	1/2	x3x3	0.74	3/8	1/2	1/2
w1x1	0,47	3/8	5/8	1/2	uv4	0.12	1/2	3/4	3/4
x1z1	0,74	3/8	1/2	1/2	v4w4	0.47	5/8	3/4	1/2
sv2	0,12	3/8	3/4	1/2	w4x4	0.47	1/2	5/8	1/2
v2w2	0,47	1/2	3/4	1/2	x4z4	0.74	1/2	1/2	1/2

PLANTA BAJA - DEPARTAMENTO 1					PLANTA BAJA - DEPARTAMENTO 2				
TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)
		RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.		
a ¹¹ a ¹	8,48	3/8		1/2	1/2	18,22	3/8	3/8	1/2
a ¹ a	0,50	7/8		1		7,10	1	3/4	1/2
ab	6,94	7/8		1		8,36	1/2	5/8	1/2
bd	4,02	3/8		1/2	1/2	3,16	3/8	1/2	1/2
ae	1,43	3/8		1/2	1/2	3,02	3/8	1/2	1/2
bc	0,83	3/4		3/4	1/2	0,70	3/8	5/8	1/2
cf	0,71	1/2		5/8	1/2	0,00	0	0	0
cg	0,71	5/8		7/8	3/4	0,00	0	0	0
ef	0,00	0		0	0	0,00	0	0	0
eg	0,00	0		0	0	0,00	0	0	0

PISO 1 - DEPARTAMENTO 1										PISO 1 - DEPARTAMENTO 2										PISO 1 - DEPARTAMENTO 3									
TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO											
		RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.										
a ¹¹ a ¹	10,44	3/8	3/8	1/2	11,41	3/8	1/2	11,74	3/8	3/8	1/2																		
a ¹ a	0,50	3/4	3/4	3/4	15,67	7/8	3/4	0,49	5/8	5/8	1/2																		
ab	6,68	5/8	3/4	1/2	3,75	3/8	5/8	1,89	1/2	5/8	1/2																		
bd	4,28	3/8	1/2	1/2	0,00	0	0	3,07	1/2	1/2	1/2																		
ae	1,43	3/8	1/2	1/2	1,43	1/2	3/4	2,29	3/8	1/2	1/2																		
bc	1,43	1/2	5/8	1/2	0,00	0	0	1,43	3/8	3/8	1/2																		
cf	0,00	0	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0																		
cg	0,00	0	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0																		
ef	0,00	0	0	0	0,71	3/8	3/4	0,00	0	0	0																		
eg	0,00	0	0	0	0,71	3/8	1/2	0,00	0	0	0																		

PISO 2 - DEPARTAMENTO 1										PISO 2 - DEPARTAMENTO 2										PISO 3 - DEPARTAMENTO 3									
TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO											
		RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.										
a ¹¹ a ¹	12,49	3/8	3/8	1/2	13,36	3/8	1/2	16,03	3/8	1/2	16,03																		
a ¹ a	0,50	3/4	3/4	3/4	15,67	7/8	3/4	0,49	5/8	5/8	1/2																		
ab	6,68	5/8	3/4	1/2	3,75	3/8	5/8	1,89	1/2	5/8	1/2																		
bd	4,28	3/8	1/2	1/2	0,00	0	0	3,07	1/2	2,29	3/8																		
ae	1,43	3/8	1/2	1/2	1,43	3/8	1/2	1,43	3/8	1/2	1/2																		
bc	0,83	3/4	3/4	3/4	0,83	3/4	3/4	0,83	3/4	3/4	3/4																		
cf	0,71	1/2	5/8	1/2	0,71	1/2	5/8	1/2	0,71	1/2	5/8																		
cg	0,71	3/4	7/8	3/4	0,71	5/8	7/8	3/4	0,71	5/8	7/8																		
ef	0,00	0	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0																		
eg	0,00	0	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0																		

PISO 5 - DEPARTAMENTO 1										PISO 5 - DEPARTAMENTO 2									
TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		DIÁMETRO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	
		RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.			RENAULD COMERCIAL	REGO Cu REGO Ace.
a ¹¹ a ¹	21,57	1/2	5/8	1/2	26,91	1/2	5/8	1/2	1										
a ¹ a	0,50	7/8	1	0,50	7/8	1	1												
ah	6,94	1	1	5,88	1	1	1												
bd	4,02	3/8	1/2	3,90	3/8	1/2	1/2												
ae	1,43	3/8	1/2	1,43	3/8	1/2	1/2												
bc	0,83	3/4	3/4	0,83	3/4	3/4	3/4												
cf	0,71	1/2	5/8	1/2	0,71	1/2	5/8	1/2	0,71	1/2	5/8								
cg	0,71	5/8	7/8	3/4	0,71	5/8	7/8	3/4	0,71	3/4	7/8								
ef	0,00	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0								
eg	0,00	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0								

PISO 6 - DEPARTAMENTO 1										PISO 6 - DEPART									

TANQUE A ARMARIO DE CONTADORES							
TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	
		REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)
		(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)
ir	26.74	1 1/2	1 1/4	w2x2	0.47	1/2	5/8
rs	0.47	7/8	1	x2z2	0.74	3/8	1/2
st	0.47	5/8	1	v3	0.12	3/8	3/4
tu	0.47	1/2	3/4	v3w3	0.47	1/2	3/4
rv1	0.12	3/8	3/4	w3x3	0.47	1/2	5/8
y1w1	0.47	1/2	3/4	x3z3	0.74	3/8	1/2
w1x1	0.47	3/8	5/8	y4	0.12	1/2	3/4
x1z1	0.74	3/8	1/2	v4w4	0.47	5/8	3/4
sv2	0.12	3/8	3/4	w4x4	0.47	1/2	5/8
v2w2	0.47	1/2	3/4	x4z4	0.74	1/2	1/2

PLANTA BAJA - DEPARTAMENTO 1				PLANTA BAJA - DEPARTAMENTO 2			
TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	
		REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)
		(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)
a'' a'	8.46	3/8	1/2	18.22	3/8	3/8	1/2
a''a	0.50	7/8	1	7.10	1	3/4	1/2
ab	6.94	7/8	1	8.36	1/2	5/8	1/2
bd	4.02	3/8	1/2	3.16	3/8	1/2	1/2
ae	1.43	3/8	1/2	3.02	3/8	1/2	1/2
bc	0.83	3/4	3/4	0.70	3/8	5/8	1/2
cf	0.71	1/2	5/8	0.00	0	0	0
cg	0.71	5/8	7/8	0.00	0	0	0
ef	0.00	0	0	0.00	0	0	0
eg	0.00	0	0	0.00	0	0	0

PISO 1 - DEPARTAMENTO 1								PISO 1 - DEPARTAMENTO 2								PISO 1 - DEPARTAMENTOS								
TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		
		REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)	
		(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)	
a'' a'	10.44	3/8	3/8	1/2	11.41	3/8	3/8	1/2	11.74	3/8	3/8	1/2	12.49	3/8	3/8	1/2	13.36	3/8	3/8	1/2	13.36	3/8	3/8	1/2
a''a	0.50	3/4	3/4	3/4	15.67	7/8	7/8	3/4	0.49	5/8	5/8	1/2	0.50	3/4	3/4	1/2	0.49	5/8	5/8	1/2	0.49	5/8	5/8	1/2
ab	6.68	5/8	3/4	1/2	3.75	3/8	5/8	1/2	1.89	1/2	5/8	1/2	4.28	3/8	1/2	1/2	3.07	1/2	5/8	1/2	3.07	1/2	5/8	1/2
bd	4.28	3/8	1/2	1/2	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ae	1.43	3/8	1/2	1/2	1.43	1/2	3/4	1/2	2.29	3/8	1/2	1/2	1.43	3/8	1/2	1/2	1.43	3/8	1/2	1/2	1.43	3/8	1/2	1/2
bc	1.43	1/2	5/8	1/2	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
cf	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
cg	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ef	0.00	0	0	0	0.71	3/8	3/4	1/2	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
eg	0.00	0	0	0	0.71	3/8	1/2	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

PISO 2 - DEPARTAMENTO 1								PISO 2 - DEPARTAMENTO 2								PISO 3 - DEPARTAMENTOS								
TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		
		REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)	
		(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)	
a'' a'	12.49	3/8	3/8	1/2	13.36	3/8	3/8	1/2	16.03	3/8	3/8	1/2	12.49	3/8	3/8	1/2	13.36	3/8	3/8	1/2	13.36	3/8	3/8	1/2
a''a	0.50	3/4	3/4	3/4	15.67	7/8	7/8	3/4	0.49	5/8	5/8	1/2	0.50	3/4	3/4	1/2	0.49	5/8	5/8	1/2	0.49	5/8	5/8	1/2
ab	6.68	5/8	3/4	1/2	3.75	3/8	5/8	1/2	1.89	1/2	5/8	1/2	4.28	3/8	1/2	1/2	3.07	1/2	5/8	1/2	3.07	1/2	5/8	1/2
bd	4.28	3/8	1/2	1/2	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ae	1.43	3/8	1/2	1/2	1.43	3/8	1/2	1/2	1.43	3/8	1/2	1/2	1.43	3/8	1/2	1/2	1.43	3/8	1/2	1/2	1.43	3/8	1/2	1/2
bc	0.83	3/4	3/4	3/4	0.83	3/4	3/4	3/4	0.83	3/4	3/4	3/4	0.83	3/4	3/4	3/4	0.83	3/4	3/4	3/4	0.83	3/4	3/4	3/4
cf	0.71	1/2	5/8	1/2	0.71	1/2	5/8	1/2	0.71	1/2	5/8	1/2	0.71	1/2	5/8	1/2	0.71	1/2	5/8	1/2	0.71	1/2	5/8	1/2
cg	0.71	5/8	7/8	3/4	0.71	5/8	7/8	3/4	0.71	5/8	7/8	3/4	0.71	5/8	7/8	3/4	0.71	5/8	7/8	3/4	0.71	5/8	7/8	3/4
ef	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eg	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PISO 5 - DEPARTAMENTO 1								PISO 5 - DEPARTAMENTO 2														
TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO		TRAMOS	LONGITUD (m)	DIÁMETRO								
		REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)			REGO Cu	REGO Ace. (pulg)							
		(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)			(pulg)	(pulg)							
a'' a'	21.57	1/2	5/8	1/2	26.91	1/2	5/8	1/2	30.84	1/2	5/8	1/2	30.84	1/2	5/8	1/2						
a''a	0.50	7/8	1	1	0.50	7/8	1	1	0.50	7/8	1	1	0.50	7/8	1	1						
ab	6.68	1	1	5.88	1	1	1	6.64	1	1	1	6.64	1	1	1	6.64	1	1	1	6.64	1	1
bd	4.02	3/8	1/2	1/2	3.90	3/8	1/2	1/2	4.00	3/8	1/2	1/2										

APÉNDICE U

EFECTO DE ALTURA EN LA INSTALACIÓN DE G.L.P

Por tratarse de un fluido bifásico, donde su almacenamiento existe líquido y vapor, la justificación, se lo hace para el estado gaseoso, fluido que se distribuye en el interior del edificio.

