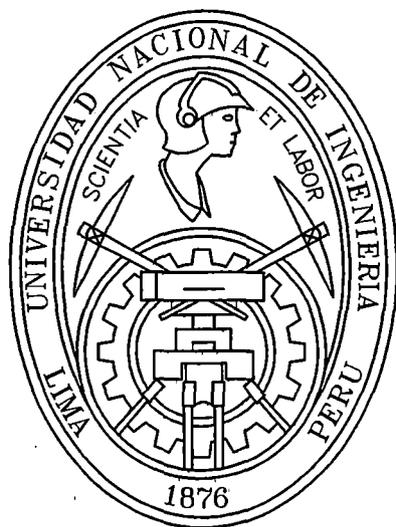


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES DE GAS
LICUADO DE PETROLEO Y DE GAS NATURAL PARA USO
COMERCIAL”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TAREX EVERALDO ROJAS DÁVILA

Lima- Perú

2007

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

A mis Padres y Hermanos:
Por haberme apoyado siempre en estos años de estudio,
Tanto moral, como espiritualmente,
Creo que nunca terminare de agradecerles.

A mis Maestros:

Por haberme transferido sólidos conocimientos,

Por haberme enseñado a ser constante y buscar la perfección en las cosas,

Por haberme enseñado que no es una utopía lograr todas las cosas que uno se propone.

Índice	
Resumen	05
Introducción	07
Lista de figuras	10
Lista de tablas	12
Capítulo 1: Generalidades	
1.1 Introducción e Importancia del uso del Gas en Establecimientos Comerciales	13
1.2 Generalidades sobre la Instalación de Gas para Uso Comercial	13
Capítulo 2: Aspectos Teóricos Básicos para el uso del Gas	
2.1 Fluido Compresible	14
2.1.1 Familia de Gases	15
2.1.1.1 Primera Familia: Los Gases Manufacturados	15
2.1.1.2 Segunda Familia: Los Gases Naturales	16
2.1.1.3 Tercera Familia: Los Gases Licuados de Petróleo	16
2.2 Concepto de Presión	16
2.2.1 Aparatos para Medir la Presión	17
2.3 Caudal	17
2.3.1 Concepto de Caudal	17
2.3.2 El Caudal de Gas	18
2.3.2.1 En Condiciones Normales	18
2.3.2.2 En Condiciones Estándares	19
2.4 Estudio de la Combustión de los Gases	19
2.4.1 Poder Calorífico	21
2.4.2 Índice de Wobbe	21
2.4.3 Aire Necesario para la Combustión	22
2.4.4 Rendimiento de la Combustión	23
2.4.5 Límites de Inflamabilidad	23
2.4.6 Cálculo de la Densidad Relativa de una Mezcla de Gases	25
2.5 Pérdidas de Carga por Fricción en las Tuberías	26
2.5.1 Cálculo Mediante las Formulas de Renouard	27
2.5.1.1 Fórmula de Renouard para Baja Presión	27
2.5.1.2 Fórmula de Renouard para Media y Alta Presión	28
2.5.2 Cálculo de la Pérdida de Carga Mediante Tablas	28
2.5.3 Cálculo de la Pérdida de Carga Mediante Gráficos	31

Capítulo 3: Artefactos a Gas.

3.1	Artefactos a Gas Usados en Comercios	32
3.2	Potencias Nominales y Útil de los Artefactos	32
3.3	Demanda de los Artefactos	33

Capítulo 4: Diseño.

4.1	Depósitos de GLP	34
4.1.1	Cilindros de 45 Kg	35
4.1.1.1	Cálculo del Factor de Simultaneidad	35
4.1.1.2	Cálculo de la Cantidad de Cilindros	35
4.1.1.3	Gabinete para Cilindros de 45 Kg	35
4.1.1.4	Medidas de Seguridad para los Cilindros de Gas Licuado	36
4.1.2	Tanques de Almacenamiento	37
4.1.2.1	Medidas de Seguridad en la Instalación de los Tanques	37
4.1.2.2	Distancias Mínimas de Seguridad para los Tanques	37
4.2	Criterios de Diseño	39
4.3	Diseño de la Línea de Consumo	
4.3.1	Presiones de Operación	39
4.3.2	Presiones de Suministro para los Artefactos de Gas	40
4.3.3	Esquema de la Instalación y División en Tramos	40
4.3.4	Caudal Probable por Tramo	44
4.3.5	Cálculo del Diámetro de la Tubería	44
4.3.5.1	Mediante Tablas	44
4.3.5.1.1	Tablas Para Gas en Baja Presión	45
4.3.5.1.2	Tablas Para Gas en Media Presión	45
4.3.5.2	Mediante las Fórmulas de Renouard	45
4.3.5.2.1	Formula para Baja Presión (BP)	45
4.3.5.2.2	Formula para Media y Alta Presión (MP y AP)	46
4.3.5.3	Mediante las Fórmulas de Pole	46
4.4	Tuberías, Accesorios y demás Elementos de la Instalación.	
4.4.1	De las Tuberías	47
4.4.1.1	Tuberías de Cobre	48
4.4.1.2	Tuberías de Acero	49
4.4.1.3	Tubos de Pe/Al/Pe	51
4.4.2	De los Accesorios	52

4.4.3	Válvulas y Sistema de Control	56
4.4.4	Limitadores	58
4.4.5	Inversores	60
4.4.6	Medidores y Reguladores	61
4.4.8	Los Quemadores	64
Capítulo 5: Especificaciones para las instalaciones.		
5.1	Descripción de una Red	66
5.2	Profundidad de los Arranques de la Matriz Interior	67
5.3	Tuberías enterradas	67
5.4	Formas de Instalar la Tubería en el Interior	69
5.4.1	Tuberías Vistas	70
5.4.2	Tuberías Alojadas en Vainas	70
5.4.3	Tuberías Empotradas	75
5.5	Uniones de Tubos	76
5.5.1	Unión mecánica	76
5.5.2	Unión roscada	77
5.5.3	Unión con Soldadura	77
5.5.3.1	Soldadura Capilar Fuerte	78
5.5.3.2	Soldadura Eléctrica	81
5.6	Instalación de Medidores o Contadores	85
5.7	Elementos Auxiliares en la Instalación de Tuberías	86
5.7.1	Elementos para Sujetar las Tuberías	86
5.7.2	Pasamuros	89
5.8	Sifones y Cámara Sifón	93
5.9	Instalación de los Artefactos	94
5.10	Pruebas Obligatorias Antes de la Puesta en Servicio de la Instalación	94
5.10.1	Prueba de Estanqueidad en una Instalación de Baja Presión	95
5.10.2	Prueba de Estanqueidad en una Instalación de Media Presión A y B	95
5.11	Detección y Reparación de Escapes	95
Capítulo 6: Conversión del Sistema de GLP a GN		
6.1	Teoría de Conversión	96
6.1.1	Primera Alternativa: Cambiar el diámetro de la tubería	96
6.1.2	Segunda Alternativa: Cambiar los Reguladores	96

6.2	Adaptación de los Artefactos	96
Capítulo 7: Medidas de Seguridad		
7.1	Evacuación de los Productos de la Combustión	98
7.2	Incendios	99
7.2.1	Deflagraciones	100
7.2.2	Explosión	100
7.2.3	Detonación	100
7.3	Intoxicaciones	101
7.4	Prevención Contra el Fuego Clase C (Fuego de Gases)	102
7.5	Detectores de Gas	103
7.6	Protección Contra Fuego	104
7.6.1	Extintores de Polvo Químico Seco (P.Q.S.)	106
7.6.2	Extintores de Anhídrido Carbónico (CO ₂)	106
7.6.3	Extintores de Agua a Presión	106
7.6.4	Extintores de Espuma	106
7.6.5	Extintores de Halón	107
Capítulo 8: Aplicación a un diseño (Centro comercial Plaza Lima Sur)		
8.1	Memoria de cálculo y plano de Instalaciones de GLP	109
8.2	Memoria de cálculo y plano de Instalaciones de Gas Natural	127
8.3	Estimado del ahorro mensual con energías alternativas por Locatario	145
Conclusiones		156
Recomendaciones		157
Bibliografía		158
Anexo		
Anexo 1:	Planos de GLP	159
Anexo 2:	Planos de GN	160
Anexo 3:	Fotográfico	161
Anexo 4:	Signos, Conversiones y Tablas	174
Anexo 5:	Términos Usuales	185
Anexo 6:	Principales Siglas utilizadas	188
Anexo 7:	Normas	189

RESUMEN

El presente trabajo de tesis se ha dividido en 8 capítulos, conclusiones, recomendaciones y una sección final de anexos.

En el primer capítulo se describe la importancia y aspectos generales de las instalaciones de gas para uso comercial.

En el segundo capítulo definimos conceptos teóricos fundamentales para hablar con propiedad y entender los parámetros de diseño, de esta forma, se describe a los fluidos compresibles, presión, caudal, combustión de gases y pérdidas de carga por fricción en tuberías.

En el tercer capítulo se describe los aparatos a gas para uso comercial más usuales, la demanda o consumo y la eficiencia de los mismos.

En el cuarto capítulo veremos el diseño de las instalaciones y su dimensionamiento en función de la demanda estimada, tanto para gas natural como glp.

En el quinto capítulo veremos las especificaciones en las instalaciones desde la etapa de ejecución de las obras, hasta las pruebas necesarias para dar por aceptada la instalación.

En el sexto capítulo veremos la conversión de los sistemas de gas licuado existentes que ahora desean usar gas natural.

En el séptimo capítulo veremos las medidas de seguridad que se deben adoptar en cuanto a la ventilación para la eliminación de los productos de la combustión no dañen a los usuarios, describiremos el detector de gas como medida preventiva ante alguna fuga de gas, que hacer en el caso de alguna intoxicación por gas y las formas de mitigar un incendio.

En el octavo capítulo se muestra un diseño de cálculo y dimensionamiento del centro comercial Plaza Lima Sur.

Además en el presente estudio de tesis será de gran utilidad a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil y otras especialidades, como fuente de consulta, debido al

desarrollo de esta nueva etapa laboral en el país y con ello la necesidad de profesionales capacitados en esta materia.

En el diseño y dimensionamiento de la instalación de gas para el centro comercial, se ha tomado en cuenta las diversas tecnologías presentadas incluyendo las tuberías para la conducción de gas que ofrece el mercado y la demostración del abaratamiento de costos con la utilización de nuevas energías.

INTRODUCCION

En el diseño de las instalaciones de gas para ambos combustibles GLP y GN, se ha logrado tener resultados comparativos bastante apreciables con respecto a otros tipos de energía, teniendo como ventajas principales la economía y el cuidado del medio ambiente gracias a la baja producción de contaminantes por parte de estas energías nuevas.

De lo mencionado anteriormente se ha tomado como objetivo principal de este trabajo de tesis, **el diseño, dimensionamiento y puesta en funcionamiento de una instalación de gas de tipo comercial**, se ha tomado en cuenta las diversas tecnologías de tuberías para la conducción de gas que ofrece el mercado y la demostración del abaratamiento de costos con la utilización de nuevas energías..

LISTA DE FIGURAS

Figura N°	Título	Pág.
2.01	Diagrama de caudales	17
2.02	Variación de presiones en una tubería	18
2.03	Quemador típico	19
4.01	Cilindro de GLP	34
4.02	Disposición de cilindros dentro de una caseta	36
4.03	Esquema de una instalación para un solo comercio	41
4.04	Numeración de los tramos de la instalación	41
4.05	Esquema de una instalación colectiva	42
4.06	Esquema Simplificado de una instalación colectiva	43
4.07	Tubería de PALP	51
4.08	Accesorios de las tuberías de cobre rígido	52
4.09	Accesorios de las tuberías de cobre rígido	53
4.10	Accesorios de las tuberías de acero	54
4.11	Soldadura eléctrica en tuberías de acero	55
4.12	Válvula diseñada para gas	56
4.13	Válvula mostrando las posiciones abierto y cerrado	57
4.14	Dispositivo de recogida de condensados o decantador	58
4.15	Limitador de presión	59
4.16	Limitador de caudal	60
4.17	Válvula de retención	60
4.18	Inversores	61
4.19	Grafico de medidores	62
4.20	Medidor volumétrico	63
4.21	Regulador	63
4.22	Quemador de gas	64
4.23	Quemador atmosférico	65
5.01	Distancias mínimas de la tubería enterrada	67
5.02	Reducción de la carga sobre la tubería	67
5.03	Sección de una zanja para enterrar una tubería a gas	68
5.04	Tuberías Vistas	70

5.05	Conducto para contener una o más tuberías	70
5.06	Vaina de protección mecánica en un garaje (tubería vertical)	71
5.07	Vaina de protección mecánica para una tubería horizontal	72
5.08	Protección mecánica de una tubería de gas en una cocina	72
5.09	Protecciones mediante vaina de media caña y vaina entera	73
5.10	Ventilación por los extremos, en un primer sótano	74
5.11	Ventilación en una cámara no ventilada	74
5.12	Conductos decorativos para ocultar la tubería de gas	75
5.13	Picado vertical en una pared para esconder la tubería	75
5.14	Cajetín para contener una llave	76
5.15	Unión mecánica en las tuberías de cobre flexible	77
5.16	Soldadura Capilar Fuerte	78
5.17	Aparato cortatubos	79
5.18	Aplicación de fundente en un proceso de soldadura	79
5.19	Acople de tubos entre sí en un proceso de soldadura	79
5.20	Aplicación de llama sobre tubo de cobre en proceso de soldadura	80
5.21	Aplicación de metal de aporte en proceso de soldadura	80
5.22	Retiro de restos de fundente una vez efectuada la soldadura	80
5.23	Evaluación final de la calidad de la soldadura	81
5.24	Representación de la relación tensión/tiempo para la corriente alterna	82
5.25	Representación de la relación tensión/tiempo para la corriente continua	82
5.26	Grupo convertidor de la corriente alterna en continua	83
5.27	Electrodo de soldar por arco	83
5.28	Equipo de soldeo por arco eléctrico	84
5.29	Formación del cordón de soldadura	84
5.30	Instalación de medidores	85
5.31	Soportes para sujetar las tuberías en las paredes	86
5.32	Distancias de las tuberías al techo, a la pared y entre tubos, cuando discurren por el techo	88
5.33	Soporte de tuberías en el cielo raso	89
5.34	La distancia mínima entre la tubería de gas y el pasamuros de protección	89

5.35	Pasamuros en la pared del mismo local	90
5.36	Pasamuros en una pared que separa dos locales distintos	90
5.37	Pasamuros de techo	91
5.38	Pasamuros de fachada	92
7.01	Exposímetro	104

Capítulo 1: Generalidades

1.1 Introducción e Importancia del uso del Gas en Establecimientos Comerciales.

La mayoría de los comercios usan la energía calorífica como medio de transformación para la obtención de sus productos finales, y podemos mencionar algunos casos prácticos como por ejemplo el caso de una panadería que usa los hornos, el caso de un centro de comidas rápidas que usan los hornos pizzeros, las freidoras de papá, las parrillas, las cocinas y los calentadores de agua, y así podríamos seguir mencionando muchas aplicaciones practicas.

Para lograr los fines mencionados en el párrafo anterior se puede utilizar la energía eléctrica, diesel, gas licuado o gas natural. Además como se demuestra en este estudio, la relación de costos esta en el mismos orden que se han mencionado las energías alternativas empezando por la más cara, por otro lado el petróleo tiene la gran desventaja de ser contaminante. Por ello es importante el uso de gas en el sector comercial.

1.2 Generalidades sobre la Instalación de Gas para Uso Comercial.

En líneas generales la instalación de gas empieza con la toma del combustible en la acometida para el caso del gas natural o a la salida de los tanques de almacenamiento para el caso del gas licuado, es transportado mediante tuberías y concluye con la entrega del combustible en el punto de consumo de los aparatos.

Dentro del tramo de la tubería, nos encontraremos con sus respectivos accesorios, y con una serie de dispositivos como los reguladores, los medidores y las válvulas.

Capítulo 2: Aspectos Teóricos Básicos para el uso del Gas

2.1 Fluido Compresible

Las siguientes características nos ayudaran a conocer mejor a los gases y, en consecuencia, a comprender el comportamiento de los mismos en las instalaciones.

Los gases no tienen forma ni volumen definido, ocupan cualquier recipiente que los contenga.

Los gases se difunden rápidamente. Dos gases cualesquiera se mezclan completamente cuando se combinan. Los gases se esparcen, se propagan, es decir, se difunden, con mayor rapidez que los líquidos, y estos últimos mucho más rápidamente que los sólidos.

Los gases son compresibles debido a la separación tan grande entre sus moléculas. "compresible" significa que se puede comprimir o reducir a menor volumen. Cuando un gas se comprime, de hecho lo que ocurre es que las moléculas que lo componen son forzadas a mantenerse cerca las unas de las otras, reduciéndose el espacio entre ellas.

Los gases tienen una densidad más baja que los líquidos y sólidos. Estos se comprimen también porque las moléculas de los gases están más separadas. Dado que los gases tienen una densidad muy baja, esta suele expresarse en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3). La densidad del gas varía considerablemente con los cambios de temperatura y presión.

En la siguiente tabla mostraremos las características de las partículas en los tres estados.

Cuadro Nº 2.01

PROPIEDADES	ESTADO		
	GASEOSO	LÍQUIDO	SÓLIDO
Organización de las partículas	Ampliamente separadas	No están separadas (hacen contacto)	Empaquetadas juntas unas con otras
Movimiento	Muy libre (aumenta con la temperatura)	Libremente (pero más lento que los gases)	Muy poco
Difusión	Fácil	Más lenta que en los gases	Muy lenta

Forma y volumen	Forma del recipiente sin volumen propio	Forma del recipiente, tiene volumen determinado	Determinados
Compresibilidad	Fácil	Difícil (solamente bajo presiones altas)	Muy difícil
Densidad	Baja	Alta	Alta

Fuente : [1]

2.1.1 Familia de gases

Los gases se clasifican por la familia a la que pertenecen, los más usados actualmente son los gases de la segunda y tercera familia.

2.1.1.1 Primera Familia: Los Gases Manufacturados o gas de Ciudad

A la Primera Familia pertenecen los gases manufacturados, este gas no es propiamente un producto natural, es el que se conoce popularmente con el nombre genérico de gas ciudad. En la actualidad se obtiene por "craqueado" de algunos productos de la destilación del petróleo; el craqueado consiste en "romper" las moléculas de los hidrocarburos, fenómeno que se logra a elevadas temperaturas (unos 1,300 °C), puede ser venenoso porque contiene monóxido de carbono, sin embargo por ser menos denso que el aire, por ello se disipa rápidamente en la atmósfera cuando hay fugas.