Utilizando el criterio dado por libros de Mecánica de Fluidos, donde la variación de densidad del fluido en diferentes estado es pequeño ($\frac{\rho_1}{\rho_2} < 2$) y su velocidad no se la considera demasiada alta (número de Mach $M < 0.3$), en la aplicación del balance de energía mecánica se reduce a las ecuaciones de todos los líquidos, y se adapta a gases que circulen relativamente despacio, por lo tanto, se lo respalda como fluidos incompresibles.

Se define el número de Mach como la razón de la velocidad del fluido para la velocidad local del sonido en el gas, así:

$$M = \frac{V}{c} = \frac{V}{\sqrt{K \cdot R \cdot T}}$$

donde:

V [m/s] : Velocidad del fluido

c [m/s] : Velocidad local del sonido en el fluido

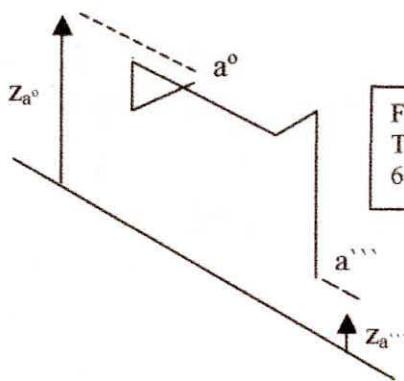
K : Razón de los calores específicos c_p/c_v

R [J/(Kg·K)] : Constante del gas

T [K] :Temperatura absoluta del gas.

Del apéndice F a sumiendo que se trate gas propano, se consultan la razón de los calores específicos $K = 1.1503$ y el constante del gas $R = 188 \text{ J/Kg}\cdot\text{J}$, que en conjunto con las velocidades máximas permitidas de 20 y 30 m/s en la instalación, de la tabla 1 de este apéndice, se registra los valores menores a 0.3, por lo tanto, el estado gaseoso del GLP para el análisis se asume como fluido incompresible.

Como la parte crítica se encuentra en el últimos pisos, perteneciente al departamento 2 del piso 6, en su tramo "a''a°", donde la caída de presión debe registrarse como máxima 1 psig a la altura establecida según la especificación del reguladores, con un consumo de 6.96 Kg/h, se aplica la ecuación de BERNOULLI a la figura ilustrada, donde se obtiene:



$$\frac{P_{a''}}{\rho_{a''}} + \alpha_{a''}^2 \frac{V_{a''}^2}{2} + gz_{a''} = \frac{P_{a°}}{\rho_{a°}} + \alpha_{a°}^2 \frac{V_{a°}^2}{2} + gz_{a°} + h_{lt}$$

cuyas variables comunes da:

$$\alpha_{a'''} = \alpha_{a^o} = 1 \quad (\text{coeficiente de energía cinética})$$

asumiendo número de Reynolds grande

$$V_{a'''} = V_{a^o} \quad \text{Velocidad}$$

$$\rho_{a'''} = \rho_{a^o} = \rho \quad \text{Densidad del fluido}$$

reordenando:

$$\frac{P_{a'''}}{\rho} - \frac{P_{a^o}}{\rho} + g(z_{a'''} - z_{a^o}) = h_{ft} = h_i + h_{lm}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta P}{\rho} - gH = f \frac{L \cdot V_{a^o}^2}{2D} + 4K_{codo} \frac{V_{a^o}^2}{2}$$

Si $Q = V_{a^o} \cdot A \Rightarrow V_{a^o} = Q/A = 4 \cdot Q / (\pi \cdot D^2)$, entonces se agrupan los términos despejando la caída de presión:

$$\Rightarrow \Delta P = \frac{\rho \cdot V_{a^o}^2}{2} \left(f \frac{L}{D} + 4K_{codo} \right) + \rho \cdot g \cdot H \quad (c)$$

$$\Rightarrow \Delta P = \frac{\rho \cdot 8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4} \left(f \frac{L}{D} + 4K_{codo} \right) + \rho \cdot g \cdot H$$

donde :

ΔP [N/m²] : Caída de Presión

ρ [Kg/m³] : Densidad del gas GLP

Q [m³/s] : Caudal volumétrico

D [m] : Diámetro interior de la tubería

f : Factor de fricción

L	[m]	: Longitud de la tubería
K		: Coeficiente de pérdida para codos
π		: 3.14
g	[m/s ²]	: Gravedad (9.8 m/s ²)
H	[m]	: Altura relativa entre los puntos de entrada y salida
h_{lm}		: Pérdidas de carga

Además el factor de fricción depende del número de Reynolds y de la rugosidad relativa, donde:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

se reemplaza la velocidad obteniendo:

$$Re = \frac{4 \cdot \rho \cdot Q}{\mu \cdot \pi \cdot D} \quad (a)$$

y para cálculos del factor de fricción dentro del rango de $5 \times 10^3 \leq Re \leq 10^8$ y

$10^{-6} \leq (\varepsilon/D) \leq 10^{-2}$, se aplica la siguiente expresión:

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3.70 \cdot D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (b)$$

donde las variables utilizadas en las ecuaciones (a), (b) y (c) son:

Re : Número de Reynolds

ρ [Kg/m³] : Densidad del gas GLP

Q	$[m^3/s]$: Caudal volumétrico
μ	$[Kg/s \cdot m]$: Viscosidad dinámica (absoluta)
π		: 3.14
D	$[m]$: Diámetro interior de la cañería
f		: Factor de fricción
ε	$[m]$: Rugosidad en la pared

De la tabla de viscosidad absoluta para gases hidrocarburos de CRANE (ref. 1) se toma la viscosidad dinámica para una temperatura de 15 °C, valor de $1 \times 10^{-5} \text{ Kg/s} \cdot \text{m}$ (0.010 centipoises), y para 50 °C, se registra $1.1 \times 10^{-5} \text{ Kg/s} \cdot \text{m}$ (0.011 centipoises). Además, se asume para tuberías de cobre y acero una rugosidad de pared de $1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$ y $4.6 \times 10^{-5} \text{ m}$ respectivamente. Se resuelve el problema con las ecuaciones (a), (b) y (c) donde la caída de presión se estima menor a 1 psig, admitida por las comercializadoras. Los resultados encasillados en las tablas 2 y 3 de este apéndice, demuestran que la caída de presión máxima es 0.7 psig para tuberías de cobre y 0.81 psig para tubos de acero, ambos para diámetros de $\frac{1}{2}''$.

Se concluye que para diámetros de acero y de cobre, lo seleccionado por tablas "REGO" se acepta, pero para tuberías de cobre se aconseja el dimensionamiento del diámetro inmediato superior en tramos verticales cuyo valor mínimo de $\frac{1}{2}''$ para hace más conservador a la instalación.

APÉNDICE U

TABLA 1
NÚMERO DE MACH

DATOS:			
K:	1,1503		
R:	188 J/Kg·K		
CALCULOS:			
Temperatura	Velocidad del sonido	Velocidad local 20m/s	Velocidad local 30m/s
°C	c	M	M
0	242,98	0,062	0,123
5	245,19	0,082	0,122
10	247,39	0,081	0,121
15	249,58	0,080	0,120
20	251,72	0,079	0,119
25	253,86	0,079	0,118
30	255,98	0,078	0,117
35	258,08	0,077	0,116
40	260,17	0,077	0,115

TABLA 2
TUBERÍA DE COBRE

D	Dinterior	D	ρ	Q		μ	ε	L	K	H	Re	f	Δ P		CONDICIÓN	Δ P dato (psi)
				(pulg)	(pulg)	(mm)	(kg/m3)	(kg/h)	(m3/s)	(Kg/(sm))	(mm)	(m)	(m)	(N/m2)	(psi)	
3/8	3/8	9,53	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,0015	30,84	0,9	17,63	2,58E+04	2,47E-02	16,795	2,4	>	1
1/2	1/2	12,70	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,0015	30,84	0,9	17,63	1,94E+04	2,63E-02	4,535	0,7	<	1
5/8	5/8	15,88	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,0015	30,84	0,9	17,63	1,55E+04	2,77E-02	1,793	0,3	<	1
3/4	3/4	19,05	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,0015	30,84	0,9	17,63	1,29E+04	2,90E-02	947	0,1373	<	1

VARIACIÓN DE LA ALTURA EN TUBERÍA DE COBRE

D	Dinterior	D	ρ	Q		μ	ε	L	K	H	Re	f	Δ P		CONDICIÓN	Δ P dato (psi)
				(pulg)	(pulg)	(mm)	(kg/m3)	(kg/h)	(m3/s)	(Kg/(sm))	(mm)	(m)	(m)	(N/m2)	(psi)	
	1/2	12,70	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,0015	30,84	0,9	0	1,94E+04	2,63E-02	4,213	0,8110	<	1
1/2	1/2	12,70	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,0015	30,84	0,9	17,63	1,94E+04	2,63E-02	4,535	0,6577	<	1
1/2	12,70	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,0015	30,84	0,9	25,65	1,94E+04	2,63E-02	4,682	0,6790	<	1	

TABLA 3
TUBERÍA DE ACERO

D	Dinterior	D	ρ	Q		μ	ε	L	K	H	Re	f	Δ P		CONDICIÓN	Δ P dato (psi)
				(pulg)	(pulg)	(mm)	(kg/m3)	(kg/h)	(m3/s)	(Kg/(sm))	(mm)	(m)	(m)	(N/m2)	(psi)	
3/8	3/8	9,53	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,046	30,84	0,9	17,63	2,58E+04	3,39E-02	22,666	3,29	>	1
1/2	1/2	12,70	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,046	30,84	0,9	17,63	1,94E+04	3,30E-02	5,554	0,81	<	1
5/8	5/8	15,88	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,046	30,84	0,9	17,63	1,55E+04	3,29E-02	2,049	0,30	<	1
3/4	3/4	19,05	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,046	30,84	0,9	17,63	1,29E+04	3,32E-02	1,029	0,15	<	1

VARIACIÓN DE LA ALTURA EN TUBERÍA DE ACERO

D	Dinterior	D	ρ	Q		μ	ε	L	K	H	Re	f	Δ P		CONDICIÓN	Δ P dato (psi)
				(pulg)	(pulg)	(mm)	(kg/m3)	(kg/h)	(m3/s)	(Kg/(sm))	(mm)	(m)	(m)	(N/m2)	(psi)	
	1/2	12,70	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,046	30,84	0,9	0	1,94E+04	3,30E-02	5,232	0,76	<	1
1/2	1/2	12,70	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,046	30,84	0,9	17,63	1,94E+04	3,30E-02	5,554	0,81	<	1
1/2	12,70	1,865	6,96	0,0010	1,00E-05	0,046	30,84	0,9	25,65	1,94E+04	3,30E-02	5,701	0,83	<	1	

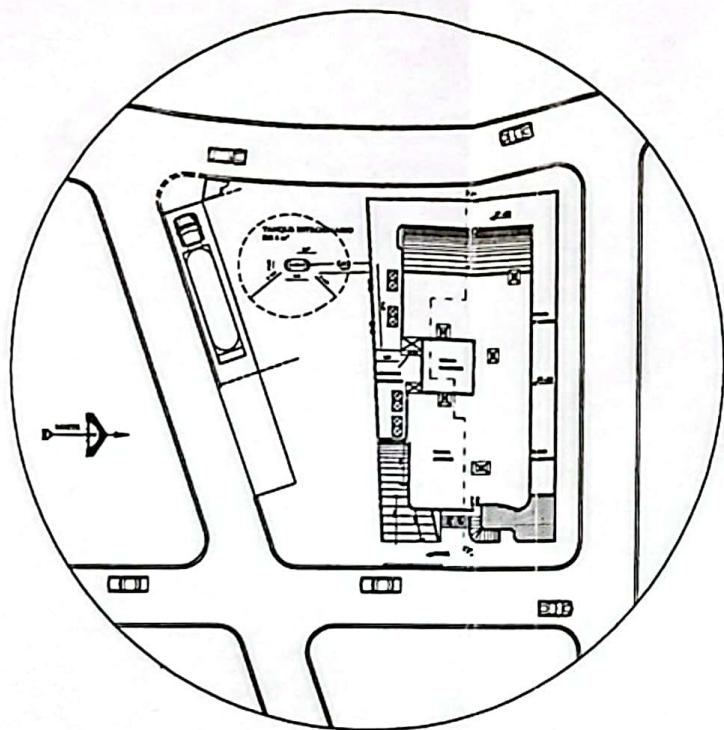
APÉNDICE V

CRONOGRAMA DE TRABAJO

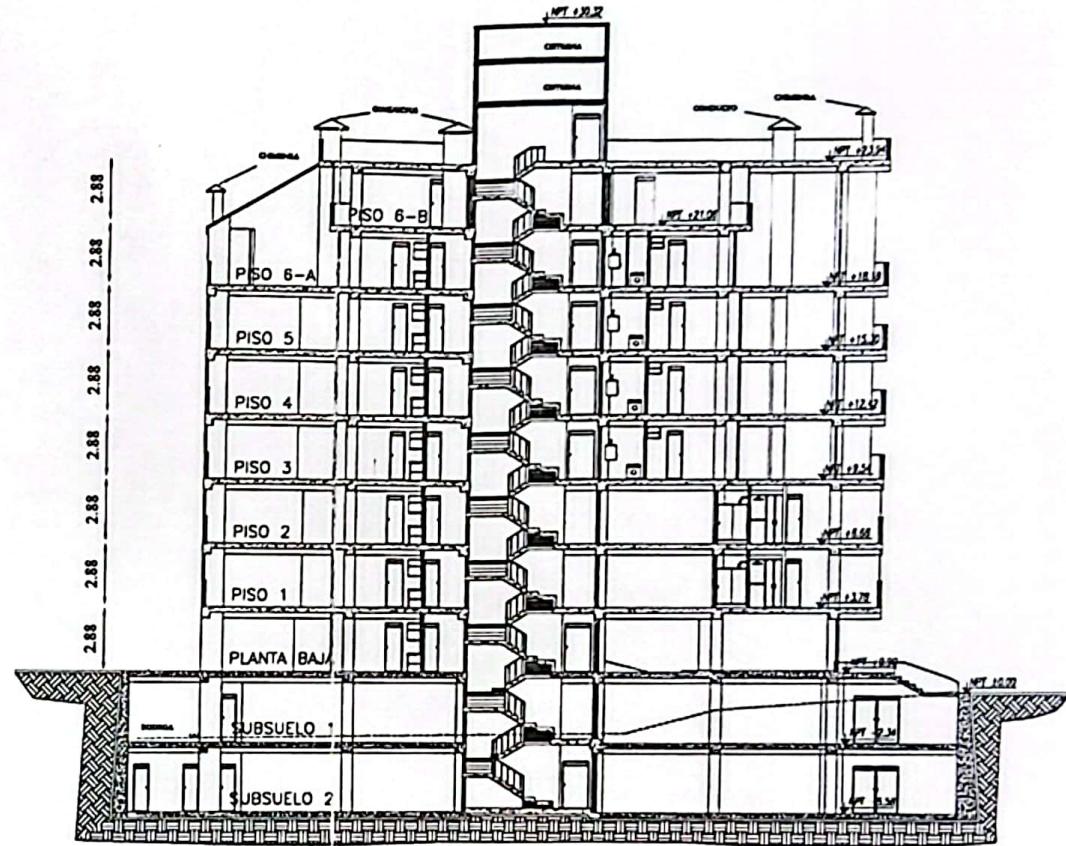
BIBLIOGRAFÍA

1. CRANE, "Flujo de fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías", Mc Graw Hill, México, 1998
2. J.A DE ANDRÉS Y R. POMATTA, "Instalaciones de Combustibles Gaseosos", Editorial A. Madrid Vicente Editores, Madrid, 1996
3. J.M STORCH DE GARCIA, "Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras" Volumen II, Mc Graw Hill, España, 1998
4. LEXIS 22, "Diccionario de Tecnología", Círculo de Lectores S.A, Barcelona, 1982
5. NFPA 58, "Norma para el Almacenamiento y Manejo de Gases Licuados de Petróleo", NFPA, 1995
6. O. W. BOYD, "Petroleum Fluid Flow Systems", Campbell Petroleum Series, U.S.A, 1983, First Edition

7. REGO PRODUCTS, "Manual de Servicio para el Instalador de Gas - LP", Engineered Control International. Inc., Impreso en USA 1962
8. REPSOLGAS, "Documentación Interna Complementaria : Especificación Técnica del Plan Propano Multivienda PPM", Repsol, 1999, 2da Edición
9. ROBERT W. FOX, "Introducción a la Mecánica de Fluidos", Mc Graw Hill, México, 1995, 4ta Edición
10. RONALD V. GILES, "Mecánica de los Fluidos e Hidráulica", Mc Graw Hill, México, 1991, 2da Edición
11. SONNTAG Y VAN WYLEN, "Introducción a la Termodinámica Clásica y Estadística", Limusa Noriega Editores, México, 1996



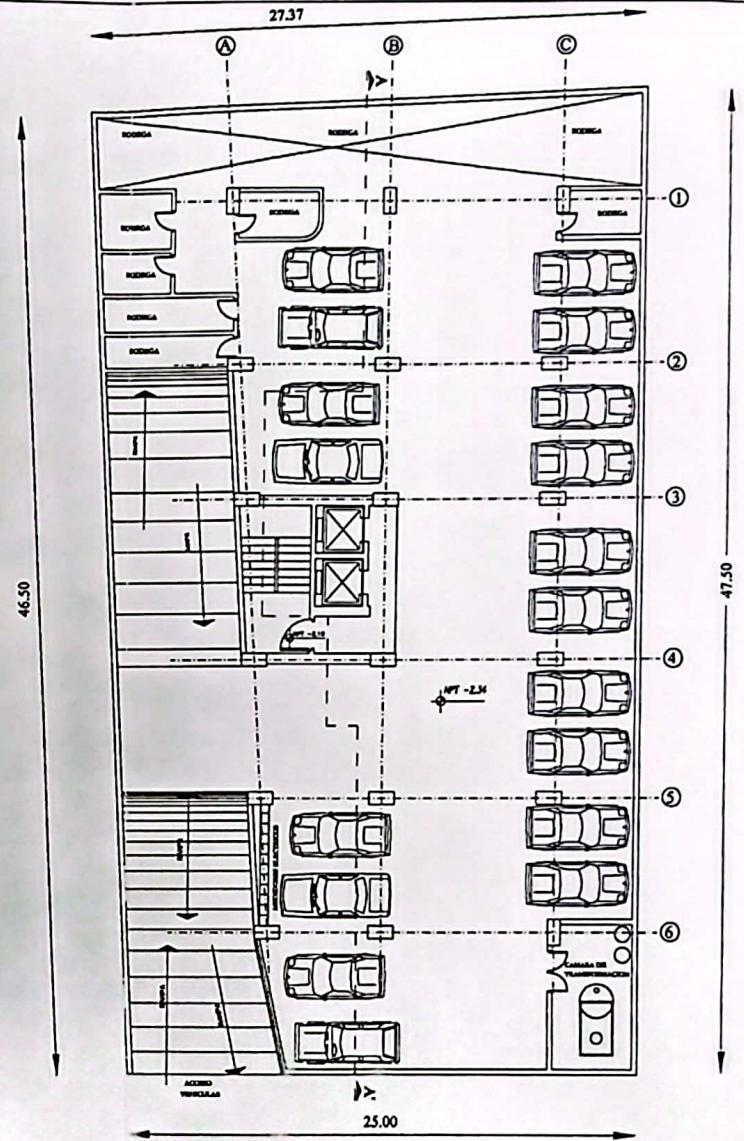
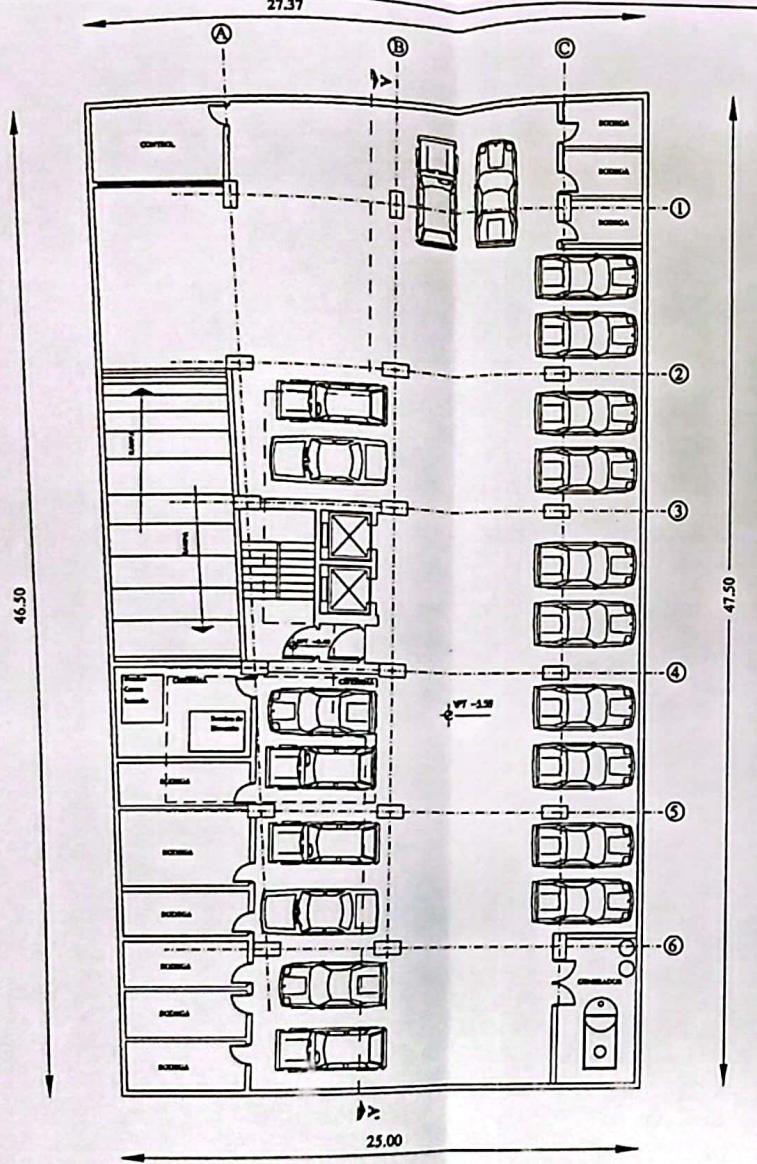
VISTA GENERAL esc. 1:750