Las características de este gas, y de todos los gases en general, varían en su composición, pero una composición típica de gas de ciudad puede ser la siguiente [1]:

Composición:

Monóxido de carbono (CO).....	2.8 %
Hidrogeno (H ₂).....	53.0 %
Metano (CH ₄).....	23.0 %
Dióxido de Carbono (CO ₂).....	21.2 %

Características:

Densidad Relativa.....	0.54
Poder Calorífico Superior (PCS).....	4,200 a 4,250 Kcal/m ³ (n)
Presiones de utilización.....	70 a 120 mm c.a.
Índice de Wobbe aproximado.....	5,750 kcal/m ³ (n)

Los gases pertenecientes a la primera familia prácticamente ya no se fabrican por lo que el uso ha quedado discontinuado.

2.1.1.2 Segunda Familia: Los Gases Naturales (GN)

A diferencia del gas manufacturado, el gas natural se obtiene directamente de la tierra, sin necesidad de ningún tipo de elaboración propiamente dicha. Es, por tanto, un gas en estado natural, no manufacturado.

Lógicamente es necesario transportarlo desde el punto de producción hasta el punto de consumo y esto lo hacemos por medio de gasoductos.

Estos gases, en condiciones normales, son una combinación de hidrocarburos formada en el subsuelo, y unas veces están mezclados con el petróleo y otras se encuentran solos, el componente principal es el metano (CH₄). El metano es una molécula geoméricamente perfecta, esta virtud origina que tenga una combustión con una casi nula emisión de monóxido de carbono por no producirse inquemados en la llama.

Cuadro Nº 2.02

Composición del Gas Natural		
Componente	Fórmula	% en volumen
Metano	CH ₄	88.54
Etano	C ₂ H ₆	10.32
Propano	C ₃ H ₈	0.02
Nitrógeno	N ₂	0.54
Dióxido de carbono	CO ₂	0.58

Fuente: [4], "Introducción a la ingeniería del Gas", Ing. Freddy Rojas Chavez.

2.1.1.3 Tercera Familia: Los Gases Licuados de Petróleo

Los principales componentes de este gas son el butano (C₄H₁₀) y el propano (C₃H₈), en porcentajes del 40% y 60% respectivamente. Comprende los gases obtenidos como subproductos o derivados del petróleo, que se conservan y se transportan en forma líquida, a cuya circunstancia deben su nombre genérico de gases licuados de petróleo (GLP).

2.2 Concepto de Presión.

El concepto de presión se define como la fuerza aplicada por unidad de superficie, es decir:

$$P = \frac{F}{A} \qquad 2.01, [1]$$

Donde:

p = presión; F = fuerza

A = área de la superficie sobre la que actúa la fuerza.

2.2.1 Aparatos para Medir la Presión.

Para medir la presión relativa se utilizan los manómetros y los piezómetros ambos se emplean para medir la presión de un líquido o de un gas, o la diferencia de presión entre dos puntos.

2.3 Caudal.

2.3.1 Concepto de Caudal.

Si llamamos " v " a la velocidad media de un fluido que circula por una conducción, el caudal volumétrico de fluido que pasa por la sección del tubo, viene dado por la expresión:

$$Q = v \cdot A \quad 2.02, [1]$$

Donde:

Q = Caudal volumétrico en m^3/s ; v = velocidad media del fluido en m/s

A = área de la sección transversal en m^2

Entre dos secciones (S_1) y (S_2) de una misma conducción se cumple que la cantidad de fluido por unidad de tiempo que atraviesa ambas secciones es la misma, entonces podemos escribir:

$$Q_1 = Q_2 \quad 2.03, [1]$$

Al desarrollar la fórmula anterior notamos que al disminuir la sección, aumenta la velocidad.

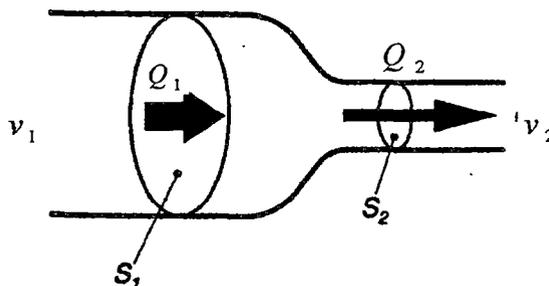


Figura: 2.01, [2]

Es conveniente en esta sección mencionar el efecto venturi, para ello vamos a suponer que la conducción es horizontal y que presenta un estrechamiento, si designamos con el subíndice (1) la sección de la conducción y con el (2) la sección del estrechamiento, debe cumplirse que:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad 2.04, [1]$$

En el grafico siguiente observamos que el caudal es el mismo, pero al pasar por el estrechamiento aumenta la velocidad y disminuye la presión, observamos que h_1 es mayor que h_2

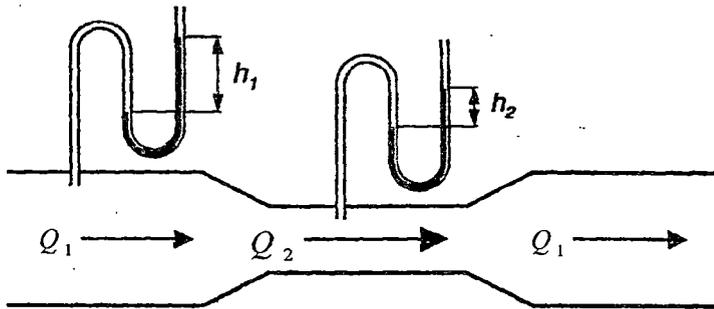


Figura: 2.02, [2]

2.3.2 El Caudal de Gas.

Para el caso del gas, se utiliza el **caudal nominal volumétrico** de gas es un dato que debe figurar en la placa de características del aparato, puede calcularse a partir de la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{P_n}{PCI \text{ (referido} \cdot a \cdot la \cdot unidad \cdot de \cdot volumen)} \quad 2.05, [1]$$

Donde:

Q = caudal nominal volumétrico (m^3/h , gln/h)

P_n = potencia nominal (BTU/h, kW)

PCI = poder calorífico inferior del combustible, referido a la unidad de volumen (BTU/ m^3 , BTU/ gln).

Usualmente el caudal nominal volumétrico se expresa con respecto unas condiciones determinadas que, en general, son:

2.3.2.1 En Condiciones Normales.

Se representan con el símbolo (n) y equivalen a $0^\circ C$ y una presión de 1 atm (1.033 kg/cm^2 o 1 bar aproximadamente). Ejemplo: $2.5 \text{ m}^3(n)/h$, quiere decir 2.5 metros cúbicos

por hora, en condiciones normales, o sea, a una temperatura de 0 °C y a 1 atmósfera de presión.

2.3.2.2 En Condiciones Estándares.

Se representan con el símbolo (st) y equivalen a 15 °C y una presión de 1 atm (1.033 kg/cm² o 1 bar aproximadamente). Ejemplo: 2.75 m³(st)/h, quiere decir 2.75 metros cúbicos por hora, en condiciones estándares, o sea, a una temperatura de 15 °C y a una presión de 1 atmósfera

2.4 Estudio de la Combustión de los Gases.

Dos son, al menos, las razones, muy importantes, por las que un instalador profesional está obligado a conocer las principales características y propiedades de los gases combustibles. En primer lugar, por la responsabilidad y peligrosidad que a veces conlleva una incorrecta utilización de los gases y, en segundo lugar, porque un quemador no sirve para quemar cualquier tipo de gas. Un quemador es fabricado para quemar determinado tipo de gas debido a que está diseñado para mezclar el combustible y el comburente en las proporciones adecuadas para lograr la combustión eficiente. Veamos un quemador típico:

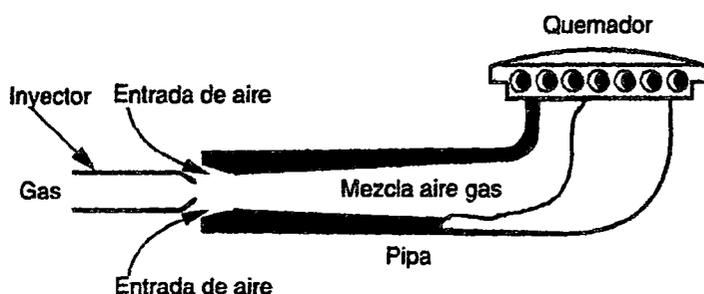


Figura: 2.03, [2]

Para que se inicie la combustión es necesario que el material combustible se encuentre en forma de gas o vapor, ya que son estos los que arden; un ejemplo claro es la gasolina que no se inflama directamente, los que se inflaman son los vapores de la gasolina, estos se vaporizan a temperatura ambiente y por lo tanto, siempre están presentes los gases y vapores que se inflaman.

En el caso de los gases combustibles, estos tendrán una mayor facilidad para iniciar la combustión, ya que no es necesario que se realice la fase de vaporización a la que necesariamente deben someterse combustibles sólidos y líquidos.

La combustión es una reacción química formado por el combustible, el comburente, en nuestro caso el combustible es el gas, el comburente es el oxígeno del aire, dando lugar a una llama y a la consiguiente emisión de calor.

El comburente aire contiene aproximadamente 21% de oxígeno (O₂) y un 79% de nitrógeno (N₂) en volumen. En realidad, el aire contiene también otras sustancias, como argón, helio, neón, dióxido de carbono, vapor de agua, hidrógeno, ozono, etc., pero al estar en proporciones muy pequeñas no suelen tomarse en cuenta.

Los gases que se forman producto de la combustión son dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua (H₂O), y nitrógeno (N₂). Puede haber también pequeñas cantidades de monóxido de carbono (CO) y de carbono (C) en forma de hollín si la combustión se realiza sin aire suficiente. Asimismo es posible que los productos contengan dióxido de azufre (SO₂) en el caso de que el gas combustible contenga ciertos derivados del azufre.

En la siguiente tabla mostraremos en forma esquemática la composición y procedencia de las diferentes sustancias que forman los productos de la combustión, conocidos vulgarmente con el nombre de humos.

Cuadro N° 2.03

Componentes de los humos	Procedencia
CO ₂ Dióxido de carbono (anhídrido carbónico)	Todos los gases al quemarse producen estas sustancias en los humos.
H ₂ O Vapor de agua	Se produce siempre que se utiliza aire como comburente.
N ₂ Nitrógeno	Aparece siempre que se utilice aire en la combustión.
O ₂ Oxígeno	Aparece siempre que se utilice aire en exceso.
CO Monóxido de carbono	Aparece siempre que se utilice menos aire del necesario.
C Hollín	Aparece siempre que la combustión sea defectuosa y se utilice menos aire del necesario.
SO ₂ Dióxido de azufre (anhídrido sulfuroso)	Aparece cuando el gas combustible contiene derivados sulfurados.

Fuente: [4], "Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

2.4.1 Poder Calorífico.

El poder calorífico se define como la cantidad de calor que libera la combustión completa de un kg de combustible, cuando este y el oxígeno se encuentran originalmente a 15 °C y ambos terminan a la misma temperatura.

Tenemos dos poderes caloríficos los cuales se representan de la siguiente manera:

PCS: poder calorífico superior, es el calor desprendido por el combustible cuando los productos de la combustión son enfriados hasta la condensación del vapor de agua que contienen, este valor es que se usa para los cálculos.

PCI: poder calorífico inferior, es el calor desprendido por el combustible cuando los productos de la combustión son enfriados sin que llegue a producirse la condensación del vapor de agua.

La diferencia numérica entre al PCS y el PCI, es el calor latente de vaporización del agua, es la energía necesaria para que una unidad de volumen de agua pase de líquido a vapor.

2.4.2 Índice de Wobbe.

El Índice de Wobbe (W), se define de la siguiente manera:

$$W = \frac{PCS}{\sqrt{d}} \tag{2.06, [1]}$$

Donde:

PCS: poder calorífico superior.

d: densidad relativa del gas con respecto al aire.

“Dos gases que tengan el mismo índice de Wobbe dan la misma potencia calorífica, siempre que los dos estén a la misma presión y temperatura.”

El índice de Wobbe permite clasificar los gases de las tres familias. Para esta clasificación se usa una presión de 1 atm y 15 °C.

Cuadro N° 2.04

Familia de gases combustibles	
Familia	Índice de Wobbe superior a 15 °C y 1 atm (Kcal/m ³)
Primera Familia	5,350 – 5,923
Segunda Familia	9,338 – 13,064
Tercera Familia	17,411 – 20,850

Fuente: [1]

2.4.3 Aire Necesario para la Combustión.

En esta parte podremos entender porque las condiciones de ventilación que deben cumplir los recintos son necesarias en las instalaciones de gas.

Para que un gas combustible se queme, se requiere una cierta cantidad de aire. Sin embargo las consecuencias de efectuar la combustión con más o menos aire no son las mismas. Definamos λ como indicador de la cantidad de aire:

$$\lambda_t = \frac{\text{m3 de aire}}{\text{m3 de gas}} \quad 2.07, [1]$$

La cantidad mínima de aire necesaria para que la reacción de combustión sea completa se llama aire teórico, o relación aire combustible estequiometrica y se representa por el símbolo λ_t y se expresa en condiciones normales, así:

$$\lambda_t = \frac{\text{m3 (n) de aire}}{\text{m3 (n) de gas}} \quad 2.08, [1]$$

Mostraremos una tabla para ver el aire teórico de los gases combustibles más corrientes:

Cuadro N° 2.05

Gas Combustible	Aire teórico (λ_t)
Gas ciudad	3.49 m ³ (n) de aire / m ³ (n)
Gas natural	9.31 m ³ (n) de aire / m ³ (n)
Gas Licuado de petróleo	26.1 m ³ (n) de aire / m ³ (n)

Fuente: [1]

Si la combustión se realiza con menos aire del necesario (defecto de aire), decimos que se producen los inquemados, cuyo representante más importante es el monóxido de carbono (CO). La presencia de monóxido de carbono en los humos acarrea problemas de toxicidad, puesto que este gas es muy toxico. Otra sustancia que puede aparecer en los humos, cuando se emplea menos aire que el teórico, es carbono en forma de hollín; este oscurece el color de los humos y contribuye a la polución ambiental.

La combustión debe hacerse con exceso de aire, para garantizar que no haya inquemados en los humos, pero este estudio escapa de los alcances de esta tesis.

2.4.4 Rendimiento de la Combustión.

El rendimiento de la combustión se define como el coeficiente entre el calor útil desprendido de la combustión y el poder calorífico superior del combustible (energía del combustible).

$$\text{Rendimiento (en \%)} = \frac{\text{Calor útil}}{\text{PCS (energía combustible)}} \cdot 100 \quad 2.09, [1]$$

Para dar una idea del valor de este coeficiente, diremos que un aparato de cocción comercial tiene un rendimiento que no supera el 65 %, es decir un 35 % de pérdidas. No hace falta insistir en la importancia que tiene este concepto en el estudio de la combustión. Las pérdidas en la combustión se deben a que parte del calor producido no puede aprovecharse.

2.4.5 Límites de Inflamabilidad.

Un gas combustible, para arder, necesita estar mezclado homogéneamente con aire. Es lógico pensar que si la mezcla contiene poco gas, este no podrá arder, lo mismo que si contiene poco aire.

En el caso de los gases combustibles, deben considerarse los límites de inflamabilidad, es decir, en que proporción se encuentra mezclado el gas combustible con el oxígeno del aire, para que pueda inflamarse.

Se llama límite inferior de inflamabilidad a la mínima proporción de gas en una mezcla aire-gas, para que el gas arda. Se llama límite superior de inflamabilidad a la máxima proporción de gas en una mezcla de aire-gas para que el gas arda.

Si tenemos una mezcla aire-gas dentro de los límites de inflamabilidad, no significa que el gas arda espontáneamente, sino que puede arder en presencia de una chispa o llama.

Para el gas natural, los límites de inflamabilidad son de 5.0 y 15.4 % respectivamente. Esto quiere decir que una mezcla de aire-gas natural que contenga más del 5.0 % y menos del 15.4 % de gas puede arder.

Una observación interesante es que los gases tienen límites de inflamabilidad muy diversos.

Para conocer el límite de inflamabilidad de una mezcla de gases dada, se puede aplicar la regla de Le Chatelier-Coward, la cual sirve para calcular tanto el límite inferior como superior:

$$L = \frac{100}{\frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \dots} \quad 2.10, [2]$$

Donde:

$C_1, C_2 \dots$ = concentraciones en porcentaje de los componentes.

$L_1, L_2 \dots$ = limites de cada componente.

Veamos en la siguiente cuadro los límites de inflamabilidad de diversos gases.

Cuadro N° 2.06

Tipo de gas	Aire		Oxígeno	
	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
	%	%	%	%
Metano	5.00	14.00	5.0	60.0
Propano	2.37	9.50	2.3	45.0
Butano	1.86	8.41	1.80	40.00
Hidrógeno	4.00	74.20	4.00	94.00
Acetileno	2.50	80.50	2.80	93.00
Monóxido de carbono	12.50	74.20	16.00	94.00
Gas Natural	5.00	15.40		
Gas Licuado de Petróleo	1.80	9.50		
Gases de Gasolina	1.40	7.40		

Fuente: [4], "Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

Hay 2 características importantes de los combustibles que no podemos dejar de mencionar como lo son la temperatura de ignición y la temperatura de inflamación.

Es conveniente mencionar la **temperatura de auto-ignición**, que es la temperatura mínima para que un producto entre en combustión de forma espontánea, siempre que se encuentre comprendida dentro de los límites de inflamabilidad e Independiente de la fuente de calor. Esta característica de las sustancias limita la temperatura máxima superficial de los equipos eléctricos que pueden entrar en contacto con ella.

Cuadro N° 2.07

Temperatura de ignición para diversos combustibles	
Combustible	Temperatura de Ignición
Sólido papel	230 °C
Algodón	266 °C
Líquido alcohol	365 °C
Gasolina	456 °C
Gas monóxido de carbono	609 °C
Acetileno	300 °C
Gas natural	540 °C
Gas licuado de petróleo	405 °C

Fuente: [4], "Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

La **temperatura de inflamación** es la temperatura mínima a la cual el material se gasifica, es decir comienza a emitir vapores que pueden inflamarse ante una fuente de calor. En otras palabras, es la temperatura mínima para que sobre la superficie del producto se alcance el LIE (Límite Inferior de Explosividad). Este parámetro presenta especial importancia en combustibles líquidos.