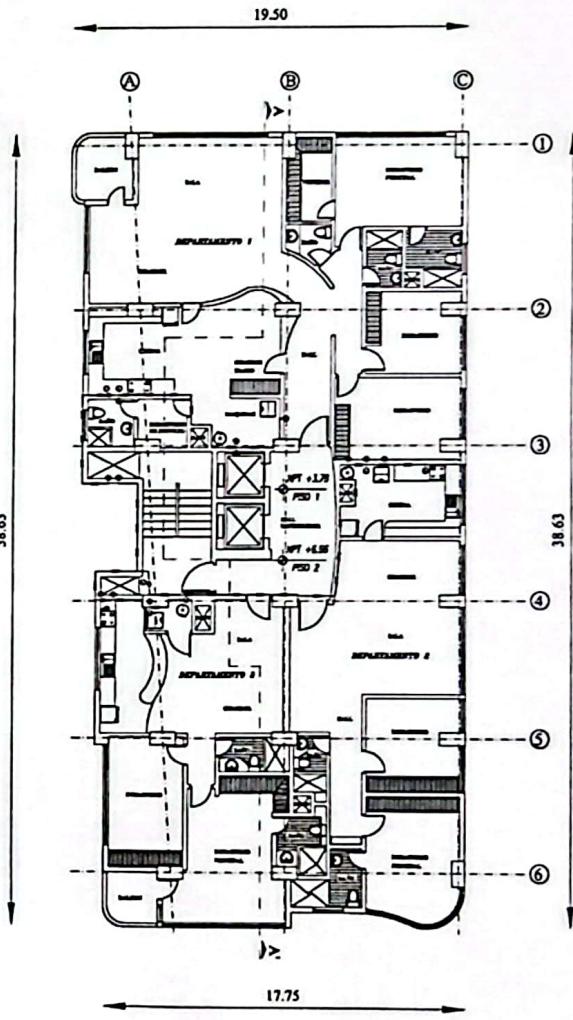
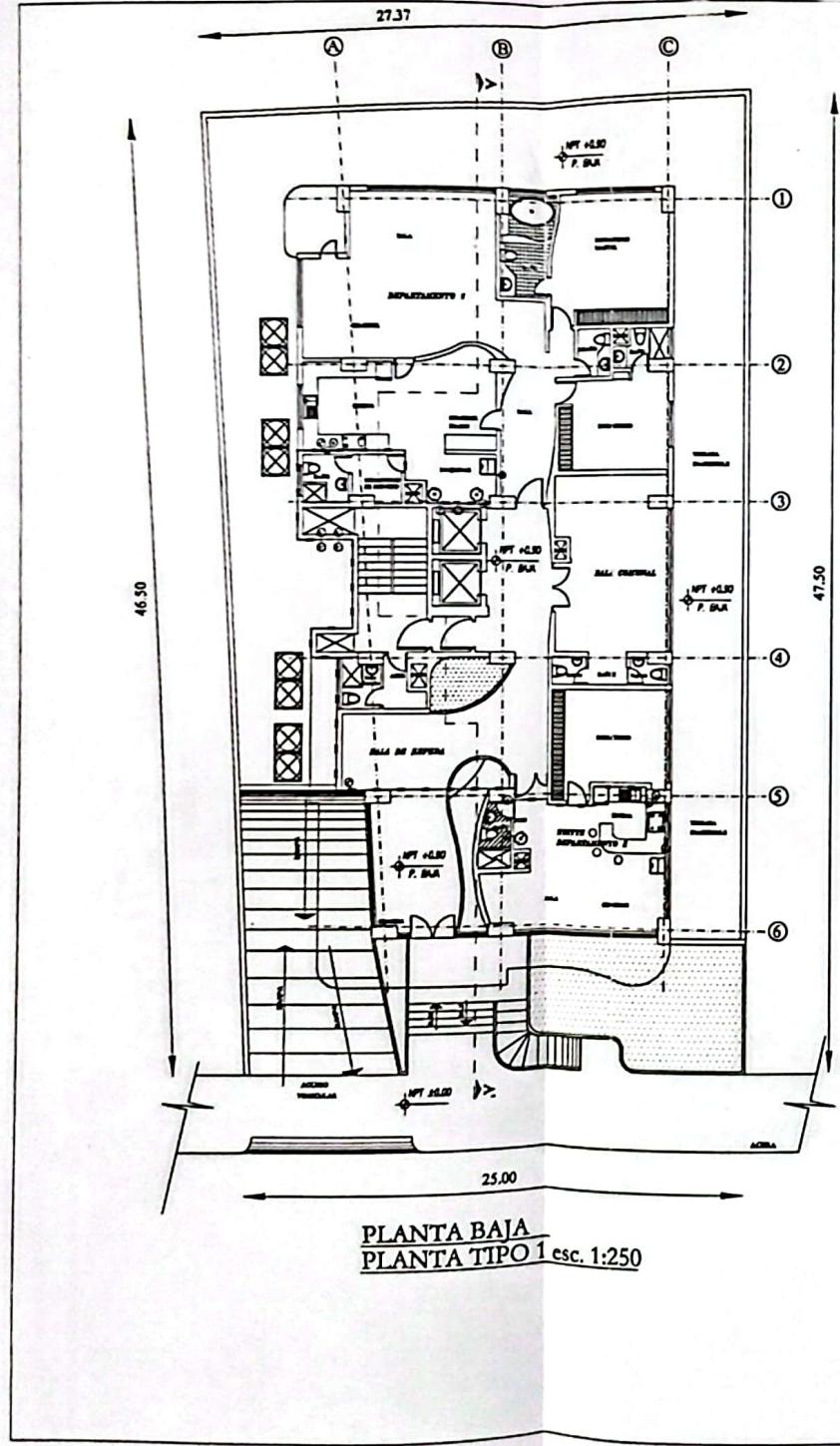
CORTE LONGITUDINAL A-A' esc. 1:250

FIMCP - ESPOL		FECHA: 11/06/03	NOMBRE: H. Escalante
PROYECTO:		METRICO: 11/06/03	ING. Pacheco
SISTEMA DE GAS GLP EN CONDOMINIO		UNIDAD: 1	
Escala: 	CONTIENE: VISTA DE PLANTA CORTE LONGITUDINAL A-A'	MATERIAL:	
		MATERIAL:	
		NADA (0)	

1



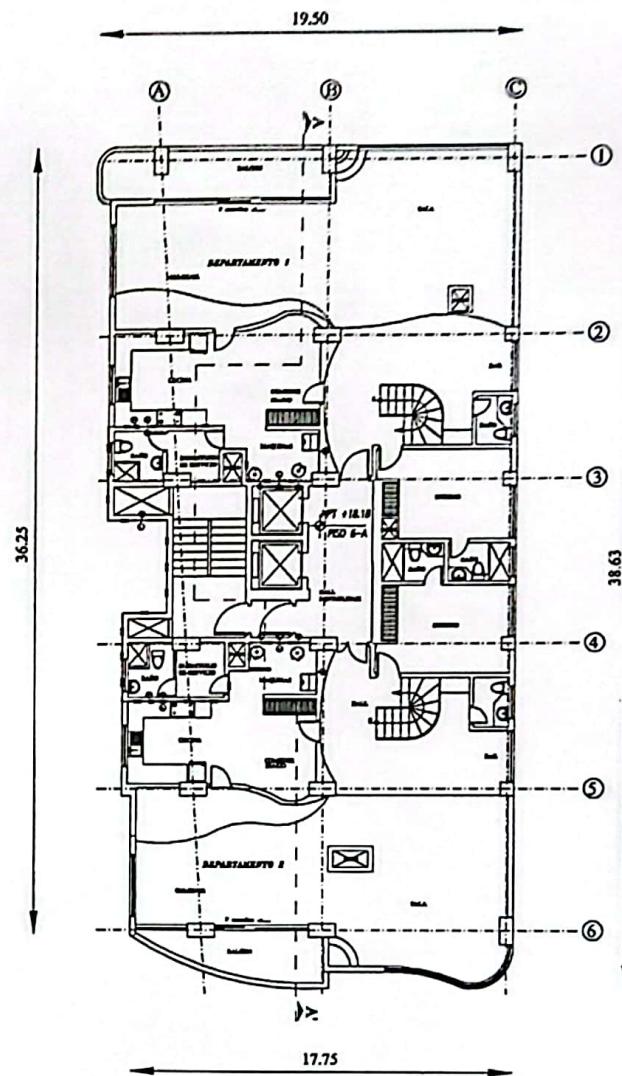
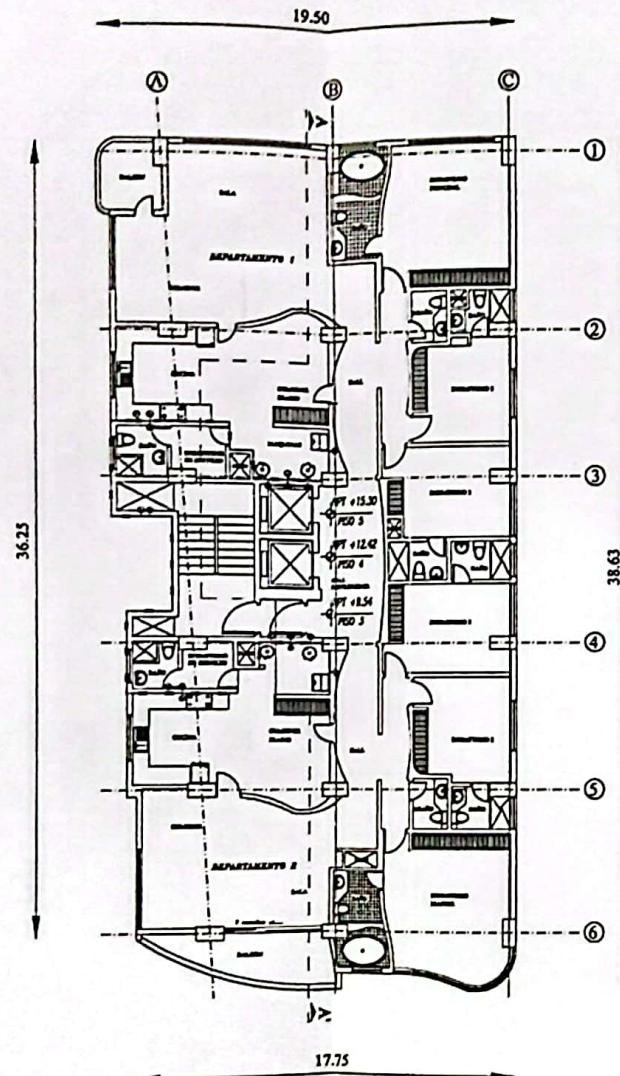
FIMCP - ESPOL			FECHA Dibujó 11/08/03 H. Escalante Revisó 11/08/03 Ing. Pacheco	NOMBRE PLANO INC.
PROYECTO:	ESCALA:	CONTENIDO:		
SISTEMA DE GAS GLP EN CONDOMINIO	1:250	VISTA DE PLANTA DE SUBSUELO 2 - SUBSUELO 1		MATERIAL:
				MASA (kg)



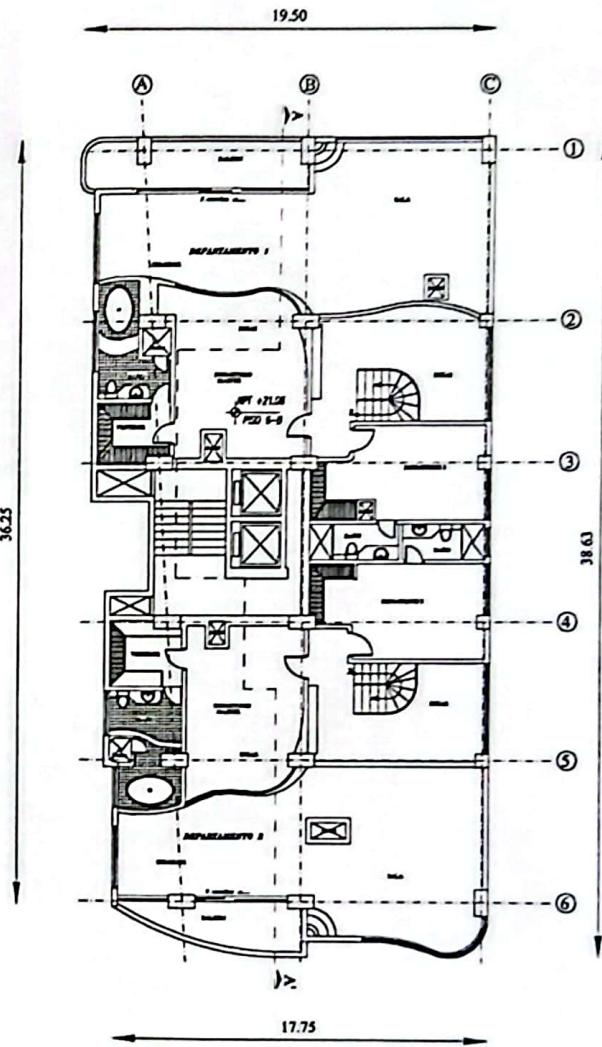
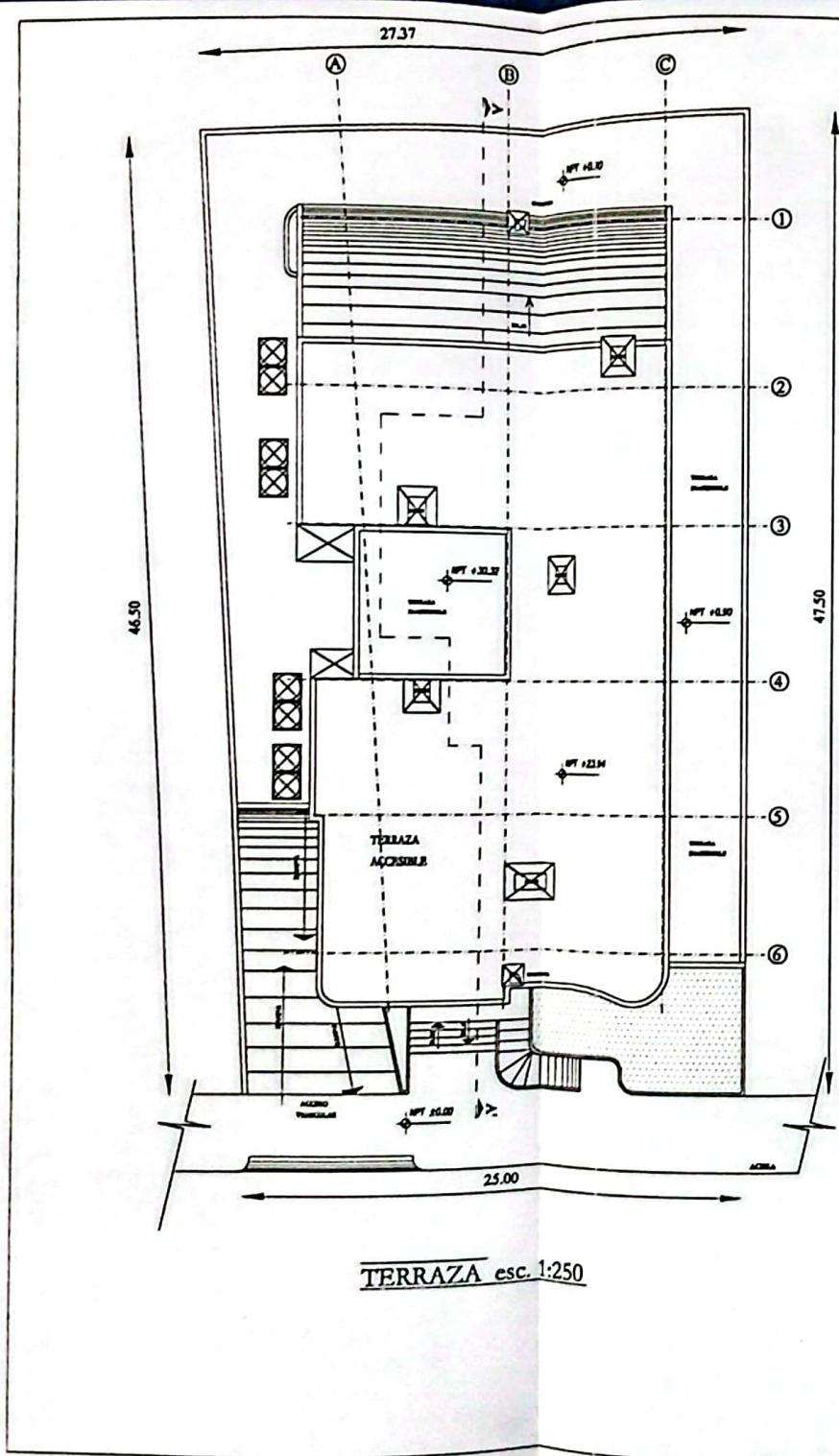
PISO 1 - PISO 2
PLANTA TIPO 2 esc. 1:250

FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
PROYECTO:		Dibujó	H. Encalante
SISTEMA DE GAS GLP EN CONDOMINIO		Revisó	Ing. Pacheco
VISTA DE PLANTA DE		PLANO Nro.	
PLANTA BAJA - PISO 1 - PISO 2		MATERIAL:	
1:250	MAPA (m)		

3



FIMCP - ESPOL		
PROYECTO:		
SISTEMA DE GAS GLP EN CONDOMINIO		
ESCALA:	1:250	CONTENIDO: VISTA DE PLANTA DE PISO 3 - PISO 4 - PISO 5 - PISO 6-A MATERIALES
FECHA:	NOMBRE:	
Dibujó: 11/09/03	H. Escalante	
Revisó: 11/09/03	Ing. Pacheco	
PLANO N°:		
		4
MASAS (kg)		