Cuadro N° 2.08

Temperatura de Inflamación de los combustibles líquidos	
Combustible	Temperatura de Inflamación
Alcohol	13 °C
Gasolina	-38 °C
Petróleo Diesel	50 °C

Fuente: [4], "Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

2.4.6 Cálculo de la Densidad Relativa de una Mezcla de Gases

La densidad relativa (d) en los combustibles gaseosos es la relación que existe entre la densidad de un gas y la densidad del aire.

$$d = \frac{\text{Densidad del gas}}{\text{Densidad del aire}} [\text{adimensional}] \quad 2.11, [5]$$

Si esta presenta un valor superior a 1 indicará que el gas es más pesado que el aire por lo tanto, se acumulara en los niveles bajos del recinto como es el caso del gas licuado de petróleo.

Por el contrario si un gas presenta una densidad relativa inferior a 1, éste tendera a desplazarse hacia niveles altos de las habitaciones o a disiparse en la atmósfera rápidamente como es el caso del gas natural.

Para calcular la densidad relativa de una mezcla de gases simplemente debemos sumar los productos de la densidad relativa de cada componente por su proporción en la mezcla, ilustraremos esto en el siguiente ejemplo:

Cuadro N° 2.09

Calculo de la densidad relativa del gas natural

Componente	Formula	% en volumen	Densidad Relativa d	Producto (% en volumen x d)
Metano	CH ₄	88.54	0.554	0.491
Etano	C ₂ H ₆	10.32	1.049	0.108
Propano	C ₃ H ₈	0.02	1.562	0.000
Nitrógeno	N ₂	0.54	0.967	0.005
Dióxido de carbono	CO ₂	0.83	1.526	0.013
Total =				0.6170

Fuente: [5]

2.5 Pérdidas de Carga por Fricción en las Tuberías

Cuando un gas circula por una tubería, pierde presión a medida que avanza a lo largo de esta, a causa del rozamiento del gas con las paredes del tubo; también se produce una perdida de presión cuando el gas pasa por un accesorio, por una curva, por un cambio de sección, etc. La pérdida de presión que se produce entre el origen o el inicio de la tubería y el extremo final de la misma se llama también caída de presión y, más corrientemente perdida de carga.

Para determinar el valor de esta perdida, con el fin de saber si la presión con la que llega el gas al extremo final de la tubería - donde suponemos que esta el aparato de consumo - es suficiente o no, se puede recurrir a formulas o bien hallarlo mediante tablas o gráficos.

La perdida de carga se expresa en unidades de presión.

La longitud real, L, de la tubería se mide en metros y, como tal, da lugar a una perdida de carga. Ahora bien, los cambios de dirección, codos, válvulas, derivaciones, etc., producen

también una pérdida de carga adicional que debe sumarse a la pérdida de carga producida por la tubería propiamente dicha. Las pérdidas de carga producidas por los codos, cambios de dirección, derivaciones, etc., se establecen comparándolas con las pérdidas que origina una longitud de tubería equivalente. La suma de todas estas longitudes, más la propia de la tubería, se denomina “longitud equivalente”. Es decir, que, a la hora del cálculo, es como si se considerase una tubería más larga.

La longitud equivalente se representa con el símbolo L_e y es el resultado de sumar las siguientes longitudes:

$$L_e = L + L_{e'} + L_{e''} + L_{e'''} + L_x$$

Donde:

L_e = Longitud equivalente

L = longitud de la tubería

$L_{e'}$ = longitud equivalente de los codos

$L_{e''}$ = longitud equivalente de las derivaciones

$L_{e'''}$ = longitud equivalente de los cambios de sección

L_x = longitud equivalente de cualquier otro accesorio o aparato.

Como es bastante complicado calcular las pérdidas de todos y cada uno de dichos elementos, en la práctica la longitud equivalente, L_e , se obtiene añadiendo un 20 % a la longitud real de la tubería, lo cual se logra multiplicando la longitud L por 1.2, es decir:

$$L_e = 1.2L \quad 2.12, [1]$$

De esta forma, no se obtiene un resultado exacto pero sí bastante aproximado.

2.5.1 Cálculo Mediante las Formulas de Renouard.

Las pérdidas de presión o de carga por rozamiento del gas en las tuberías se calculan de las formulas de Renouard, aunque en la practica existen tablas y gráficos que facilitan notablemente la obtención de estos datos.

2.5.1.1 Fórmula de Renouard para Baja Presión. ($p < 0.05$ bar)

$$\Delta p = \frac{232,000 \cdot ds \cdot L_e \cdot Q^{1.82}}{D^{4.82}} \quad 2.13, [1]$$

Donde:

Δp = pérdida de presión debida al rozamiento, en mm c.a.

ds = densidad “ficticia” o “corregida” del gas, ver tabla 1.

L_e = longitud equivalente de la tubería, en m.

Q = caudal volumétrico en m^3 (st) / h. Si se conoce el caudal volumétrico en l/s, la relación entre ambas unidades es: Q (st) m^3 / h = 3.6 x Q(st) l/s

D = diámetro interior del tubo que debe expresarse en mm.

Cuadro N° 2.10

Densidades ficticias corregidas de algunos gases combustibles

Tipo de gas	Densidad (ds)
Gas de ciudad	0.50
Gas natural	0.756
Gas licuado	1.272

Fuente: [1]

La densidad ficticia o densidad corregida es la densidad relativa del gas con respecto al aire, pero modificada o corregida en función de la viscosidad y la compresibilidad del gas. Los valores que recoge la tabla 1 son los que suelen tomarse para aplicar las formulas de Renouard.

2.5.1.2 Fórmula de Renouard para Media y Alta Presión. ($p > 0.05$ bar)

Con las mismas unidades que la ecuación anterior. Las presiones, p_1 y p_2 son presiones absolutas y se miden en bares. Las presiones p_1 y p_2 son las presiones absolutas al principio y al final de la tubería. Calculamos p_2 , quedando así:

$$p_2 = \sqrt{p_1^2 - \frac{48.6 \cdot ds \cdot L_e \cdot Q^{1.82}}{D^{4.82}}} \quad 2.14, [1]$$

2.5.2 Cálculo de la Pérdida de Carga Mediante Tablas.

El cálculo de la pérdida de carga mediante Tablas es bastante práctico, el inconveniente es que se tiene que encontrar una tabla específica para un caso particular.

Las tablas usadas para gas en baja presión son diferentes que las de media presión.

Las tablas para gas en **baja presión** representan tres datos: la pérdida de carga, el diámetro del tubo y el caudal. Si conocemos dos cualesquiera de estos datos podemos hallar fácilmente el tercero.

$\Delta p/L_e$ Pérdida de carga mm c.a./m	Diámetro de tubo de cobre (en mm)										
	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63
	Diámetro de tubo de acero (en pulgadas)										
	....	....	3/8	1/2	....	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	....
	Caudal en m ³ (st)/h										
0,025	0,02	0,05	0,09	0,17	0,30	0,54	1,08	2,03	3,38	6,43	9,88
0,050	0,03	0,07	0,13	0,25	0,44	0,79	1,58	2,97	4,94	9,41	14,46
0,075	0,04	0,09	0,16	0,31	0,55	0,99	1,97	3,71	6,18	11,75	18,07
0,100	0,05	0,10	0,18	0,37	0,64	1,15	2,31	4,35	7,23	13,77	21,17
0,125	0,05	0,12	0,21	0,42	0,72	1,30	2,61	4,91	8,18	15,56	23,93
0,150	0,06	0,13	0,23	0,46	0,80	1,44	2,89	5,43	9,04	17,20	26,45
0,175	0,06	0,14	0,25	0,50	0,87	1,57	3,14	5,91	9,84	18,72	28,79
0,200	0,07	0,15	0,27	0,54	0,94	1,69	3,38	6,36	10,59	20,15	30,98
0,225	0,07	0,16	0,29	0,58	1,00	1,80	3,61	6,79	11,29	21,49	33,05
0,250	0,08	0,17	0,30	0,61	1,06	1,91	3,82	7,19	11,97	22,77	35,02
0,275	0,08	0,18	0,32	0,64	1,11	2,01	4,03	7,58	12,61	24,00	36,91
0,300	0,09	0,19	0,34	0,67	1,17	2,11	4,23	7,95	13,23	25,17	38,71
0,325	0,09	0,19	0,35	0,70	1,22	2,20	4,42	8,31	13,82	26,31	40,46
0,350	0,09	0,20	0,37	0,73	1,27	2,30	4,60	8,65	14,40	27,40	42,14
0,375	0,10	0,21	0,38	0,76	1,32	2,39	4,78	8,98	14,95	28,46	43,76
0,400	0,10	0,22	0,39	0,79	1,37	2,47	4,95	9,31	15,49	29,48	45,34
0,425	0,11	0,23	0,41	0,82	1,41	2,56	5,12	9,62	16,02	30,48	46,88
0,450	0,11	0,23	0,42	0,84	1,46	2,64	5,28	9,93	16,53	31,46	48,38
0,475	0,11	0,24	0,43	0,87	1,50	2,72	5,44	10,23	17,03	32,40	49,83
0,500	0,12	0,25	0,45	0,89	1,55	2,79	5,60	10,52	17,52	33,33	51,26
0,550	0,12	0,26	0,47	0,94	1,63	2,94	5,90	11,09	18,46	35,12	54,01
0,600	0,13	0,27	0,49	0,99	1,71	3,09	6,19	11,63	19,36	36,84	56,66
0,650	0,13	0,29	0,51	1,03	1,79	3,23	6,46	12,16	20,23	38,50	59,21
0,700	0,14	0,30	0,54	1,07	1,86	3,36	6,73	12,66	21,07	40,10	61,67
0,750	0,14	0,31	0,56	1,12	1,93	3,49	6,99	13,15	21,89	41,65	64,05
0,800	0,15	0,32	0,58	1,16	2,00	3,62	7,25	13,62	22,68	43,15	66,36
0,850	0,15	0,33	0,60	1,19	2,07	3,74	7,49	14,09	23,44	44,61	68,61
0,900	0,16	0,34	0,62	1,23	2,14	3,86	7,73	14,54	24,19	46,04	70,80
0,950	0,16	0,35	0,63	1,27	2,20	3,98	7,96	14,97	24,92	47,42	72,93
1,000	0,17	0,36	0,65	1,31	2,26	4,09	8,19	15,40	25,63	48,78	75,02
1,500	0,21	0,45	0,81	1,63	2,83	5,11	10,24	19,24	32,03	60,95	93,74
2,000	0,25	0,53	0,95	1,91	3,31	5,98	11,99	22,54	37,52	71,39	109,79
2,500	0,28	0,60	1,08	2,16	3,75	6,76	13,55	25,48	42,41	80,70	124,11
3,000	0,31	0,66	1,19	2,39	4,14	7,48	14,98	28,17	46,88	89,21	137,19
3,500	0,34	0,72	1,30	2,60	4,51	8,14	16,30	30,65	51,02	97,09	149,32
4,000	0,36	0,77	1,40	2,80	4,85	8,76	17,54	32,99	54,91	104,48	160,68
4,500	0,39	0,83	1,49	2,99	5,17	9,34	18,72	35,19	58,58	111,47	171,43
5,000	0,41	0,87	1,58	3,16	5,48	9,90	19,83	37,29	62,07	118,11	181,64
5,500	0,43	0,92	1,66	3,33	5,78	10,43	20,90	39,30	65,41	124,46	191,41
6,000	0,45	0,97	1,75	3,50	6,06	10,94	21,92	41,22	68,61	130,56	200,78
6,500	0,47	1,01	1,82	3,65	6,33	11,44	22,91	43,07	71,69	136,43	209,81
7,000	0,49	1,05	1,90	3,81	6,60	11,91	23,86	44,86	74,67	142,10	218,53
7,500	0,51	1,09	1,97	3,95	6,85	12,37	24,78	46,60	77,56	147,59	226,97
8,000	0,53	1,13	2,04	4,10	7,10	12,82	25,68	48,28	80,36	152,91	235,17
8,500	0,55	1,17	2,11	4,23	7,34	13,25	26,55	49,91	83,08	158,09	243,13
9,000	0,56	1,21	2,18	4,37	7,57	13,67	27,39	51,51	85,73	163,14	250,89
9,500	0,58	1,24	2,25	4,50	7,80	14,09	28,22	53,06	88,31	168,06	258,45
10,000	0,60	1,28	2,31	4,63	8,02	14,49	29,03	54,58	90,84	172,86	265,84

Tabla para el cálculo de las pérdidas de carga de gas natural a baja presión

PCS = 10,500 kcal/m³; d_s = 0.62

Fuente: [1]

Las tablas para gas Media presión representan tres datos: la longitud equivalente, el diámetro del tubo y el caudal. Si conocemos dos cualesquiera de estos datos podemos hallar fácilmente el tercero.

Longitud equivalente L_E (en metros)	Diámetro de tubo de cobre (en mm)										
	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63
	Diámetro de tubo de acero (en pulgadas)										
	....	....	3/8	1/2	....	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	....
Caudal en m ³ (st)/h											
1.00	8.37	17.93	32.37	64.86	112.40	202.96	406.60	764.49	1272.41	2421.32	3723.68
2.00	5.72	12.25	22.12	44.31	76.80	138.68	277.62	522.37	869.42	1654.45	2544.33
3.00	4.58	9.80	17.70	35.46	61.46	110.98	222.34	418.05	695.79	1324.04	2036.21
4.00	3.91	8.37	15.11	30.28	52.48	94.76	189.83	356.92	594.06	1130.46	1738.50
5.00	3.46	7.40	13.37	26.79	46.42	83.82	167.93	315.74	525.52	1000.02	1537.90
6.00	3.13	6.70	12.10	24.23	42.00	75.83	151.92	285.64	475.42	904.70	1391.31
7.00	2.87	6.15	11.11	22.26	38.59	69.68	139.58	262.45	436.81	831.23	1278.32
8.00	2.67	5.72	10.33	20.69	35.86	64.75	129.71	243.88	405.91	772.43	1187.89
9.00	2.50	5.36	9.68	19.39	33.61	60.69	121.58	228.60	380.48	724.02	1113.45
10.00	2.36	5.06	9.14	18.30	31.72	57.28	114.74	215.74	359.08	683.30	1050.63
12.00	2.14	4.58	8.27	16.56	28.70	51.82	103.81	195.18	324.85	618.17	950.66
14.00	1.96	4.21	7.59	15.21	26.37	47.61	95.38	179.33	298.47	567.97	873.46
16.00	1.82	3.91	7.06	14.14	24.50	44.24	88.63	166.64	277.35	527.79	811.67
18.00	1.71	3.66	6.61	13.25	22.96	41.47	83.07	156.20	259.97	494.71	760.81
20.00	1.61	3.46	6.24	12.51	21.67	39.14	78.40	147.41	245.35	465.89	718.01
22.00	1.53	3.28	5.92	11.87	20.57	37.14	74.40	139.89	232.83	443.07	681.38
24.00	1.46	3.13	5.65	11.31	19.61	35.41	70.93	133.36	221.96	422.38	649.57
26.00	1.40	2.99	5.40	10.83	18.76	33.88	67.88	127.62	212.41	404.21	621.62
28.00	1.34	2.87	5.19	10.39	18.01	32.53	65.17	122.53	203.94	388.08	596.82
30.00	1.29	2.77	5.00	10.01	17.34	31.32	62.74	117.97	196.35	373.65	574.62
35.00	1.19	2.54	4.59	9.20	15.94	28.78	57.65	108.39	180.41	343.30	527.96
40.00	1.10	2.36	4.27	8.54	14.81	26.74	53.57	100.72	167.65	319.02	490.61
45.00	1.03	2.21	4.00	8.01	13.88	25.06	50.21	94.41	157.14	299.03	459.86
50.00	0.98	2.09	3.77	7.56	13.10	23.66	47.39	89.10	148.36	282.21	434.00
55.00	0.93	1.96	3.58	7.17	12.43	22.45	44.97	84.56	140.73	267.61	411.86
60.00	0.88	1.89	3.41	6.84	11.85	21.40	42.87	80.61	134.17	255.31	392.63
65.00	0.84	1.81	3.27	6.54	11.34	20.48	41.03	77.14	128.39	244.32	375.74
70.00	0.81	1.74	3.14	6.28	10.89	19.66	39.39	74.06	123.27	234.57	360.74
75.00	0.78	1.67	3.02	6.05	10.48	18.93	37.93	71.31	118.68	225.85	347.33
80.00	0.75	1.61	2.91	5.84	10.12	18.27	36.60	68.82	114.55	217.98	335.22
85.00	0.73	1.56	2.82	5.65	9.79	17.67	35.40	66.57	110.80	210.84	324.24
90.00	0.71	1.51	2.73	5.47	9.48	17.13	34.31	64.51	107.37	204.32	314.22
95.00	0.69	1.47	2.65	5.31	9.21	16.63	33.31	62.62	104.23	198.34	305.02
100.00	0.67	1.43	2.58	5.16	8.95	16.16	32.38	60.88	101.33	192.83	296.54
105.00	0.65	1.39	2.51	5.03	8.71	15.74	31.52	59.27	98.65	187.73	289.70
110.00	0.63	1.35	2.45	4.90	8.49	15.34	30.73	57.78	96.16	182.99	281.41
115.00	0.62	1.32	2.39	4.78	8.29	14.97	29.99	56.38	93.84	178.57	274.63
120.00	0.60	1.29	2.33	4.67	8.10	14.62	29.29	55.08	91.67	174.45	268.28
125.00	0.59	1.26	2.28	4.57	7.92	14.30	28.64	53.86	89.64	170.58	262.33
130.00	0.58	1.24	2.23	4.47	7.75	13.99	28.03	52.71	87.73	166.94	256.73
135.00	0.57	1.21	2.19	4.38	7.59	13.71	27.46	51.63	85.93	163.52	251.47
140.00	0.55	1.19	2.14	4.29	7.44	13.44	26.92	50.61	84.23	160.28	246.49
145.00	0.54	1.16	2.10	4.21	7.30	13.18	26.40	49.64	82.62	157.22	241.78
150.00	0.53	1.14	2.06	4.13	7.16	12.94	25.91	48.72	81.10	154.32	237.32
155.00	0.52	1.12	2.03	4.06	7.04	12.70	25.45	47.85	79.65	151.56	233.08
160.00	0.51	1.10	1.99	3.99	6.91	12.48	25.01	47.03	78.27	148.94	229.05
165.00	0.51	1.08	1.96	3.92	6.80	12.28	24.59	46.24	76.96	146.45	225.21
170.00	0.50	1.07	1.93	3.86	6.69	12.08	24.19	45.49	75.71	144.06	221.55

Tabla para el cálculo de las pérdidas de carga de gas natural a media presión
Presiones relativas $p_1 = 1.5$ bares; $p_2 = 1.45$ bares; pérdida de carga: 0.05 bares

Fuente: [1]

2.5.3 Cálculo de la Pérdida de Carga Mediante Gráficos

Para determinar la pérdida de carga también se pueden utilizarse gráficos, como el presentado en la figura 1.

Este gráfico sirve para hallar la pérdida de carga unitaria en conducciones de gas de ciudad de densidad d_s igual a 0.5, confeccionado por ATG (FRANCE). Observamos que las pérdidas se expresan milímetro columna de agua por kilómetro (mm c.a. / km). Este gráfico puede utilizarse también para otros gases, multiplicando los resultados por 1.06 para gas natural, y por 2.25 para gas propano.

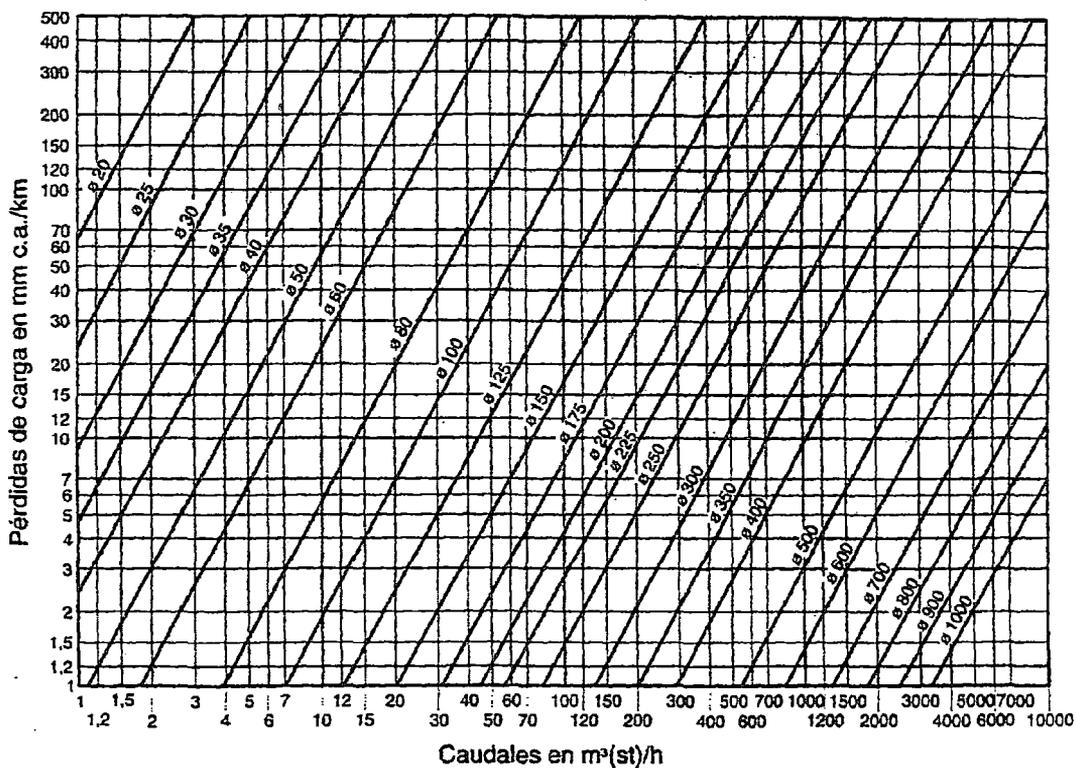


Figura 1. Gráfico para hallar la pérdida de carga unitaria en conducciones de gas de ciudad de densidad d_s igual a 0.5. Veamos que las pérdidas se expresan en milímetro columna de agua por kilómetro (mm c.a./km) y los diámetros están en mm.

Fuente: [1]

Capítulo 3: Artefactos a Gas

Son aquellos artefactos que emplean gas como elemento combustible, pueden ser:

- a. De circuito abierto, si toma el aire necesario para la combustión de la atmósfera del local en el que están instalados. La mayoría de aparatos comerciales son de circuito abierto, estos artefactos son de tipo A y B.
- b. De circuito cerrado, si la entrada de aire, la combustión y la salida de humos se realizan de forma que no haya contacto alguno con el aire atmosférico del local, estos artefactos son de tipo C.

3.1 Artefactos a Gas Usados en Comercios

Los artefactos de uso comercial, son aquellos que se utilizan exclusivamente en el interior de los establecimientos comerciales. Tienen un tamaño y una facilidad de uso apropiados para la función que deben realizar, concretamente se usan con tres objetivos: Cocción de alimentos, calentamiento de agua, y mantener caliente los alimentos con las llamadas "mesa caliente".

Podemos mencionar los artefactos comerciales más comunes:

- Cocina comercial (cocción de alimentos).
- Freidora (cocción de alimentos).
- Horno pizzero (cocción de alimentos).
- Parrilla (cocción de alimentos).
- Plancha (cocción de alimentos).
- Calefón (calentador de agua de paso).
- Calentador de acumulación (calentador de agua de acumulación).
- Conservadoras (mesa caliente)

3.2 Potencias Nominales y Útil de los Artefactos

Las potencias nominal (P_n), y útil (P_u), son dos conceptos que no deben confundirse. Por ejemplo, un aparato necesita consumir una cantidad de energía para, a su vez, suministrar otra cantidad de energía en forma de calor, agua caliente, aire caliente, etc. La energía consumida es siempre mayor que la cedida, pues no existe aparato alguno tan perfecto que sea capaz de ceder la misma energía que recibe.

El fabricante ha previsto que el aparato consuma una determinada energía cuando funciona de la forma especificada en las instrucciones. Esta energía por unidad de tiempo

es la potencia nominal. En general, el valor de la potencia nominal se indica en una chapa adosada al aparato, denominada "placa de características".

Potencia útil es la energía por unidad de tiempo suministrada o cedida por el aparato, es decir, la que realmente se aprovecha para los fines previstos.

La relación entre ambas potencias se denomina rendimiento del aparato, que se simboliza con la letra griega η y se expresa así:

$$\eta = \frac{P_u}{P_n} \quad 3.01, [1]$$

Las potencias se miden en BTU/h ó kW.

3.3 Demanda de los aparatos.

Mostramos en la tabla siguiente algunos valores típicos de la potencia nominal de artefactos a gas.

Cuadro N° 3.01

POTENCIAS TÍPICAS DE EQUIPOS A GAS

EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	PRESION DE TRABAJO	POTENCIAS	
			BTU/hora	Kw
Cocina Industrial	4 hornillas + horno	M.P - B.P.	90,000	26.38
Cocina Industrial	6 hornillas + horno	M.P - B.P.	120,000	35.17
Cocina Industrial	6 hornillas + horno + plancha	M.P - B.P.	180,000	52.75
Cocina Industrial	8 hornillas + 2horno + plancha	M.P - B.P.	320,000	93.79
Calefón 5 lpm	Aporte 25° C	B.P.	30,000	8.79
Calefón 10 lpm	Aporte 25° C	B.P.	60,000	17.58
Calefón 13 lpm	Aporte 25° C	B.P.	78,000	22.86
Calefón 16 lpm	Aporte 25° C	B.P.	96,000	28.14
Calentador de acumulación 50 lt	Almacenamiento hasta 85 °C	B.P.	24,000	7.03
Calentador de acumulación 80 lt	Almacenamiento hasta 85 °C	B.P.	32,000	9.38
Calentador de acumulación 130 lt	Almacenamiento hasta 85 °C	B.P.	36,000	10.55
Calentador de acumulación 190 lt	Almacenamiento hasta 85 °C	B.P.	40,000	11.72
Calentador de acumulación 220 lt.	Almacenamiento hasta 85 °C	B.P.	88,000	25.79
Calentador de acumulación 260 lt.	Almacenamiento hasta 85 °C	B.P.	104,000	30.48
Freidora	Por canastilla 30 lt.	B.P.	60,000	17.58
Horno Pizero	Por piso	B.P.	30,000	8.79
Parrilla	0.3 X 0.4 m ²	B.P.	25,000	7.33
Parrilla	0.3 X 0.8 m ²	B.P.	50,000	14.65
Plancha	0.3 X 0.4 m ²	B.P.	20,000	5.86
Plancha	0.3 X 0.8 m ²	B.P.	40,000	11.72

APLICACIÓN COMERCIAL

BAJA PRESION - B.P.

MEDIA PRESION - M.P.

Consumo estimado para una temperatura de 15°C, P=1 atm (condiciones estandares)

Fuente: [4], "Diseño de instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales", Ing. Guillermo Diaz Andrade.

Capítulo 4: Diseño.

4.1 Depósitos de GLP

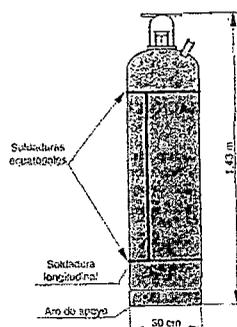
Para transportar y almacenar los gases licuados del petróleo en estado líquido es preciso que estén a una presión superior a la atmosférica y, en consecuencia, envasados en unos recipientes resistentes. Estos recipientes son los conocidos cilindros y tanques de almacenamiento.

4.1.1 Cilindros de 45 Kg.

Los cilindros de 45 Kg resuelven el problema de transportar y almacenar el gas en estado líquido, además tienen un dispositivo para que pueda salir el gas en estado gaseoso a una presión determinada y que, a la vez, permite rellenar la botella cuando el gas se agota.

Otro aspecto importante en los cilindros de GLP es la seguridad. Un cilindro de GLP representa un riesgo potencial, porque contiene una gran cantidad de sustancia inflamable.

El cilindro esta formado por dos casquetes y un cilindro central unidos entre si mediante dos soldaduras ecuatoriales y una longitudinal. En la parte superior tiene una entrada con una rosca para alojar la válvula. En la parte inferior tiene un aro base para su apoyo en el suelo, fijado mediante varios puntos de soldadura. Estos cilindros no deben sobrepasar las 28 atm de presión.



Cilindro de GLP

Figura: 4.01, [2]

4.1.1.1 Cálculo del Factor de Simultaneidad.

Cuando tenemos más de un usuario usaremos un factor de corrección llamado factor de simultaneidad (f_s).

$$f_s = \frac{0.95 PIT^{0.85} + 33}{PIT} \quad 4.01, [10]$$

Donde:

f_s = factor de simultaneidad.

PIT = potencia instalada de cada tramo en MCal/h (se calcula como el caudal probable).

4.1.1.2 Cálculo de la cantidad de cilindros.

Para el cálculo de la cantidad de Cilindros, utilizamos la siguiente formula, no debiendo exceder los 12 cilindros:

$$N = \frac{Q_{si}}{Q_{vp}} \quad 4.02, [10]$$

Donde:

N = N de cilindros requerido para suministrar el caudal necesario.

Q_{si} = Caudal de simultaneidad en kg/h de los aparatos de consumo.

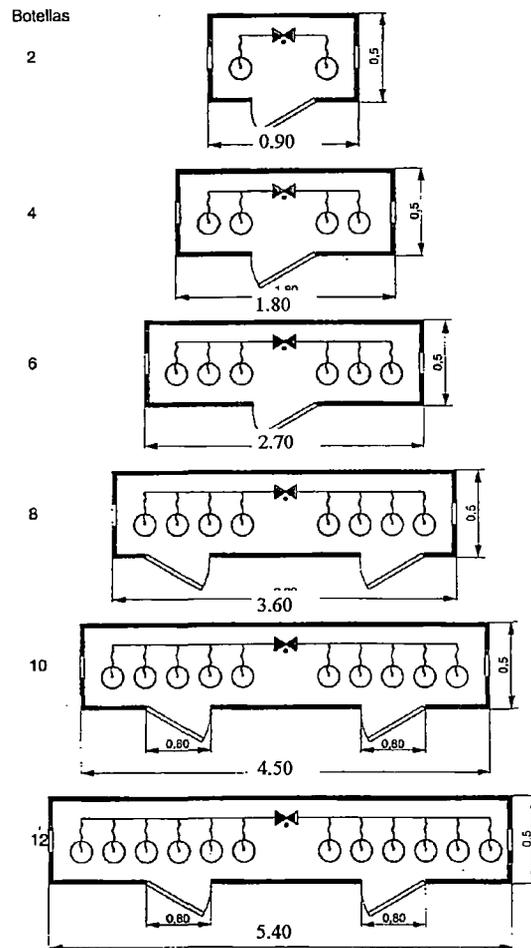
Q_{vp} = Caudal de vaporización en kg/h de cada cilindro.

4.1.1.3 Gabinete para Cilindros de 45 Kg.

Toda caseta debe cumplir tres requisitos:

- Ser de material incombustible, con una resistencia al fuego superior a las 2 horas.
- Tener una cubierta ligera.
- Tener suficiente ventilación.

Con respecto a la disposición de los cilindros dentro de la caseta, tenemos las siguientes posibilidades:



Disposición de cilindros dentro de una caseta, observemos como aumenta en 0.90m el largo, cuando se incrementan dos cilindros.

Figura: 4.02, [2]

Respecto a la ventilación se debe colocar dos aberturas de 150cm² por cada cilindro Tipo 45, una a nivel de piso y la otra en la parte superior.

4.1.1.4 Medidas de Seguridad para los Cilindros de Gas Licuado.

Los cilindros se dispondrán siempre en posición vertical, con la válvula hacia arriba. Por otro lado esta prohibido estacionarlas en lugares que puedan alcanzar una temperatura igual o superior a 50 °C. Adicionalmente deben guardarse en un lugar adecuado, con buena ventilación y lejos de la manipulación de extraños.

Para ver las distancias que deben tener los cilindros a puntos peligrosos veamos la tabla siguiente.

Cuadro N° 4.01

Distancias mínimas de seguridad para equipos de gas licuado.			
Total de cilindros edificios Tipo 45	Aberturas de conductores eléctricos (incluye cualquier vano que comunique el interior con el exterior e incluso fuegos abiertos, se exceptúa de esta consideración los equipos eléctricos antiexplosivos).	Cámara de alcantarillado y otras cámaras, y vías públicas	
		V ≤ 400	V > 400
Hasta 2 cilindros	1.0 m	3.0 m	21.0m
Hasta 4 cilindros	2.0 m	3.0 m	21.0 m
Hasta 8 cilindros	3.0 m	3.0 m	42.0 m
Hasta 12 cilindros	5.0 m	3.0 m	42.0 m

Fuente: [10]

4.1.2 Tanques de Almacenamiento.

Los tanques de almacenamiento son necesarios cuando las demandas de GLP son importantes, y por sus dimensiones, no pueden ser transportadas fácilmente, por ello se las coloca en un solo lugar y el abastecimiento se hace desde un carro tanque, estos deben estar a una distancia mínima de 3 m y máxima de 30 m. Normalmente encontramos tanques de 250, 500, 1,000, 1,500, 2,000, 2,500 y 3,000 galones, para elegir el tanque adecuado se acostumbra a estimar la demanda previendo cargas semanales.

4.1.2.1 Medidas de Seguridad en la Instalación de los Tanques.

El tanque de GLP se acostumbra a colocarla en la azotea de las edificaciones para asegurarse de una adecuada ventilación, además el tanque se asienta sobre un poyo de concreto u otro similar perfectamente nivelado. Los tanques no deben ser llenados en más del 80% de su capacidad si son menores o iguales a 1,000 galones, para tanques de mayores a 1,000 galones se permite llenarlo hasta el 85% de su capacidad.

4.1.2.2 Distancias Mínimas de Seguridad para los Tanques.

El siguiente cuadro muestra las distancias hacia construcciones o líneas medianeras las cuales deben ser medidas horizontalmente.

Cuadro N° 4.02

Distancia mínima desde puntos de transferencia del tanque a construcciones o líneas medianeras	
Capacidad del Tanque (m3)	Distancia (m)
125	3.0
250	3.0
500	3.0
1000	4.0
1500	6.0
2000	8.0
2500	10.0
3000	12.0

Fuente: [10]

El siguiente cuadro muestra las distancias a respetar en general sin importar la capacidad del tanque.

Cuadro N° 4.03

Mínima distancia horizontal entre puntos de transferencia y otros lugares	
Lugar	Distancia (m)
Construcciones con muros resistentes al fuego	3.0
Construcciones con muros no resistentes al fuego	7.5
Aberturas en muros o fosos a nivel o bajo el nivel de punto de transferencia	7.5
Línea de propiedad adyacente en la cual pueda construirse	7.5
Lugares con afluencia de público, incluyendo patios de escuelas, campos atléticos, lugares de diversión, etc.	15.0
Vías públicas, incluyendo calles, carreteras, aceras y accesos. Desde puntos de transferencia en plantas de distribución	7.5
Eje de vías de ferrocarril	7.5
Tanques	3.0

Fuente: [10]

4.2 Criterios de Diseño

a. Es importante evaluar la posibilidad de crecimiento del comercio, para poder atender esas demandas futuras sin alterar el proyecto.

b. La distribución de las tuberías dentro del comercio puede hacerse en serie, en paralelo o combinado.

4.3 Diseño de la Línea de Consumo

4.3.1 Presiones de Operación.

Debemos entender como presión relativa a la que ejerce el fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene, así para medir la presión de gas en una conducción se utiliza siempre la presión relativa y más comúnmente llamada presión de operación o simplemente presión. Entonces si decimos por ejemplo que la presión de un gas es de 400 mm c.a. en realidad, quiere decir que la presión del gas es superior en 400 mm c.a. a la presión atmosférica.

$$P_{relativa} = P_{absoluta} - P_{atmosferica} \quad 4.03, [2]$$

Cuadro N° 4.04

Cuadro de presiones de operación

CLASIFICACION	UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN	PRESION MÁXIMA DE SERVICIO EN DIVERSAS UNIDADES
Baja presión (BP)	Aguas arriba del regulador de 2 ^{da} etapa.	Hasta 5 KPa Hasta 0.05 bares Hasta 500 mm c.a.
Media presión A (MPA)	Entre el regulador de 1 ^{era} y 2 ^{da} etapa.	Entre 5 y 40 KPa Hasta 0.05 y 0.4 bares Hasta 500 y 4,000 mm c.a.
Media presión B (MPB)	Desde la red exterior hasta el regulador de 1 ^{era} etapa para el GN o desde el tanque hasta el regulador de 1 ^{era} etapa para el GLP.	Entre 40 y 400 KPa Hasta 0.4 y 4 bares Hasta 4,000 y 40,000mm c.a.