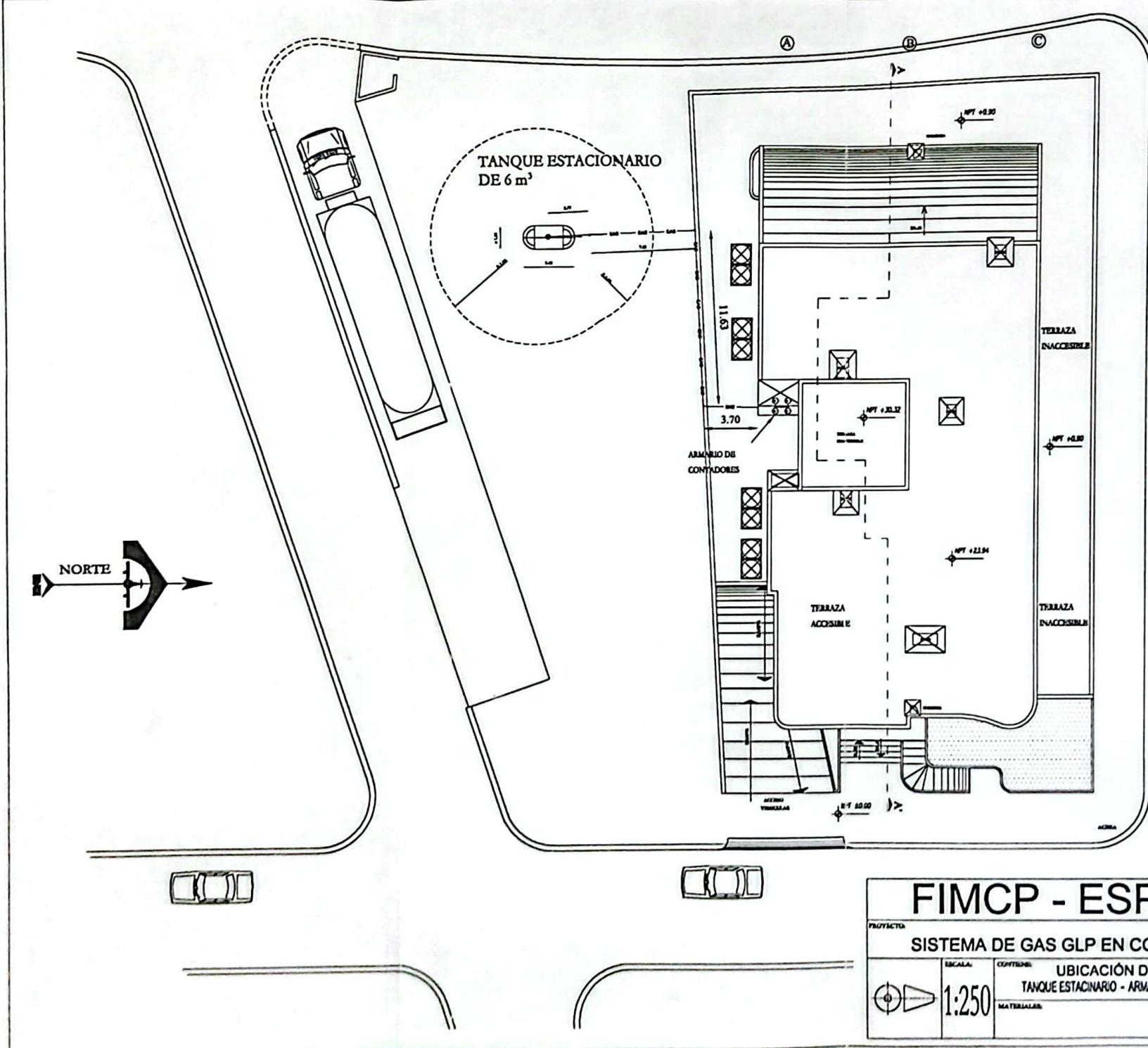


PISO 6-B
PLANTA TIPO 5 esc. 1:250

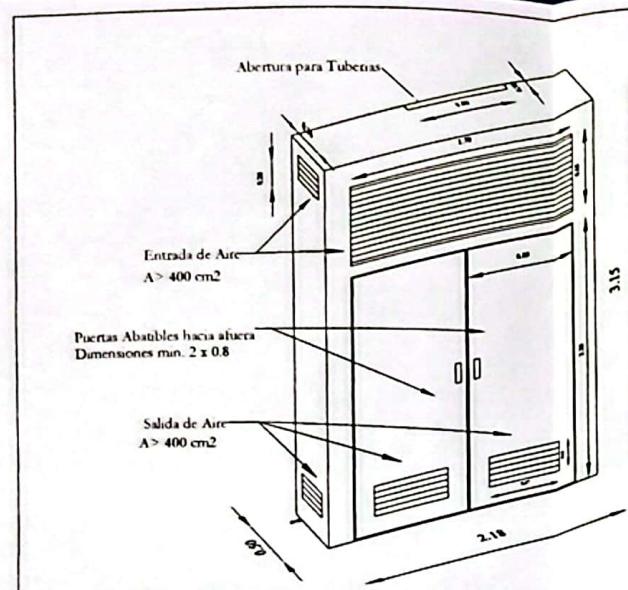
FIMCP - ESPOL

SISTEMA DE GAS GLP EN CONDOMINIO

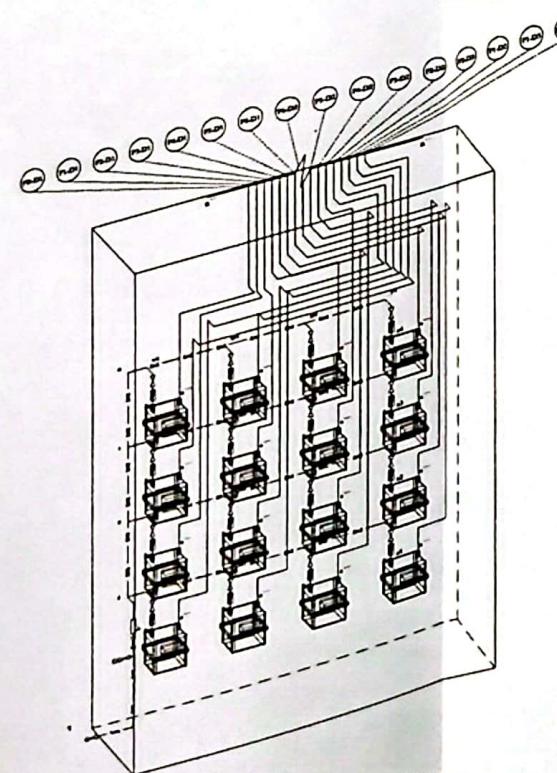
FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
		Dibujó 11/09/03	H. Escalante
		Revisó 11/09/03	Ing. Peñate
PROYECTO:		PLANO N°	
SISTEMA DE GAS GLP EN CONDOMINIO		5	
	ESCALA: 1:250	CONTENIDO: VISTA DE PLANTA DE TERRAZA - PISO 6-B	MATERIAL:
		MASAJ. ING.	



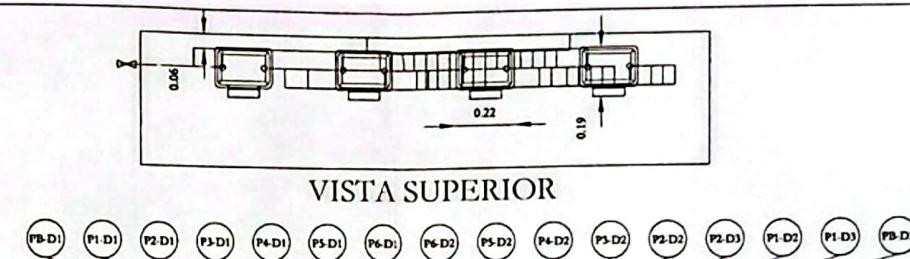
Escaneado con CamScanner



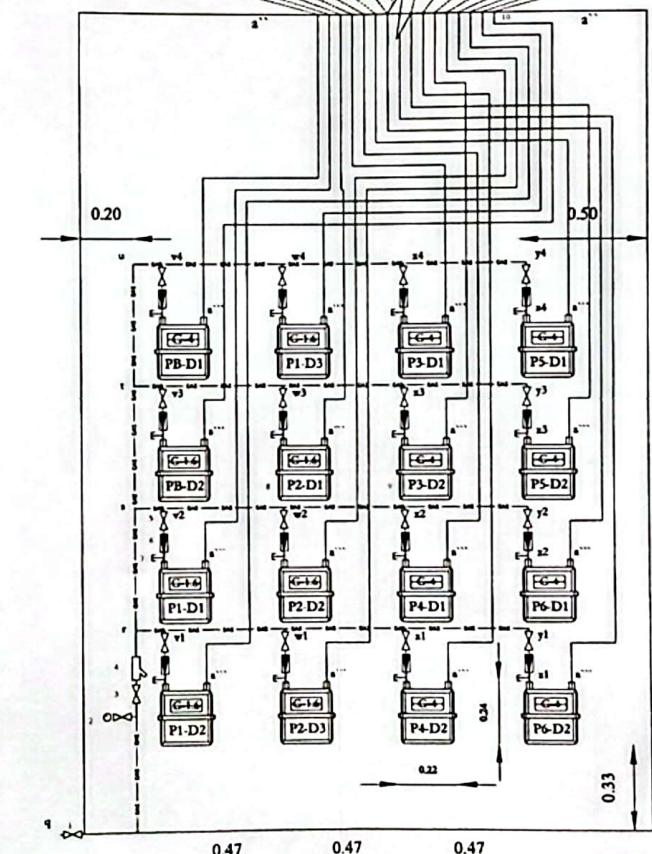
ARMARIO DE CONTADORES Esc. 1:40



DISTRIBUCIÓN DE CONTADORES Esc. 1:30



VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL
Esc. 1:20

TRAMOS DESDE ENTRADA DEL ARMARIO DE CONTADORES A ENTRADA DE CONTADORES G16 G-4			
ITEM	DISTANCIAS (m)	ITEM	DISTANCIAS (m)
1	q-1	1.14	w1-x1-w2-z2 0.47
2	x-1	0.47	w3-z3-w4-z4
3	z-1	0.47	x1-y1-z2-y2 0.47
4	t-u	0.47	x3-z3-w4-y4
5	x1-w1-w2 x3-w3-w4-w1	0.12	y1-z1-y2-z2 y3-z3-y4-z4 0.47
6	x1-w1-w2-w2 x3-w3-w4-w1	0.47	