Fuente: [2]

4.3.2 Presiones de Suministro para los Artefactos de Gas

Es aquella presión a la que debe ingresar el combustible al aparato para poder funcionar eficientemente, sin ocasionar avance o retroceso de la llama.

Normalmente los equipos comerciales trabajan a baja presión, por ello antes de la entrega se coloca un regulador de segunda etapa (el regulador de primera etapa se coloca en la acometida antes del medidor para el caso del gas natural y se coloca a la salida del tanque para el caso del gas licuado), este regulador se escoge para regular la presión aguas arriba y entregar al aparato una presión casi constante y según los requerimientos de funcionamiento del mismo.

Algunos equipos comerciales trabajan a media presión A, en este caso tendremos que evaluar la posibilidad de no usar reguladores de segunda etapa, esta decisión se toma al diseñar la línea de alimentación.

En el siguiente cuadro mostramos las presiones de suministro:

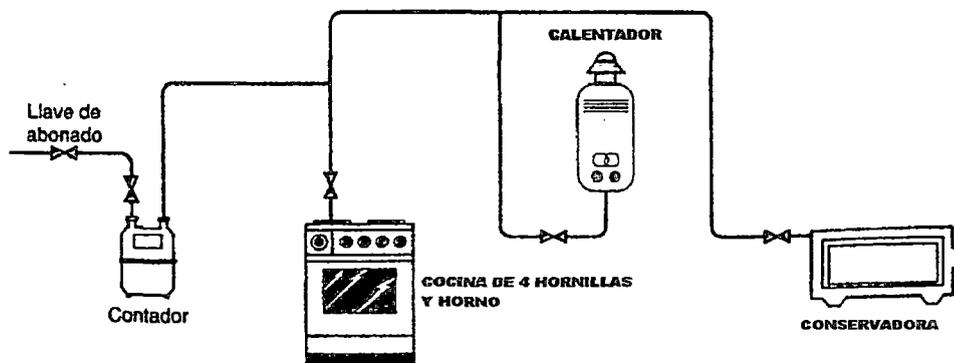
Cuadro N° 4.05

PRESIONES DE ENSAYO Y SUMINISTRO				
Naturaleza del Gas	Presión Mínima mbar	Presión Normal mbar	Presión Máxima mbar	Presión Normal "C.A.
GN	16	20	23	8.0
GLP	18	28	35	11.2

Fuente: [4], "Diseño de instalaciones Industriales, Comerciales y Residenciales, Ing. Guillermo Díaz Andrade.

4.3.3 Esquema de la Instalación y División en Tramos

Antes de proceder a calcular la instalación es preciso hacer un esquema orientativo de la misma, indicando los aparatos, las tuberías y los diferentes accesorios. Aunque no es necesario hacer el dibujo a escala, el trazo de las tuberías debe representar el recorrido real del gas, con los codos, curvas y derivaciones. También debe indicarse la longitud de cada porción recta. Cuando se trata de la instalación de gas de un solo comercio, el esquema se inicia en la llave de abonado o acometida de la casa, para concluir en los aparatos de consumo.

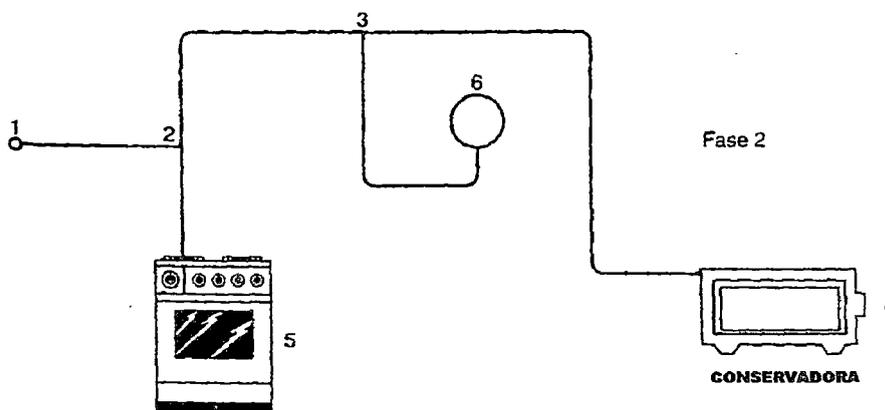


Esquema de una instalación para un solo comercio

Figura: 4.03, [2]

Puede hacerse un esquema más simplificado en el que sólo figuren las tuberías y una representación simbólica de los aparatos. Notemos que en el esquema simplificado no aparecen las válvulas ni el contador. Sin embargo, estos elementos sí que se utilizarán en el cálculo de la instalación.

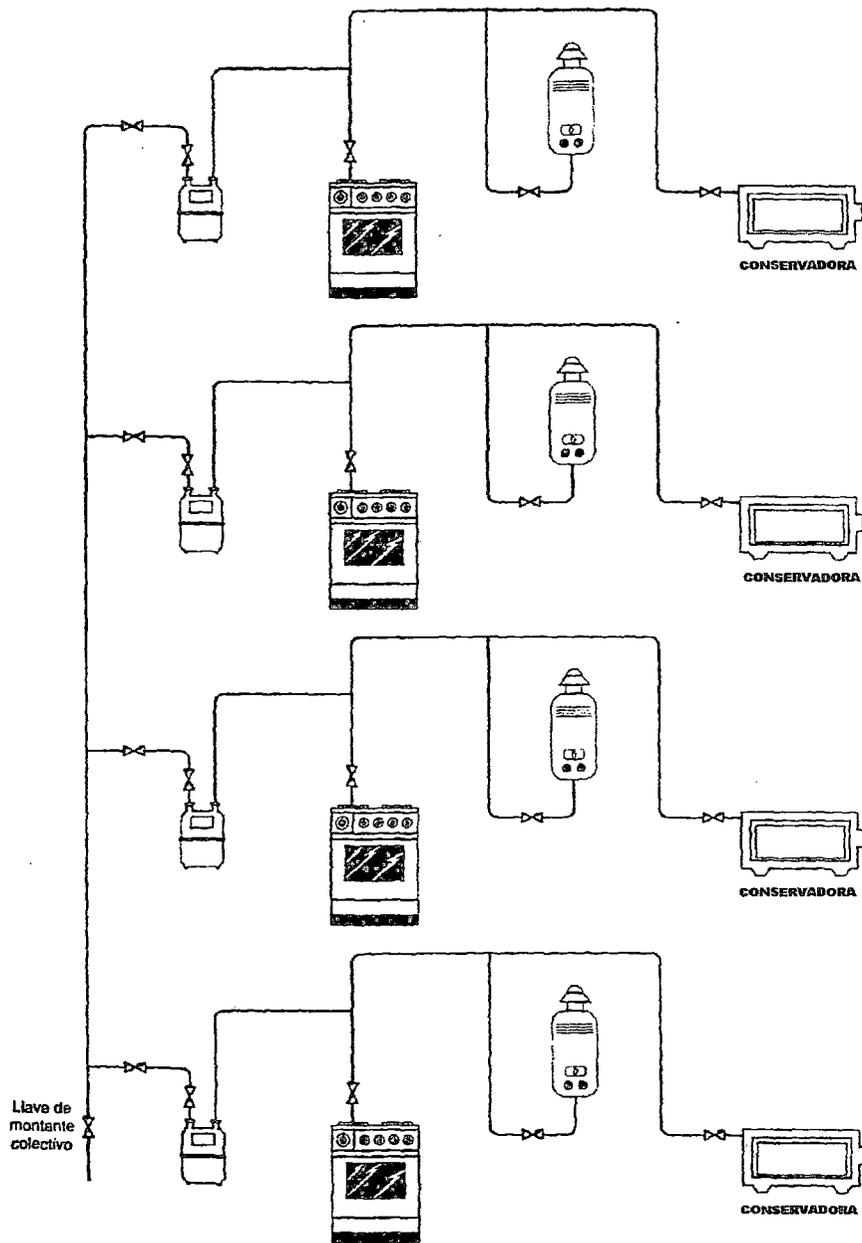
A continuación se ponen letras o números, en cada derivación, empezando por el principio y siguiendo por la línea más larga. En el siguiente gráfico se puede ver las numeraciones de los tramos de la red. Notemos que la línea más larga, que va de 1 a 4, se llama línea principal. Las líneas 2 - 5 y 3 - 6 se denominan derivaciones.



Numeración de los tramos de la instalación

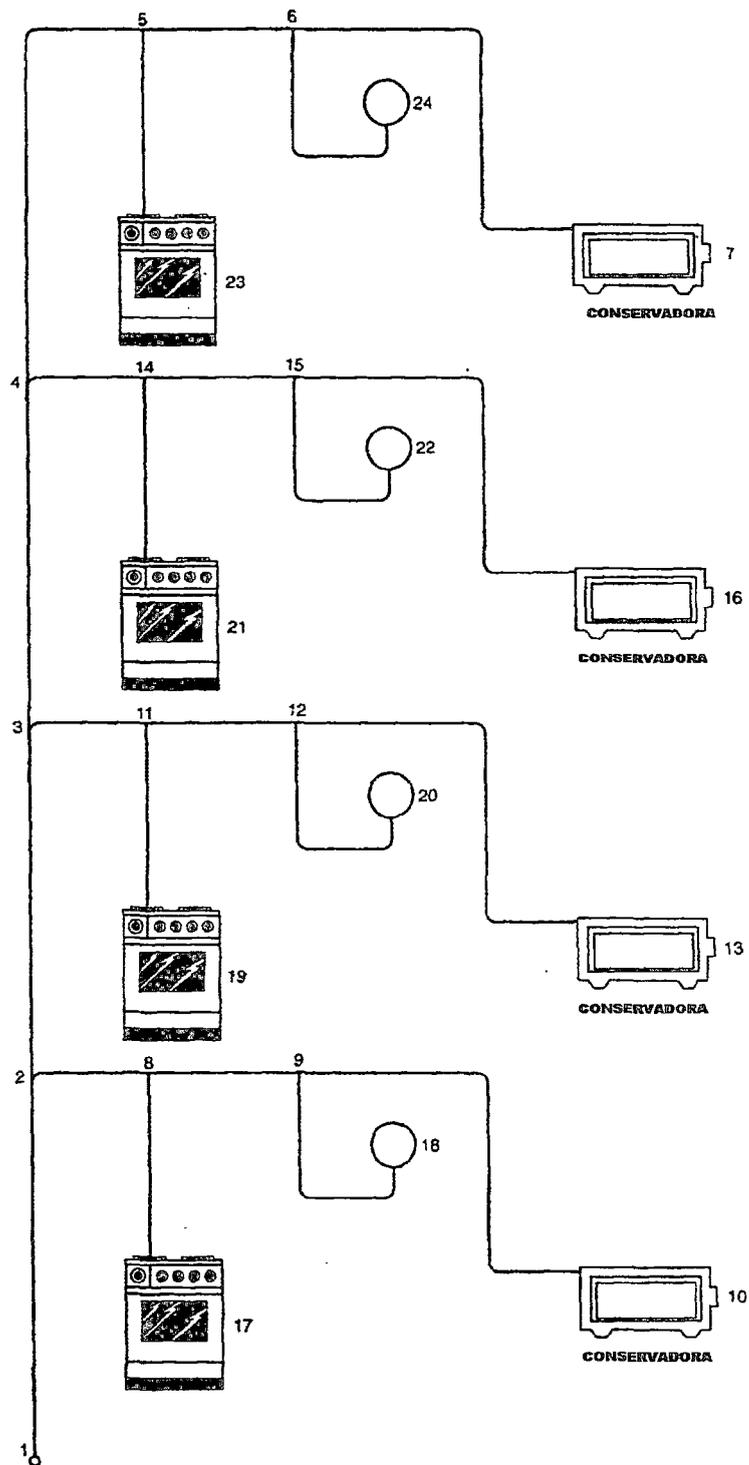
Figura: 4.04, [2]

Cuando se trate de una instalación general que suministra gas a diferentes comercios, el esquema debe iniciarse en la llave de montante colectivo.



Esquema de una instalación colectiva

Figura: 4.05, [2]



Esquema Simplificado de una instalación colectiva

Figura: 4.06, [2]

4.3.4 Caudal Probable por Tramo

Para calcular el caudal probable de cada tramo se aplica la fórmula siguiente:

$$V_p = A + B + \frac{C + D + \dots}{2} \quad 4.04, [2]$$

Donde:

A y B = caudales nominales de los dos aparatos de mayor caudal

C, D... = todos los demás caudales.

Para conocer el caudal de cada tramo, hemos de tener presente los aparatos que serán alimentados con el gas que circula por aquel tramo.

4.3.5 Cálculo del Diámetro de la Tubería.

Sin importar el método usado para calcular el diámetro de diseño, siempre se debe verificar que la velocidad del gas en las tuberías no sobrepase los 20 m/s, ya que se producirían vibraciones, entonces concluimos:

$$v < 20 \frac{m}{s} \quad 4.05, [2]$$

En términos prácticos podemos usar la siguiente fórmula:

$$v = \frac{365 \cdot Q}{P \cdot D^2} \dots \dots \dots \left(\frac{m}{s} \right) \quad 4.06, [2]$$

Donde:

Q = Caudal en m³/h

P = presión absoluta al final del tramo en bares

D = diámetro en mm

4.3.5.1 Mediante Tablas

Como se ha mencionado siempre que sea posible, los diámetros de tuberías se obtiene mediante tablas; sin embargo si no se dispone de tablas adecuadas se recurre al empleo de formulas, cuyo cálculo es sencillo en una hoja de excel.

4.3.5.1.1 Tablas Para Gas en Baja Presión

Tal y como se estudio en el punto 2.5.2 las tablas para gas de baja presión solicitan el ingreso de la pérdida de carga y el caudal para entregar el diámetro de diseño de la tubería.

4.3.5.1.2 Tablas Para Gas en Media Presión

Tal y como se estudio en el punto 2.5.2 las tablas para gas de media presión solicitan el ingreso de la longitud equivalente y el caudal para entregar el diámetro de diseño de la tubería.

4.3.5.2 Mediante las Fórmulas de Renouard

4.3.5.2.1 Formula para Baja Presión (BP)

$$D = \left(\frac{23,200 \cdot d_s \cdot L_e \cdot Q^{1.82}}{p_1 - p_2} \right)^{0.2075} \quad 4.07, [2]$$

Donde:

D = diámetro interior del tubo en mm

p₁ = presión inicial en mbar

p₂ = presión final en mbar

L_e = longitud equivalente en m

Q = caudal en m³ (st)/h

d_s = densidad corregida, mostrada en la tabla siguiente.

Cuadro N° 4.06

Tipo de gas	Densidad (ds)
Gas de ciudad	0.5
Gas natural	0.58
Gas licuado	1.272

Fuente: [5]

4.3.5.2.2 Formula para Media y Alta Presión (MP y AP)

$$D = \left(\frac{48.6 \cdot d_s \cdot L_e \cdot Q^{1.82}}{p_1^2 - p_2^2} \right)^{0.2075} \quad 4.08, [2]$$

Donde:

D = diámetro interior del tubo en mm

p₁ = presión inicial en kg/cm² (absoluta)

p₂ = presión final en kg/cm² (absoluta)

L_e = longitud equivalente en m

Q = caudal en m³ (st)/h

d_s = densidad corregida, mostrada en la tabla anterior del cálculo en baja presión.

4.3.5.3 Mediante las Formulas de Pole.

$$\phi = \sqrt[5]{\frac{L}{\Delta p} \cdot \left(\frac{PCT}{coeficiente \cdot K} \right)^2} \quad 4.09, [2]$$

Donde:

Φ = diámetro interior real en cm

L = longitud en m

Δp = pérdida de presión en Pa

PCT = potencia de cálculo total en Mcal/hora

K = factor de fricción según Φ

Coficiente = para el gas natural 0.0011916

Coficiente = para el gas licuado 0.0017621

Cuadro N° 4.07
 Factor de Fricción

Φ	K
3/8" – 1"	1,800
1 1/4" – 1 1/2"	1,980
2" – 2 1/2"	2,160
3"	2,340
4"	2,420

Fuente: [2]

4.4 Tuberías, Accesorios y demás Elementos de la Instalación.

4.4.1 De las Tuberías

Antes de pasar a describir cada uno de los tipos de tuberías que se pueden usar en las instalaciones de gas, veamos un cuadro simplificado.

Cuadro N° 4.08

TIPO DE TUBERIA	FAMILIA DE GASES Y PRESIONES AUTORIZADAS	NORMAS	CARACTERISTICAS
Tuberías de cobre	1°, 2°, 3° familia BP, MPA y MPB	NTP 342.052	Soldadura Fuerte, unión mecánica solo para $\Phi \leq 1"$ o unión roscada (solo para la conexión a los artefactos)
Tuberías de acero	1°, 2°, 3° familia BP, MPA y MPB	ANSI/ASME B 36.10 NTP 341.065	La unión puede ser roscada para $\Phi \leq 2"$, o por soldadura eléctrica.
Tubería Pe/Al/Pe	1°, 2°, 3° familia BP, MPA y MPB	AS 4176 (Norma Australiana), solo se usa en el sector domiciliario y comercial, no industrial)	Uniones mecánicas de fácil acople.

Fuente: [2]

[4], "Sistema de Tuberías para el suministro de Gas", Ing. Guillermo Diaz Andrade.

La tubería es el elemento de la instalación encargado de conducir el gas. Las tuberías empleadas en la conducción de gas no deben ser atacadas por éste ni por el medio exterior con el que están en contacto. En caso contrario, estarán convenientemente protegidas contra la corrosión.

4.4.1.1 Tuberías de Cobre (Cu)

Los tubos de Cobre son utilizados en la Industria de la Construcción en las instalaciones sanitarias y en las instalaciones de gas.

El cobre es un elemento químico metálico, tiene un color rojizo característico y es inalterable en presencia de aire seco. Funde a 1,088 °C y es un buen conductor del calor y de la electricidad.

Para la instalación de gas en edificaciones las normas permiten el uso de la tubería de cobre tipo "k" y "L", ambas las podemos encontrar en el mercado en Rollos (flexible) y en Tiras Rectas (Duro).

Las tuberías en **rollos** las encontramos en longitudes que fluctúan entre los 15 y 18 metros, en diámetros de ¼"; 3/8"; ½"; ¾"; esta tubería es fácilmente curvable siempre que no se exponga a curvas pronunciadas, incluso se puede realizar sin herramientas de curvado.

Las tuberías en **tiras rectas** por ser duras y no curvables les da características particulares como buena rigidez, excelente resistencia al impacto y perfecta estética a su instalación; las encontramos en longitudes de 6 m, en diámetros de ¼" a 5".

Veamos el siguiente cuadro para tener una idea de la presión interna que soporta cada tipo de tubería:

Cuadro Nº 4.09

Designación	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno ó Nominal (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión de Rotura kg/cm2 Tira Recta	Presión de Rotura kg/cm2 Rollo
3/8" K	12.70	10.22	1.24	541	309
3/8" L	12.70	10.92	0.89	363	208
½" K	15.88	13.40	1.24	412	236
½" L	15.88	13.84	1.02	328	188
¾" K	22.23	18.93	1.65	389	222
¾" L	22.23	19.95	1.14	254	145
1" K	28.58	25.28	1.65	291	166
1" L	28.58	26.04	1.27	217	124

Fuente: [4], "Sistema de Tuberías para el suministro de Gas", Ing. Guillermo Díaz Andrade.

Del cuadro anterior podemos sacar las siguientes conclusiones:

- Cuando nos referimos a una misma designación ó mismo diámetro nominal, notamos que la tubería de cobre tipo “K” soporta mayor presión interna que las tubería de cobre tipo “L”.
- En general si nos referimos a un mismo tipo de tubería a medida que el diámetro aumenta, la tubería soporta menor presión interna.

La Tubería de cobre tipo “K”, es recomendable bajo severas condiciones de servicio. Es apta para el transporte de gas con presión de trabajo superior a 1.37 bar o 20 psi.

La tubería de cobre tipo “L”, se utiliza en el campo del gas en general, siempre que la presión de trabajo no supere los 1.37 bar o 20 psi.

Entre las principales propiedades de las tuberías de cobre, se puede mencionar las siguientes:

- Experimenta baja perdida de carga en la superficie lisa de sus paredes internas.
- Posee considerable resistencia a presiones internas.

4.4.1.2 Tuberías de Acero.

El acero es una aleación de hierro y carbono. El componente principal es el hierro (casi el 98.5% de la composición), que es un elemento metálico, cuyo símbolo químico es Fe. En estado puro es un metal de color gris que funde a 1,535 °C. Es un buen conductor del calor y de la electricidad.

Tiene la propiedad de combinarse químicamente con el oxígeno del aire o el oxígeno del agua para formar el óxido de hierro, este proceso químico se llama “oxidación” que naturalmente, como no sea detenido, acabará con el metal. Para proteger la tubería contra la corrosión se usan dos procedimientos, la pintura epóxica arenada o la galvanización que es un recubrimiento que se le da a la tubería en baños de zinc derretido, de ambos procesos el más económico es el galvanizado. Cuando se produce el roscado esta capa de zinc desaparece, dando ocasión a una oxidación, por ello una vez roscadas las conexiones de unión de los tubos, se protegen los hilos de la rosca que quedan fuera con pintura epóxica anticorrosiva.

Cuando la tubería va enterrada se produce una pila debido a la diferencia de potencial del terreno, consiste en el ingreso y salida de energía, en la salida se forma la corrosión, se puede contrarrestar este efecto de dos formas, con un ánodo de sacrificio o con corriente impresa.

El ánodo de sacrificio se entierra junto con la tubería, puede ser de magnesio, el ánodo tiene un tiempo de vida y luego de ello se debe reemplazar, por lo menos cada tres meses se debe estar revisando como esta trabajando el ánodo.

La protección con corriente impresa consiste en inducir corriente para contrarrestar los efectos de la pila formada, es un sistema mucho mejor, en este caso la tubería pasa a ser el cátodo.

Por ello cuando una tubería va enterrada un dato importante es la resistividad del terreno y con ello podemos ver la agresividad de este y con ello tomar la decisión del tipo de protección a darle.

Un aspecto importante a considerar en el diseño es el espesor de la pared, y se le denomina como calibre, cedula o Schedule. La cedula puede ser 20, 30, 40, 60, 80 o 120, siendo las más comerciales la cedula 40 y 80. El cálculo del espesor mínimo de pared dependerá de la temperatura y la presión de diseño, de manera que la tubería sea capaz de soportar los esfuerzos tangenciales producidos por la presión del fluido. Para el cálculo de la cedula se usa la siguiente formula:

$$P = \frac{2st}{D} FET \tag{4.10, [10]}$$

Donde:

P = presión de diseño, en psi.

s = tensión mínima de fluencia especificada, 42,000 psi, grado 42.

t = espesor nominal de pared, en pulgadas.

D = diámetro nominal exterior de la tubería, en pulgadas.

F = factor básico de diseño, cuadro N° 4.10.

E = factor de junta longitudinal, tubería sin costura, E=1.

T = factor de disminución de temperatura, cuadro N° 4.11.

Cuadro N° 4.10

Factor básico de diseño, F	
Localidad clase 1, división 1	0.80
Localidad clase 1, división 2	0.72
Localidad clase 2	0.60
Localidad clase 3	0.50
Localidad clase 4	0.40

Fuente: [10]

Cuadro N° 4.11

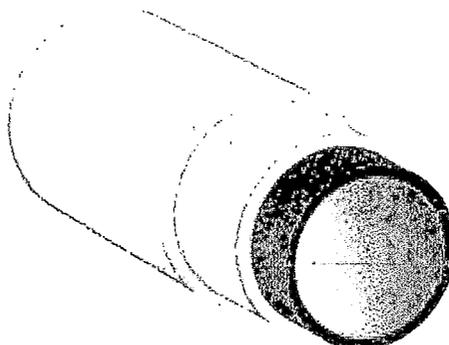
Factor de disminución de temperatura, T	
Temperatura °F	factor
250 o menos	1.000
300	0.967
350	0.933
400	0.900
450	0.867

Nota: para temperaturas intermedias se puede interpolar

Fuente: [10]

4.4.1.3 Tubos de Pe/Al/Pe

Son tuberías multicapa flexible, están conformadas por tres capas una exterior de polietileno, intermedia de aluminio, e interior de polietileno. La capa exterior tiene un recubrimiento anticorrosivo con estabilizadores UV para uso en instalaciones expuestas.



Tubería de PALP

Figura: 4.07, [4], "Sistema de Tuberías para el Suministro de Gas", Ing. Guillermo Diaz Andrade

La norma técnica peruana NTP 111.011, no menciona este tipo de tubería, pero deja abierta la posibilidad del uso de nuevos materiales para las tuberías, siempre que este respaldado por el fabricante para su uso en gas y por una norma técnica de reconocida aplicación, así pues esta respaldada por el ISO 17484-1 como tubería estandarizada, y la norma técnica Australiana AS 4176, por otro lado la norma técnica colombiana NTC 2505 si acepta explícitamente su uso.

Las tuberías PALP solo esta permitido para el uso domiciliario y comercial, esta prohibido en el sector industrial.

Esta tubería solo esta disponible en diámetros de 1/2" y 5/8", la poca variedad de diámetros es una desventaja en este tipo de tuberías, por otro lado resiste 18.6 bar como presión de trabajo.

Entre sus propiedades podemos mencionar:

- No reacciona químicamente con el cemento por lo cual puede ir empotrado.
- Es muy flexible, se puede doblar incluso sin herramientas de doblado.
- Tiene forma estable en tramos rectos y curvos
- Es liviana

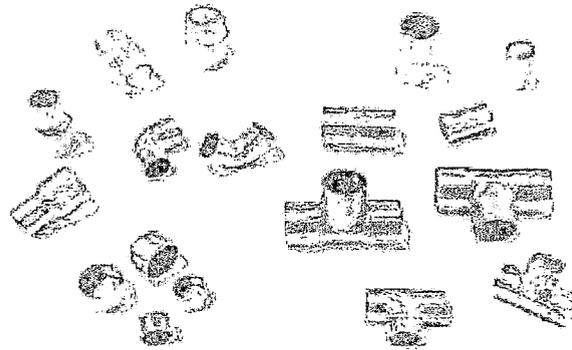
Cuadro N° 4.12

Descripción de las tuberías PALP		
Ø equivalente	1/2"	5/8"
Dimensiones de la tubería en mm (Øint Øext)	1216	1620
Diámetro interior en mm (Øint)	12	16
Diámetro exterior en mm (Øext)	16	20
Radio de doblado sin herramienta	≥ 5Ø _{ext}	≥ 5Ø _{ext}
Radio de doblado con herramienta especial	≥ 1.5Ø _{ext}	≥ 1.5Ø _{ext}
Peso lineal (gr/m)	125	185

Fuente: [4], "Sistema de Tuberías para el suministro de Gas", Ing. Guillermo Diaz Andrade.

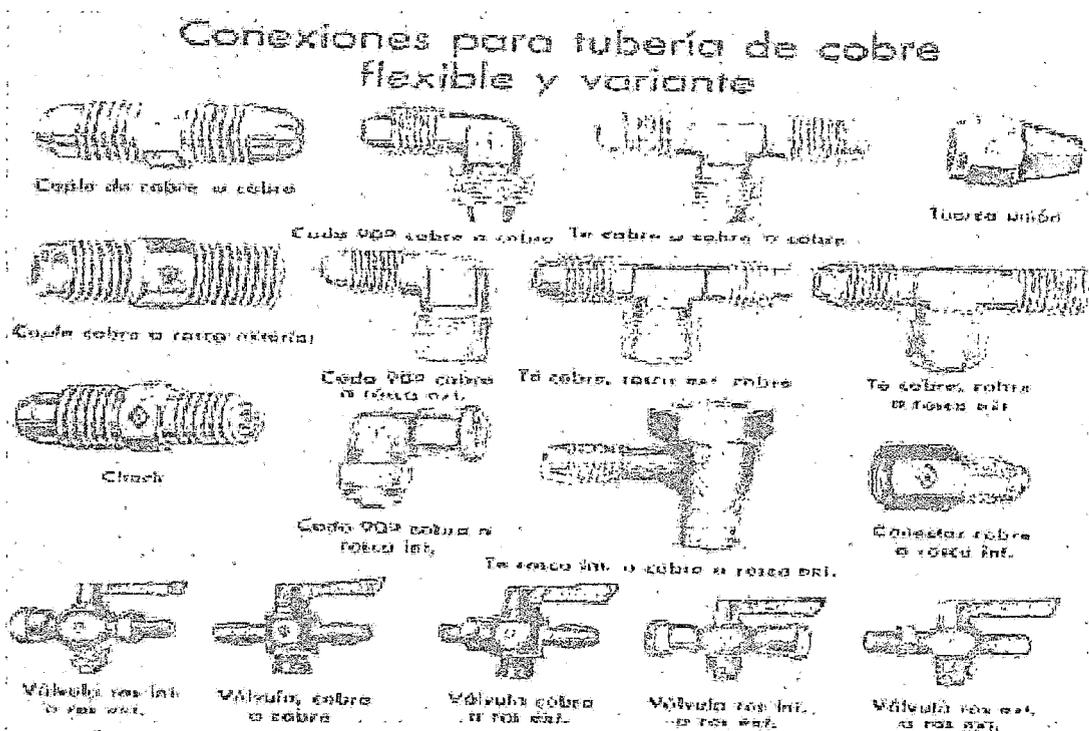
4.4.2 De los Accesorios

Para los accesorios de las tuberías de **cobre rígido**, se debe usar soldadura Fuerte, o unión roscada (solo para la conexión a los artefactos).



Podemos observar las uniones simples, los codos, las tee, los tapones, todas las cuales se unen por soldadura fuerte, estas son usadas en las tuberías de cobre rígido.

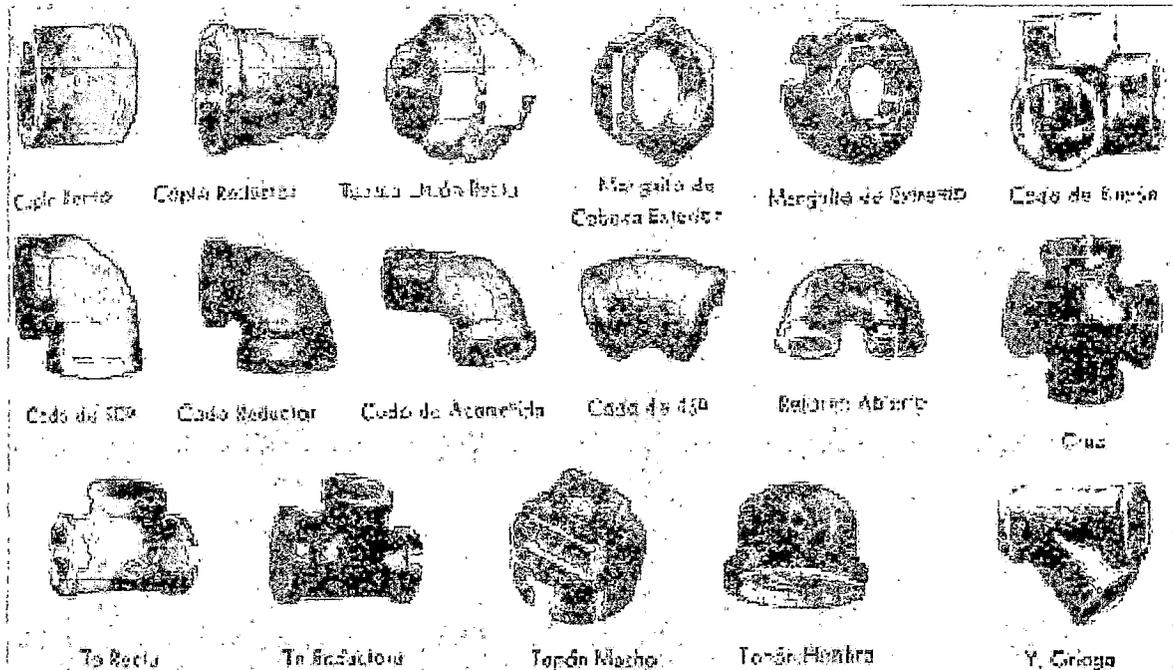
Figura: 4.08, [4], "Sistema de Tuberías para el Suministro de Gas", Ing. Guillermo Diaz Andrade



Podemos observar las uniones simples, los codos, las tee, todas las cuales se unen por la unión mecánica, para ello se sigue el proceso del abocinado, estas son usadas en las tuberías de cobre flexible.

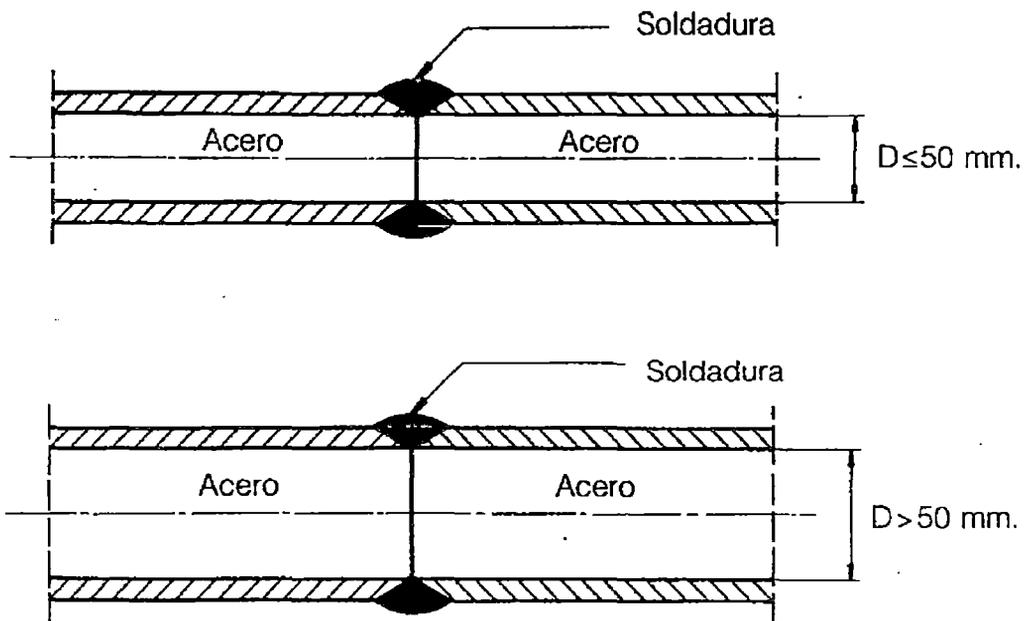
Figura: 4.09, [4], "Sistema de Tuberías para el Suministro de Gas", Ing. Guillermo Diaz Andrade

Para los accesorios de las tuberías de acero, la unión puede ser roscada para $\Phi \leq 2"$, o por soldadura eléctrica.



Podemos observar los codos, las tee, los tapones, las derivaciones en y, todas las cuales se unen por roscado, estas son usadas en las tuberías de acero.

Figura: 4.10, [4], "Sistema de Tuberías para el Suministro de Gas", Ing. Guillermo Diaz Andrade

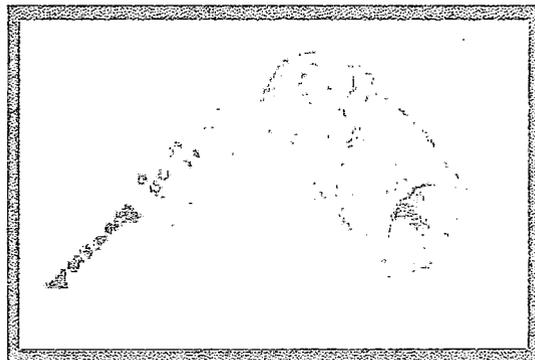


Podemos observar la soldadura eléctrica practicada en una tubería de acero tanto para los tubos de $\varnothing > 2"$ o $\varnothing \leq 2"$, es el mismo.