LONGITUDES DESDE SALIDA DEL CONTADOR A ABERTURA DEL ARMARIO DE CONTADORES			
ITEM	DISTANCIA x - z (m)	ITEM	DISTANCIA x - z (m)
1	PB-D1 1.68	9	P3-D1 1.59
2	PB-D2 3.41	10	P3-D2 1.90
3	P1-D1 2.67	11	P4-D1 2.37
4	P1-D2 1.26	12	P4-D2 3.21
5	P1-D3 2.43	13	P5-D1 2.10
6	P2-D1 1.79	14	P5-D6 2.60
7	P2-D2 3.23	15	P6-D1 3.25
8	P2-D3 3.75	16	P6-D2 3.76

COMPONENTES DEL ARMARIO DE CONTADORES		
ITEM	DESCRIPCION	CANT
1	LLAVE DE ARMARIO	1
2	LLAVE DE CORTE CON MANOMETRO	1
3	LLAVE DE CORTE	1
4	FILTRO	1
5	LLAVE DE ABONADO	16
6	REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA	16
7	TOMA DE PRESION	16
8	CONTADOR DE DIAPRAGMA TIPO G-16	7
9	CONTADOR DE DIAPRAGMA TIPO G-4	9
10	TUBERIA ASCENDENTE	1
11	ARMARIO DE CONTADORES	1

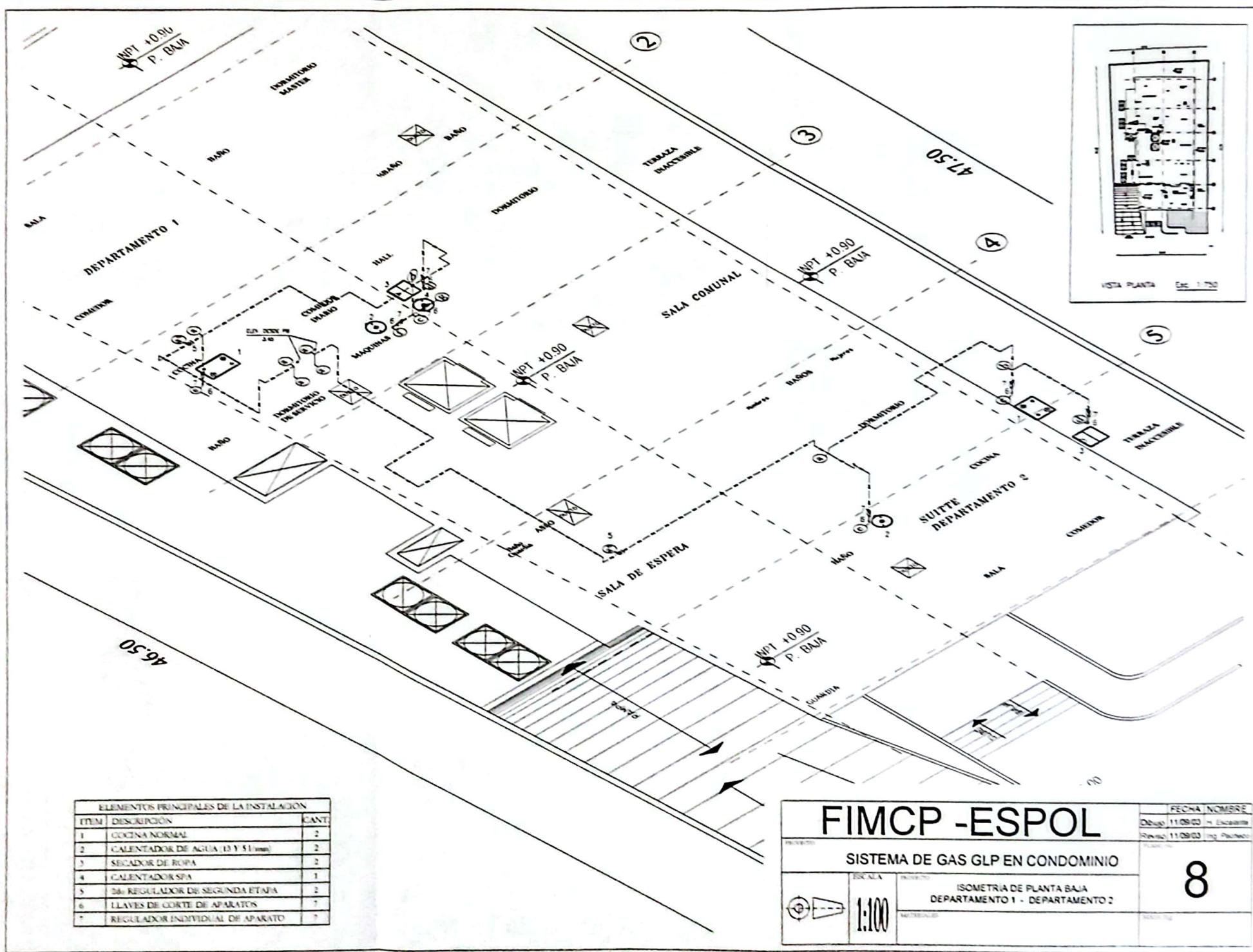
FIMCP - ESPOL

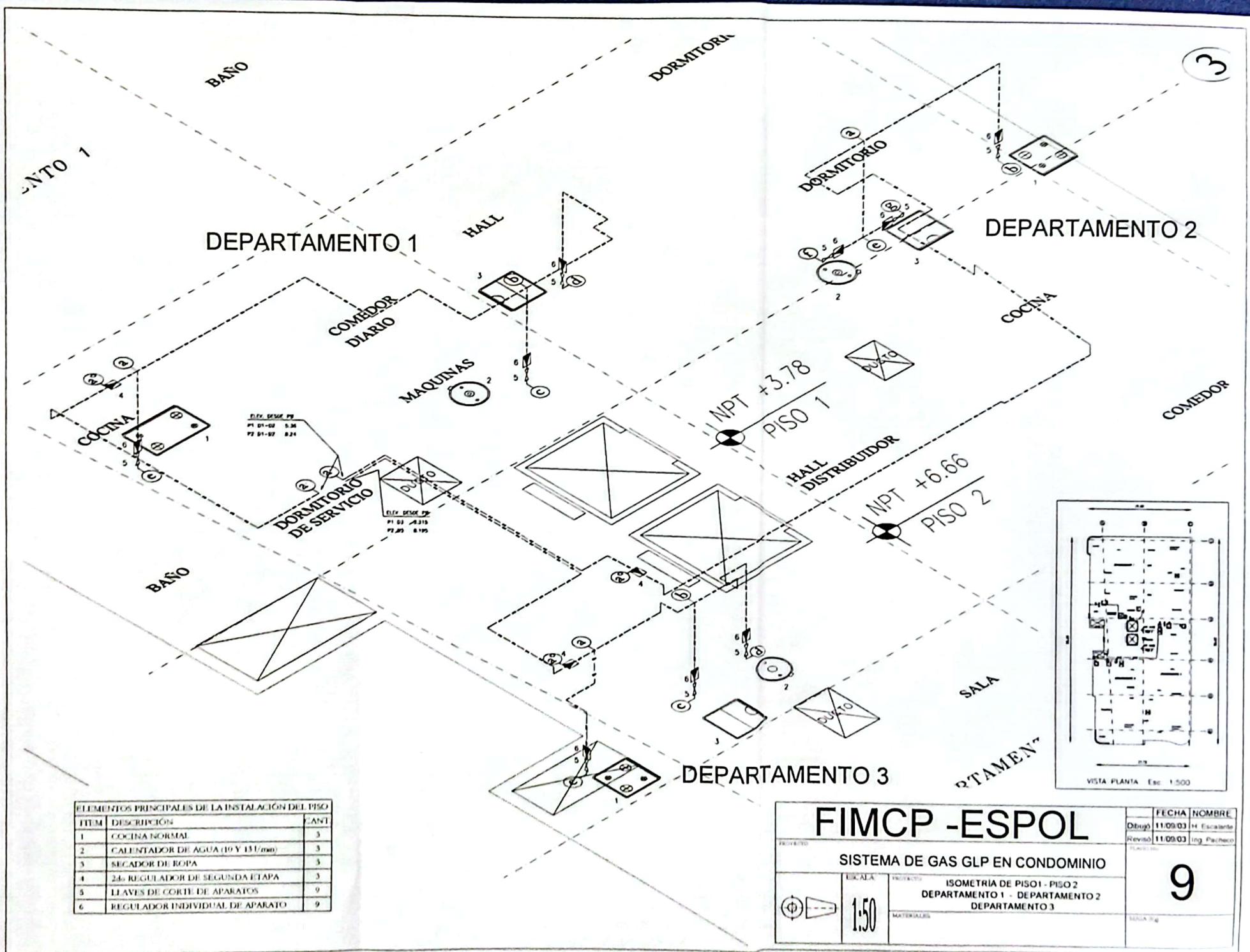
SISTEMA DE GAS GLP EN CONDOMINIO
VISTA SUPERIOR - VISTA FRONTAL
ISOMETRIA DE ARMARIO Y DISTRIBUCIÓN
DE CONTADORES