Figura: 4.11, [2]

4.4.3 Válvulas y Sistema de Control

Las válvulas deben ser diseñadas exclusivamente para ser usadas con gas, por ello deben estar debidamente autorizadas y homologadas. Las válvulas son dispositivos de corte, cuando se necesite hacer alguna reparación, mantenimiento o por emergencia, deben tener una resistencia superior a los 10 bar.



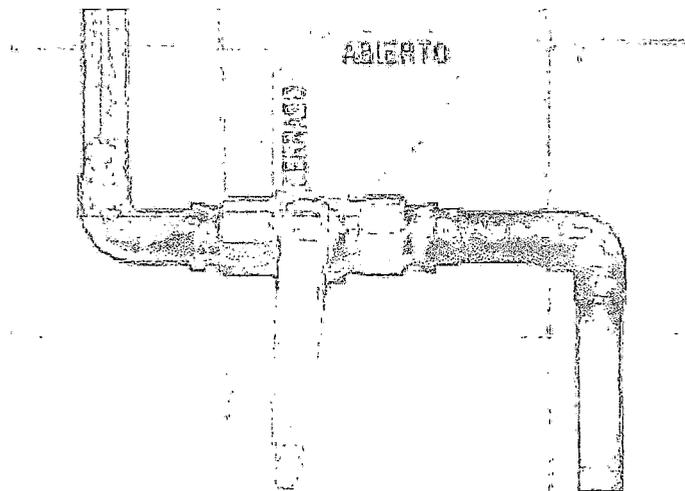
Válvula diseñada para gas

Figura: 4.12, [4], "Sistema de Tuberías para el Suministro de Gas", Ing. Guillermo Diaz

Se colocan válvulas en la acometida, antes del medidor y después del medidor para el caso del gas natural.

Se coloca una válvula múltiple al ingreso del tanque (para el llenado con el carro-tanque), una válvula a la salida del tanque, y válvulas antes y después del medidor para el gas licuado.

Ya sea para el gas natural o para el gas licuado, cada artefacto debe tener su propia válvula de seguridad. Si no existe ningún artefacto instalado al final de la tubería, esta debe estar cerrada con un tapón.



Válvula mostrando las posiciones abierto y cerrado

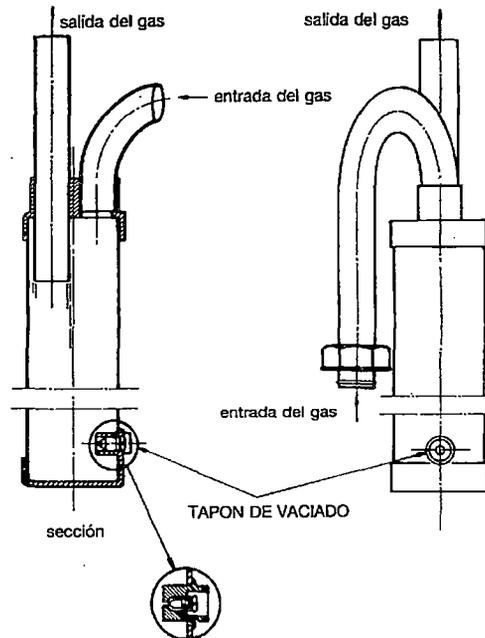
Figura: 4.13, [4], "Sistema de Tuberías para el Suministro de Gas", Ing. Guillermo Díaz

No podemos dejar de mencionar en esta parte las **válvulas de solenoide**, estas válvulas se utilizan en los sistemas de regulación, control y seguridad de la instalación. Abren o cierran el paso de gas en función de una señal eléctrica.

Las válvulas de solenoide pueden ser:

- a) De mando directo, cuando el núcleo metálico cierra o abre directamente la válvula.
- b) De mando indirecto, cuando el núcleo del solenoide mueve a su vez otro mecanismo de apertura o cierre.

Otra medida de seguridad dentro de una instalación son los **dispositivos de recogida de condensados o decantadores**, son importantes en toda instalación, dado que el gas combustible puede llevar vapor de agua; el cual cuando baja un poco la temperatura, puede alcanzarse el llamado punto de rocío, en el que se produce la condensación del vapor de agua. Es conveniente recoger el agua mediante unos dispositivos que deben estar provistos de un tapón de vaciado, para hacer las limpiezas periódicas.



Dispositivo de recogida de condensados o decantador

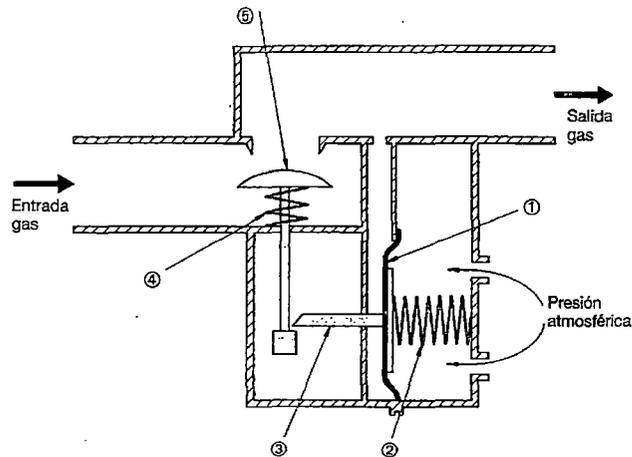
Figura: 4.14, [2]

4.4.4 Limitadores

Los limitadores cumplen ciertas funciones relacionadas con la seguridad de la instalación, los cuales concretamente son tres, los que se emplean para que la presión no sobrepase un valor determinado, que el caudal no sobrepase un valor determinado o que el fluido no circule en sentido contrario al previsto.

Los **Limitadores de presión** son dispositivos que reciben también el nombre de **válvula de seguridad por máxima**. Su función es evitar que la presión sobrepase un valor determinado. Cuando se alcanza el valor de presión para el que ha sido graduado, se corta automáticamente el paso de gas.

El funcionamiento del limitador de presión es como sigue. La presión que hay en la salida actúa sobre la membrana (1), sobre la que actúa también la presión ejercida por el muelle (2). Si la presión del gas es mayor que la del muelle, el gatillo o vástago (3) se retira hacia la derecha, con lo que actúa el muelle (4) sobre el obturador (5) y cierra el paso de gas.



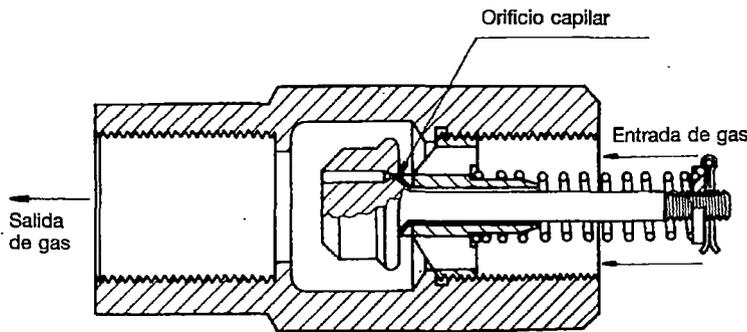
Limitador de presión

Figura: 4.15, [2]

A primera vista, este dispositivo se parece al regulador de presión. Sin embargo, no es así; el regulador mantiene la presión del gas en un valor constante a la salida del regulador, sea cual fuere la presión de entrada; es decir, controla la presión del gas. El limitador no controla la presión, sino que corta el paso de gas cuando la presión excede un determinado valor. En este sentido, el limitador de presión sería una válvula de seguridad que sólo actúa en caso de necesidad, por ejemplo, cuando fallan otros dispositivos anteriores y la presión aumenta inesperadamente.

Los **Limitadores de caudal** son dispositivos que también se denominan **válvulas de exceso de flujo**. Su función es evitar que el caudal sobrepase un valor determinado. El lugar más adecuado para su instalación es a la salida de la válvula de gas y delante del regulador de presión. Cuando aparece un exceso de caudal, se interrumpe automáticamente el paso de gas.

Funciona de la siguiente forma. El gas, al pasar por el limitador, sufre una caída de presión; mientras esta caída de presión sea inferior a la fuerza que ejerce el muelle, la válvula permanecerá abierta, pero si la caída de presión es superior a la fuerza del muelle, éste cede y el obturador se desplaza cerrando la válvula. La caída de presión crece cuando se produce un aumento brusco del caudal de gas. La válvula permanecerá cerrada hasta que el gas que pasa por el orificio capilar equilibre las presiones; una vez restablecido el equilibrio, la fuerza del muelle vuelve a abrir la válvula.

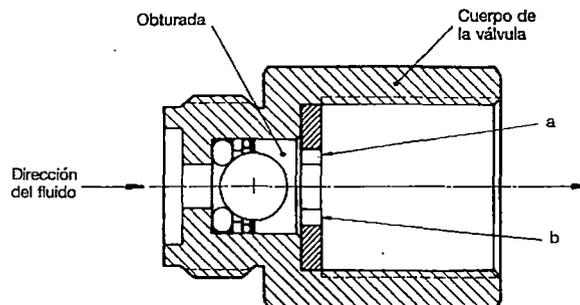


Limitador de caudal

Figura: 4.16, [2]

Las **válvulas de retención** son dispositivos para evitar que el gas circule en sentido inverso.

El funcionamiento de la válvula de retención es muy sencillo. El flujo de gas empuja al obturador hacia la derecha, pero el gas puede pasar por los orificios (a) y (b). Si hubiera flujo en sentido contrario, el obturador se desplazaría hacia la izquierda, pero como allí no hay orificios de salida, el gas no podría pasar en esa dirección.



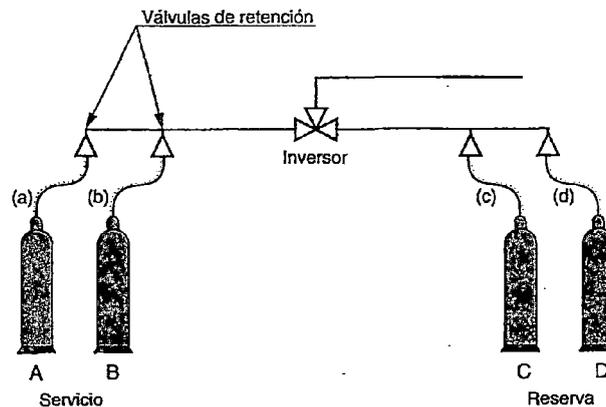
Válvula de retención

Figura: 4.17, [2]

4.4.5 Inversores

Los inversores se utilizan en la instalación de baterías de cilindros de gas. La batería de cilindros en paralelo, que suministran gas conjuntamente, y de otra batería de cilindros de reserva, Cuando se agotan la batería de servicio, debe entrar en funcionamiento la batería de reserva.

El inversor evita que se corte el suministro de gas cuando se efectúa la conmutación de la batería de cilindros de servicio por la de reserva.



Vemos los cilindros A y B forman la batería de servicio y los cilindros C y D forman la batería de reserva.

Figura: 4.18, [2]

En el mercado existen inversores manuales y automáticos, en el primer caso manualmente se mueve el inversor para dejar el paso de gas de la batería de reserva a la línea de consumo, cuando la batería de servicio se ha gastado, en el segundo caso se mantiene el mismo principio solo que la inversión se hace automáticamente.

4.4.6 Medidores y Reguladores

El **medidor** es el aparato que mide el consumo de gas, no indica el caudal de gas, sino los metros cúbicos (m^3) de gas que el usuario ha consumido a lo largo de un periodo que generalmente es un mes.

El medidor es un elemento fundamental en las instalaciones de gas y, en consecuencia, es también muy importante la forma de instalarlo, sobre todo en lo que se refiere a seguridad.

Los datos técnicos y denominación de los medidores son:

- Caudal nominal, en $m^3(st)/h$.
- Presión máxima, en bares.

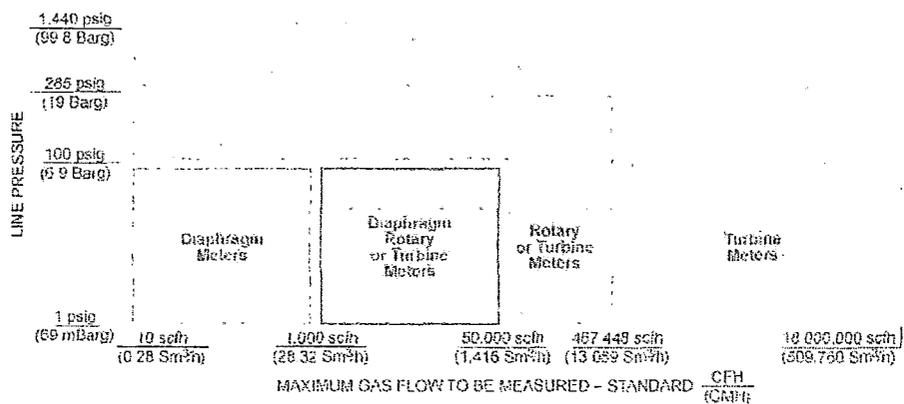
Los medidores de gas, se clasifican en volumétricos y no volumétricos.

Los medidores volumétricos tienen un mecanismo que permite medir un volumen determinado de gas, mediante un contador, de tal forma que a cada ciclo o giro del mecanismo contador corresponde un volumen determinado de gas, se clasifican en medidores de paredes deformables o diafragma (diaphragm) y medidores de pistones rotativos (rotary). Los medidores de paredes deformables es muy resistente y preciso,

usándose preferentemente en el sector domestico y comercial, por otro lado los medidores de pistones rotativos mantiene su precisión con un amplio margen de caudales, es usado principalmente en el sector industrial.

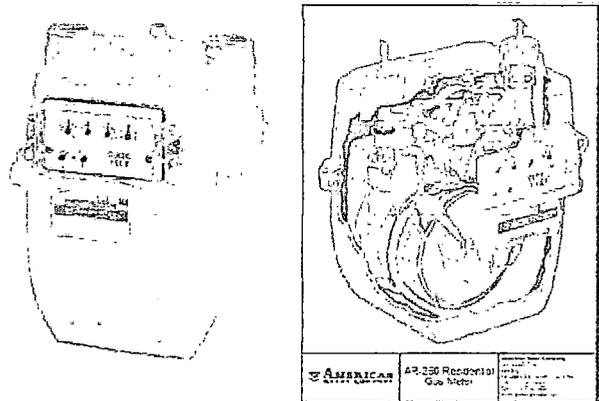
Los medidores no volumétricos miden la cantidad de gas a partir de la velocidad con que éste pasa por el interior del contador. El más característico es el contador de turbina (turbine), este medidor es más sofisticado y se justifica su uso cuando los caudales son elevados, se usa en el sector industrial.

Independiente del tipo de medidor, las mediciones se realizaran a presión regulada, por lo que siempre el sistema de regulación estará aguas arriba del medidor y estará calculado para mantener la presión regulada en un valor estable de presión y caudal a los efectos de introducir errores de medición.



En este grafico didáctico podemos ver en el eje de abscisas los caudales nominales ($m^3(st)/h = Sm^3/h$) y en el eje de las ordenadas la presión de trabajo en bares o psi, con ellos podemos saber el tipo de medidor que necesitamos para nuestro proyecto.

Figura: 4.19, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales", Ing. Guillermo Díaz Andrade.



Observamos un medidor volumétrico

Figura: 4.20, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales", Ing. Guillermo Díaz Andrade.

Los **reguladores** son aparatos destinados a reducir la presión aguas arriba y entregar una presión casi constante aguas abajo, de esta manera podemos colocar la distribución del gas a los niveles que requieren los aparatos consumidores para su correcto funcionamiento.

La regulación puede efectuarse en una, dos o tres etapas, de acuerdo al diseño de la instalación, llamándose regulador de primera, segunda y tercera etapa respectivamente.

Los reguladores tienen sistemas de desfogue llamados **venteo** que funcionan cuando la presión aguas arriba es elevada, por este motivo los reguladores deben ubicarse en espacios ventilados o colocar sus venteos hacia espacios ventilados a lo menos de 1.0 m sobre el punto más alto de cualquier construcción ubicada dentro de un radio de 7.5 m.

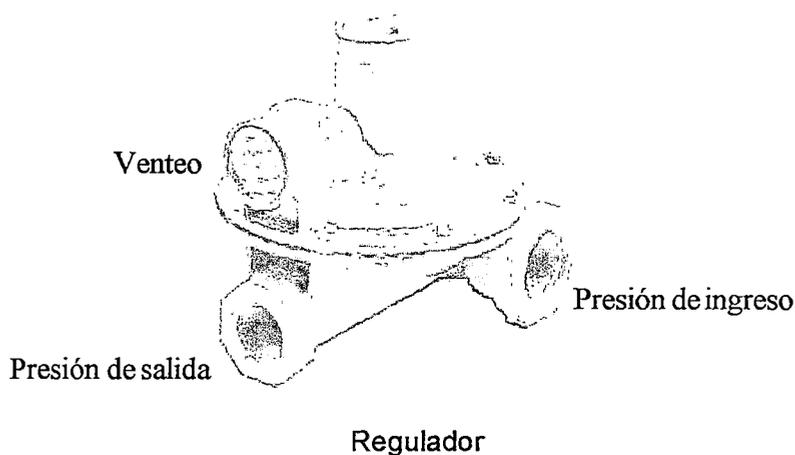


Figura: 4.21, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales", Ing. Guillermo Díaz Andrade.

4.4.8 Los Quemadores.

La principal función del quemador es dosificar el combustible y el comburente para lograr una combustión óptima, en consecuencia los quemadores aportan combustible en las proporciones adecuadas para su adecuado encendido y combustión, y el aire con el oxígeno necesario para la combustión.

El quemador mezcla el aire y el combustible, permitiendo la combustión controlada del gas.