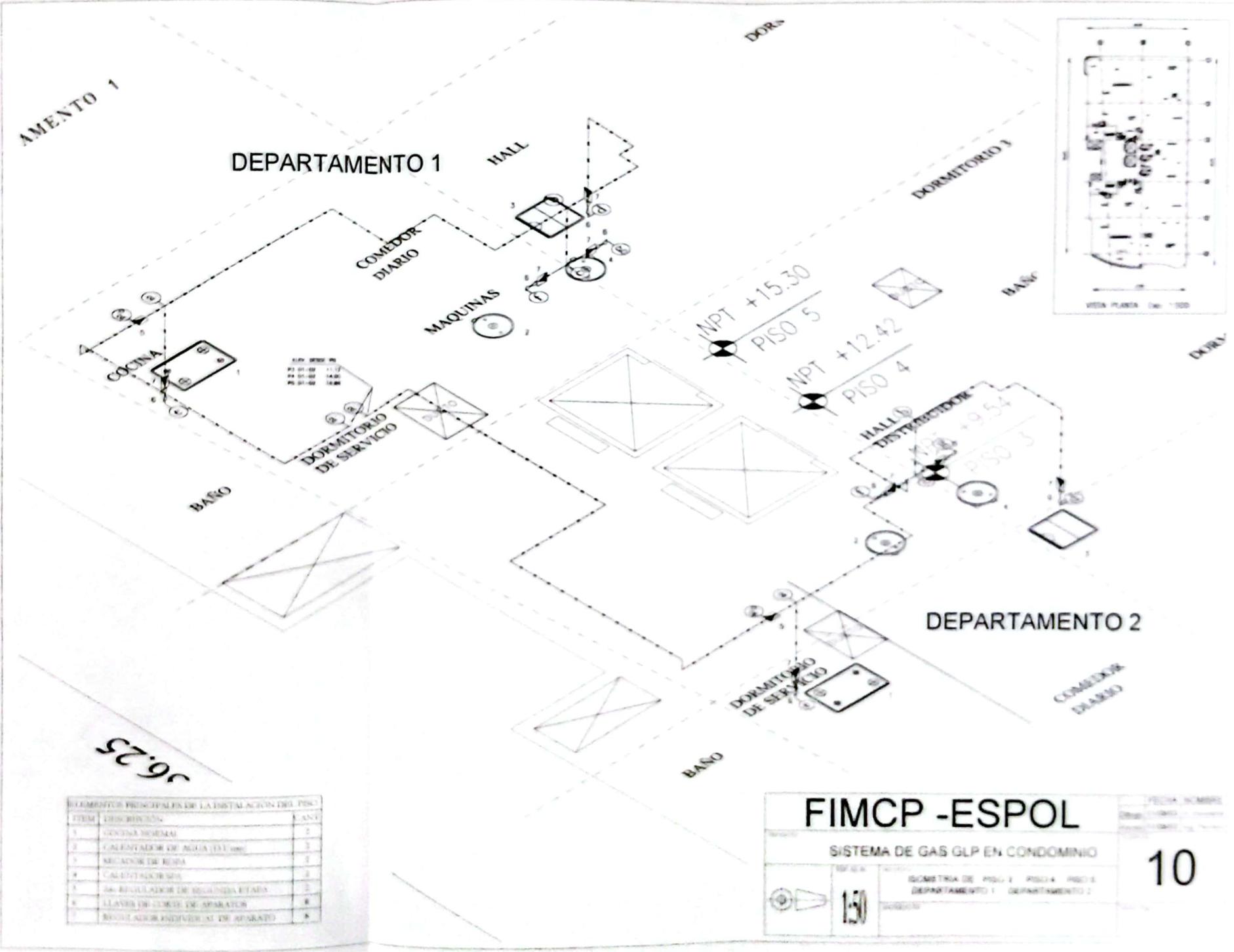


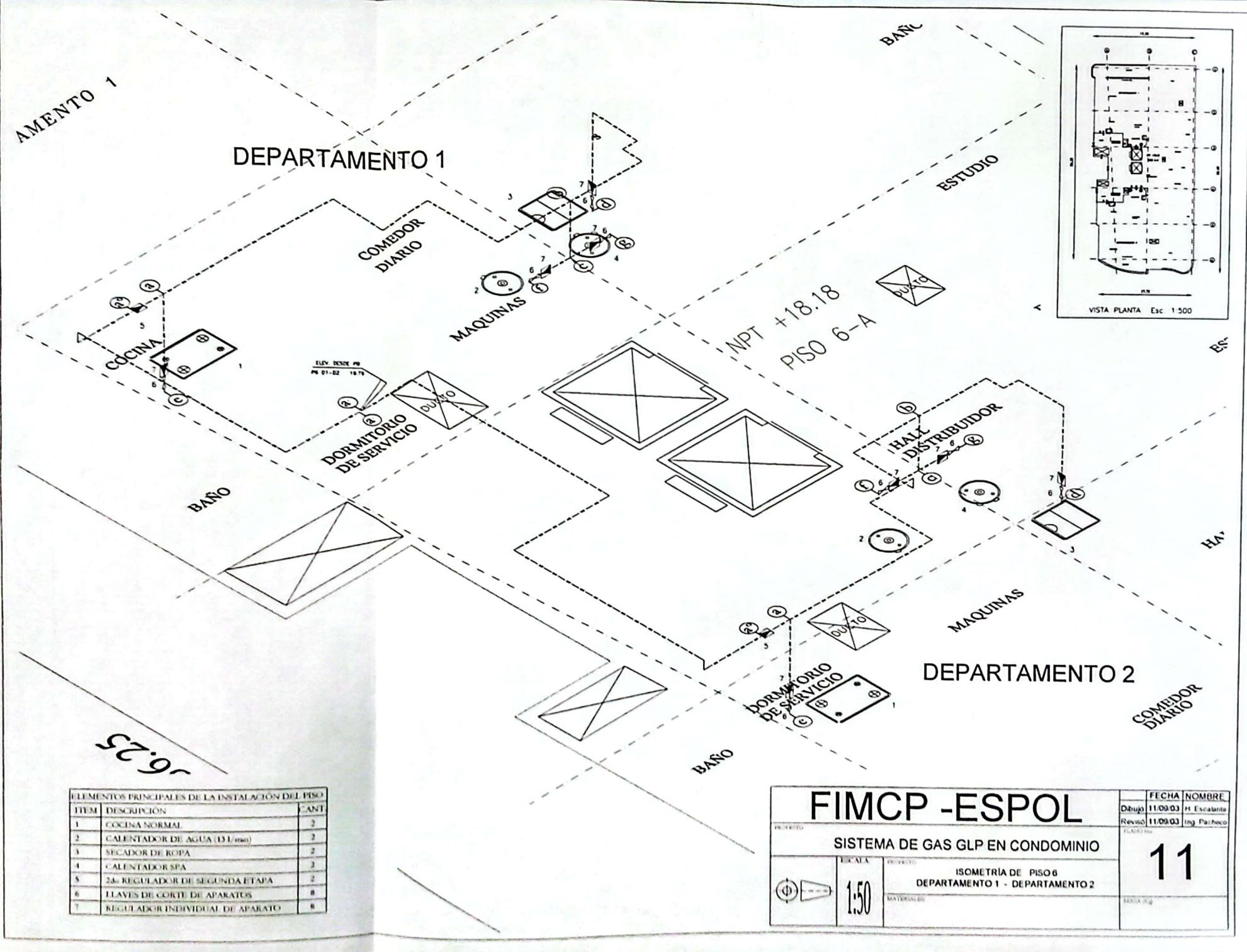
MATERIALIZADO

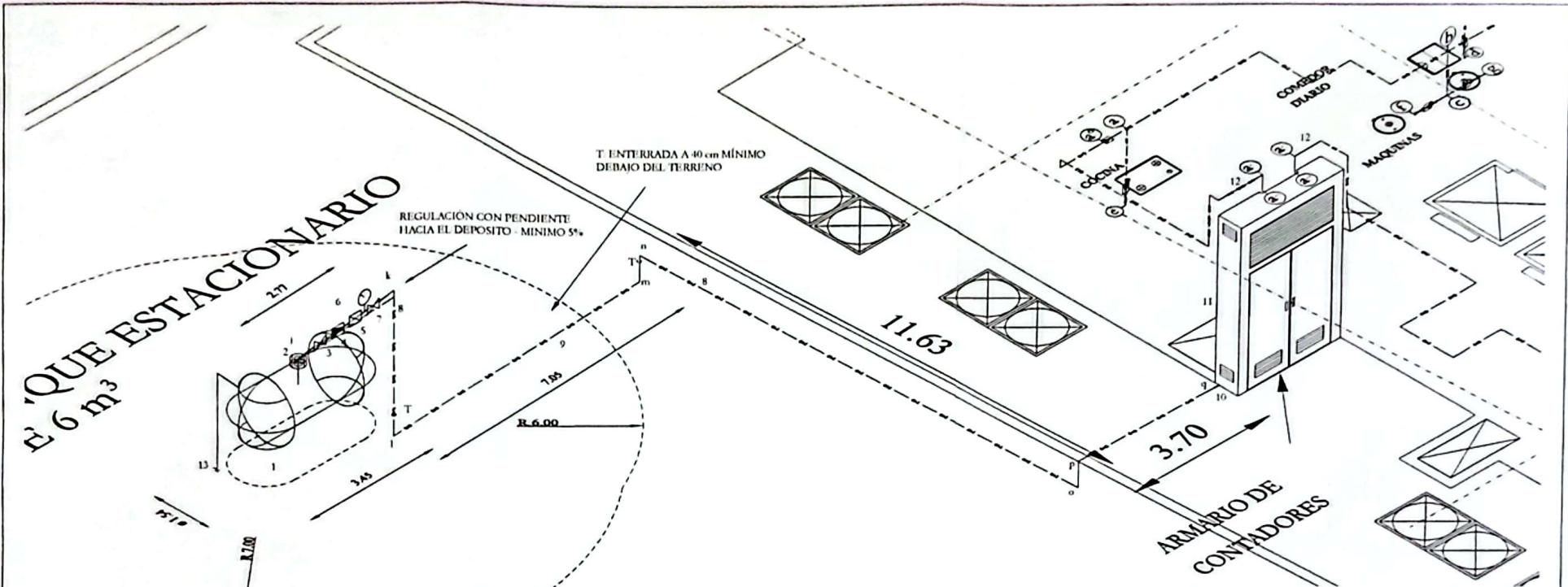
FECHA	NOMBRE
Dibujó 11/09/03	H. Escalante
Revisó 11/09/03	Ing. Pacheco
PLANO Nro.	
7	











ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN DEL TANQUE		
ITEM	DESCRIPCION	CANT.
1	TANQUE HORIZONTAL DE 6 m ³	1
2	LLAVE DE DEPOSITO	1
3	LLAVE DE CORTE ALTA PRESIÓN	1
4	REGULADOR DE ALTA PRESIÓN	1
5	LIMITADOR / DISPOSITIVO DE SEGURIDAD	1
6	MANOMETRO	1
7	LLAVES DE CORTE DE BAJA PRESIÓN (INICIO DE INSTAL. RECEPTORA)	1
8	TUBERIA EXTERIOR AEREA	1
9	TUBERIA EXTERIOR ENTERRADA	1
10	LLAVE DE CORTE EXTERIOR DEL ARMARIO	1
11	ARMARIO DE CONTADORES	1
12	INSTALACION INDIVIDUAL	1
13	CABLE DE COBRE DESNUDO DE 35 mm ²	1

FIMCP -ESPOL

SISTEMA DE GAS GLP EN CONDOMINIO

	ESCALA 1:100 1:100	 ISOMETRIA DE UBICACION DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO MATERIALIZADO	FECHA: 11/09/03 NOMBRE: H. Escalante Dibujó: 11/09/03 Revisó: 11/09/03 Ing. Peñachio PLANO N°: 12
---	--------------------------	--	--

12