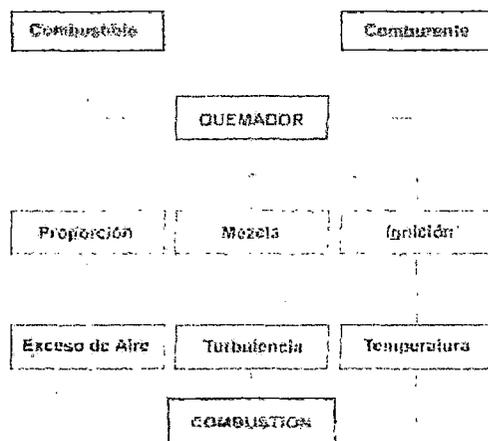


Figura: 4.22, [4], "Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo Neyra

El encendido de la mezcla puede ser provocado externamente, o bien el quemador puede llevar incorporado un sistema de encendido. Todo quemador debe garantizar que se cumplan los siguientes requisitos:

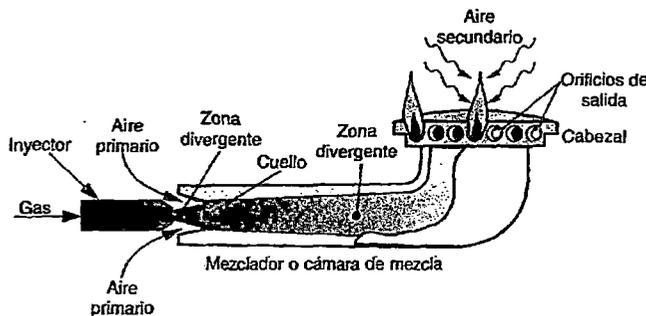
- La mezcla del gas y el aire debe ser homogénea y adecuada en función del tipo de llama que se desee.
- La llama debe ser estable.
- La cantidad de gas que llegue al punto de mezcla debe ser correspondiente a la potencia requerida.
- En general, se pretende que la combustión sea completa.

Como ya hemos mencionado, los quemadores mezclan el combustible con el aire, pues bien para lograr esta mezcla uno de los dos fluidos debe ser el que transfiera la energía cinética necesaria para mezclarse y consecuentemente será el fluido dominante. Cuando el combustible es el dominante, el quemador se llama atmosférico, en este caso se aprovecha la presión de entrada del gas y se aspira el aire por efecto venturi en las

proporciones adecuadas para lograr la mezcla óptima. Cuando el aire es el dominante, el aire debe ser impulsado por un ventilador y absorber el combustible en las proporciones adecuadas para lograr la mezcla.

Los quemadores usados en el sector comercial, son los atmosféricos, dado que utilizan la presión con la que llega el gas para generar la mezcla dentro del quemador, y este es el principio sobre el cual los diversos aparatos a gas para uso comercial están diseñados.

Quegador atmosférico constituido por el inyector, cámara de mezcla y el cabezal. El inyector se encarga de dar el ingreso al caudal de gas a una presión determinada, la cámara de mezcla es donde se mezcla el combustible con el comburente y el cabezal contiene los orificios por donde sale la mezcla aire-gas. El cabezal es una pieza clave porque determina la forma y el número de llamas que configuran el quemador.



Quegador atmosférico constituido por el inyector, cámara de mezcla y el cabezal.

Figura: 4.23, [2]

Capítulo 5: Especificaciones Técnicas para las Instalaciones

5.1 Descripción de una Red

Red de GLP:

Para el GLP, el punto inicial de la red interior estará determinado por la ubicación de los cilindros o del tanque según sea el caso, y concluirá con la entrega a los artefactos.

Desde el tanque o batería de cilindros, hasta el medidor, las tuberías deben discurrir preferentemente por el exterior del comercio.

La presión máxima de operación no puede ser superior a 2 bares. Si el trazado se ha de realizar por un primer sótano, la tubería irá alojada en una vaina metálica cuyos extremos ventilen al exterior; si esto no fuera posible, un extremo estará sellado y el otro ventilado al exterior. La tubería debe ser continua, sin cortes ni uniones que no sean soldadas.

Red de GN:

Para el GN el punto inicial de la red interior estará determinado por la acometida del comercio, y el recorrido de las tuberías hasta los artefactos.

La presión máxima de operación no puede ser superior a 4 bares.

Desde la red pública hasta el contador, las tuberías deben discurrir preferentemente por el exterior del edificio o por los patios interiores. Si esto no fuera posible, se alojarán en vaina de acero, con ambos extremos ventilados, en el caso de que los dos extremos no puedan ser ventilados, deberá serlo al menos por uno, con el otro sellado. Cuando el recorrido deba ser interior, la empresa instaladora debe comunicar al usuario, y justificarlo, a la empresa suministradora, en nuestro caso Calidda (solo en Lima y Callao).

En ambos casos (GLP ó GN), la proyección de la línea de consumo y su ejecución se debe efectuar cumpliendo los siguientes criterios:

- a) La línea de consumo debe ser instalada en lugares accesibles, de fácil ubicación en caso de ser necesarias revisiones o reparaciones.
- b) El recorrido entre el punto inicial y la entrega a los artefactos debe ser, en lo posible, cortó.
- c) La línea de consumo no debe interferir con otras instalaciones.

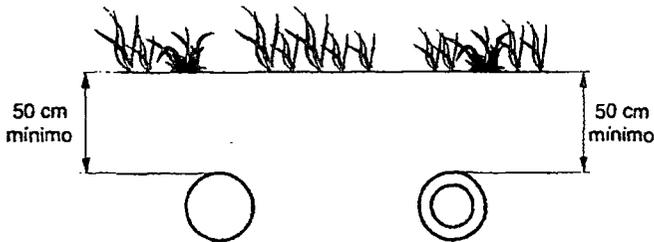
5.2 Profundidad de los Arranques de la Matriz Interior

Este punto aplica para las instalaciones de GN, la distancia mínima de seguridad para tuberías enterradas, medida desde el lomo de la tubería al nivel del terreno o pavimento serán las siguientes:

- Si la instalación atraviesa calles pavimentadas la distancia será de 80 cm.
- El arranque de la matriz interior deberá quedar a 50 cm. de profundidad bajo la vereda.

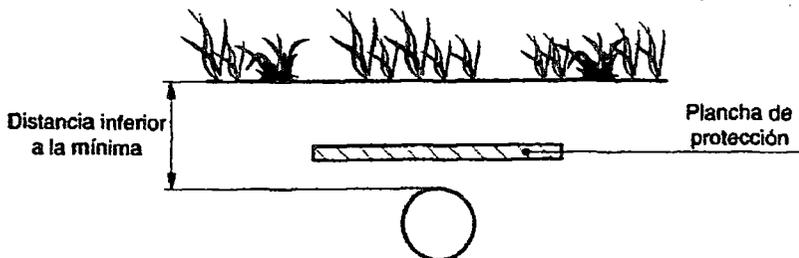
5.3 Tuberías Enterradas

El caso de las tuberías enterradas, se hace necesario cuando se tiene que cruzar un jardín, las tuberías no pueden instalarse en el subsuelo del local. La profundidad del enterramiento debe ser de 50 cm., como mínimo, medidos desde la superficie hasta la generatriz del tubo o de la vaina, si el tubo está alojado en vaina. Si no puede respetarse la distancia mínima señalada, deberá interponerse entre la tubería y la superficie una plancha metálica o una losa de hormigón que reduzca la carga sobre la tubería de todas formas.



Distancias mínimas de la tubería enterrada, sin vaina y con vaina, con respecto a la superficie del suelo.

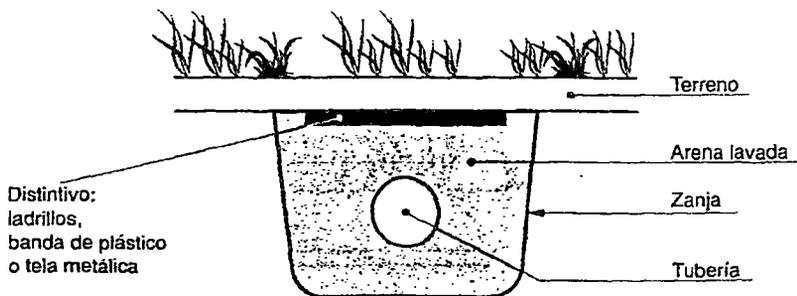
Figura: 5.01, [2]



Interposición de una plancha para reducir la carga sobre la tubería cuando no puede respetarse la distancia mínima.

Figura: 5.02, [2]

La forma material de enterrar la tubería es cavar una zanja con una profundidad que fluctúe entre 0.50 m a 0.60 m por 0.40 m de ancho suficiente para que quepa holgadamente. Una vez instalada, se rellena el hueco con arena cernida en capas de 0.20 m para lo cual se tendrá las siguientes precauciones: la primera capa debe estar compuesta del material más fino posible es decir, sin piedras ni residuos duros que amenacen la constitución física de las tuberías, luego, la tierra se apisona cuidadosamente, de este modo se tiene la seguridad que las tuberías quedan protegidas para recibir las siguientes capas. La tubería debe llevar la correspondiente protección anticorrosiva. A una distancia comprendida entre 20 y 30 cm. de la tubería, debe colocarse un distintivo que indique su existencia; puede utilizarse una hilera de ladrillos, una banda de plástico o un segmento longitudinal de tela metálica.



Vista en sección de una zanja para enterrar una tubería a gas

Figura: 5.03, [2]

Para proteger las tuberías contra la humedad del suelo, se recubre de un revestimiento continuo mediante una materia plástica o betún de petróleo.

Precauciones que deben adoptarse en el enterramiento de los tubos

El fondo de la zanja debe quedar lo más horizontal posible, sin que existan materiales que puedan dañar la tubería.

Es preciso revisar el estado de los tubos y del revestimiento, así como de los elementos de unión, antes de su colocación.

Las uniones deben ser realizadas por personal calificado; la realización de las soldaduras, en las tuberías de acero, sólo podrá ser llevada a cabo por soldadores homologados.

Durante la ejecución de la obra, es importante no perjudicar el funcionamiento de otras tuberías que ya estén funcionando, sean de gas, agua o alcantarillado.

5.4 Formas de Instalar la Tubería en el Interior

Las tuberías instaladas en el interior de la construcción, pueden ser colocadas de diversas maneras:

a) Se puede decidir hacer una instalación oculta, para ello veamos las posibilidades y consideraciones:

- Si estamos en el primer nivel la tubería se puede colocar embutidas en el piso, para lo cual deben estar protegidas.
- Si la instalación es entre losas, como en los casos de los edificios de varios pisos, la tubería se coloca embutida en la losa antes del vaciado de esta.
- Si la instalación esta embutida en tabiques de albañilería pueden colocarse bajo el tarrajeo.
- Si la instalación esta embutida en elementos de concreto armado (placas), debe ir sobre el refuerzo.
- Es importante considerar que la tubería en una instalación oculta debe estar protegida para que no tenga contacto con el concreto, por ejemplo la tubería de cobre tiene muy buenas propiedades pero al contacto con el concreto sus bondades quedan mermadas, dado que los compuestos químicos del cemento deterioran la tubería de cobre en un corto tiempo.

b) Si se decide hacer una instalación a la vista tendríamos las siguientes posibilidades y consideraciones:

- Si la instalación va por el piso, tendría que ir adosada al contrazocalo y la tubería se fija con las correspondientes abrazaderas, adicionalmente se le puede colocar una canaleta para mejorar la estética.
- De igual manera la tubería puede ir adosada en placas y tabiques de albañilería con su respectiva abrazadera y canaleta.

c) Por ultimo se puede decidir hacer una instalación combinada con tramos ocultos y a la vista.

d) Las tuberías no pueden pasar por los siguientes sitios:

- Pueden estar alojados en forjados que constituyan el suelo de la vivienda.
- No pueden cruzar bocas de aireación o ventilación
- No pueden cruzar conductos de sustancias residuales ni de evacuación de basuras.
- No pueden cruzar chimeneas ni huecos de ascensor o montacargas.
- No pueden pasar por locales que contengan transformadores o depósitos de combustible.

5.4.1. Tuberías Vistas

Se dice así cuando son visibles en todo su recorrido y deben tener el color característico amarillo ocre. La tubería vista ha de pasar a cierta distancia de las tuberías de agua caliente, las conducciones eléctricas y los conductos de evacuación de gases. En la siguiente figura mostramos estas distancias:

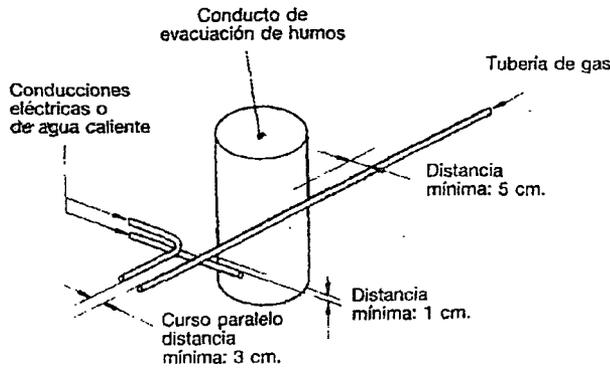
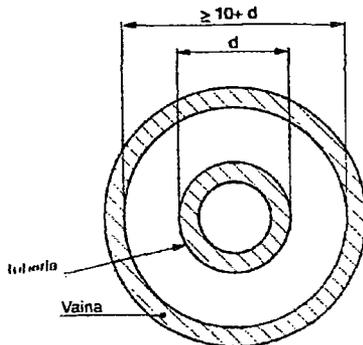


Figura: 5.04, [2]

5.4.2. Tuberías Alojadas en Vainas

Se denominan así a las tuberías que están protegidas del medio exterior por vainas, llamadas también "camisa protectora". La vaina es un tubo cuyo diámetro interior debe ser, como mínimo, 10 mm mayor que el diámetro exterior de la tubería. Las vainas han de ser de acero en aquellos casos en que deban actuar como protección mecánica de la tubería.



El conducto es un canal que puede contener una o más tuberías.

Figura: 5.05, [2]

El tipo de material de construcción del conducto se indica en la tabla siguiente:

Cuadro N° 5.01

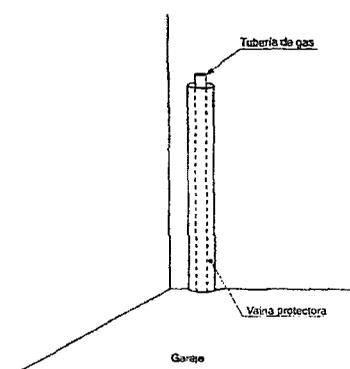
Funciones	Materiales	Características
Para protección mecánica	Conducto metálico o con perfiles	1.5 mm de espesor mínimo
Para ventilación	Metálicos	1.5 mm de espesor mínimo
Para decoración	Cualquier material indeformable	Las necesarias para que no se produzca la deformación
Para varias funciones simultáneamente	Se utilizara el material para la función más exigente	

Fuente: [2]

La superficie exterior de la vaina, cuando sean metálicas, se pintaran de forma que estén protegidas contra la corrosión.

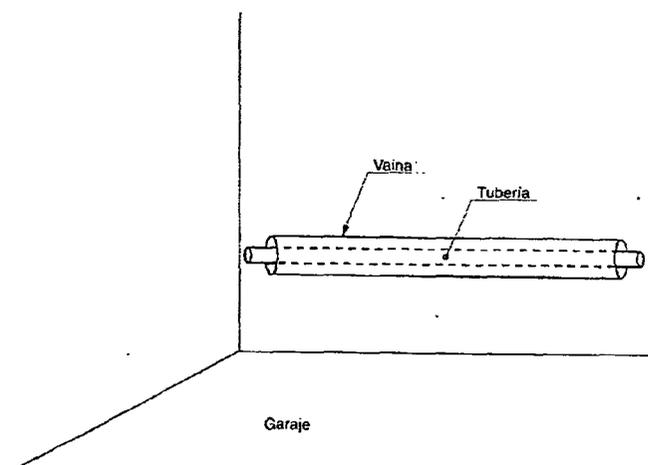
Con el fin de que si, eventualmente, se produce fugas de gas, este pueda alcanzar la salida por los extremos previstos para la ventilación, la vaina no debe tener interrupciones. Así se deben colocar vainas en los siguientes casos.

a. Cuando exista peligro de golpes, se pondrán vainas como protección mecánica, en estos casos la vaina debe ser continua en todo su recorrido, en garajes, por ejemplo es fácil que un coche pueda golpear la tubería; por este motivo se deberá poner protección mecánica. Si la tubería discurre a menos de 300 mm por encima del mostrador de la cocina, se considera una situación peligrosa y se dispondrá, asimismo, protección mecánica. Cuando se deba emplear vaina, puede utilizarse la vaina entera o media caña, según convenga.



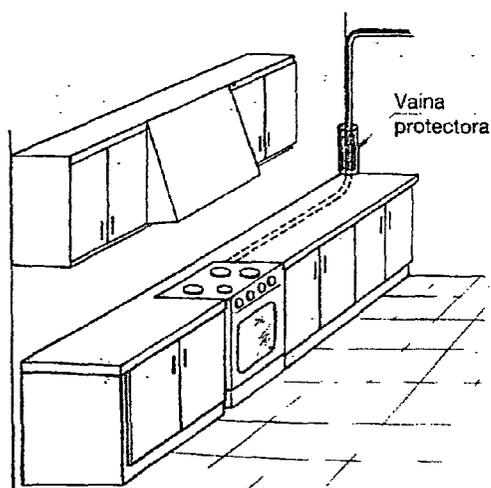
Vaina de protección mecánica en un garaje (tubería vertical)

Figura: 5.06, [2]



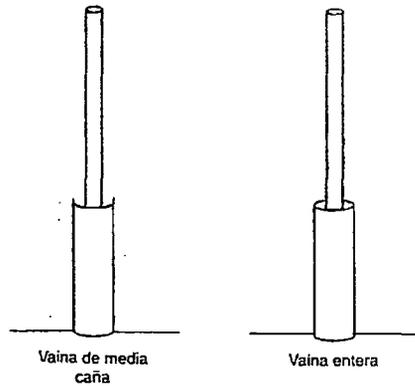
Vaina de protección mecánica para una tubería horizontal.

Figura: 5.07, [2]



Protección mecánica de una tubería de gas en una cocina.

Figura: 5.08, [2]



Protecciones mediante vaina de media caña y vaina entera.

Figura: 5.09, [2]

b. Cuando las tuberías deban discurrir por un primer sótano, debido a la naturaleza de la edificación, no exista otra posibilidad. Es muy importante que el sótano este suficientemente ventilado, porque la normativa contempla excepciones para este tipo de sótanos. Se considera un sótano suficientemente ventilado el que tiene aberturas que comunican directamente con el exterior, situadas en paredes opuestas y separadas por una distancia mínima horizontal de 2m, y verticalmente por un desnivel mínimo de 2m también; la superficie de las aberturas debe ser al menos igual a una milésima parte de la superficie en planta del recinto y no menor a 200cm², es decir “la superficie de las aberturas en centímetros cuadrados (cm²) tiene que ser igual o mayor que 10 veces la superpie de la planta del recinto en metros cuadrados (m²)”, lo dicho anteriormente se expresa mediante la formula practica siguiente:

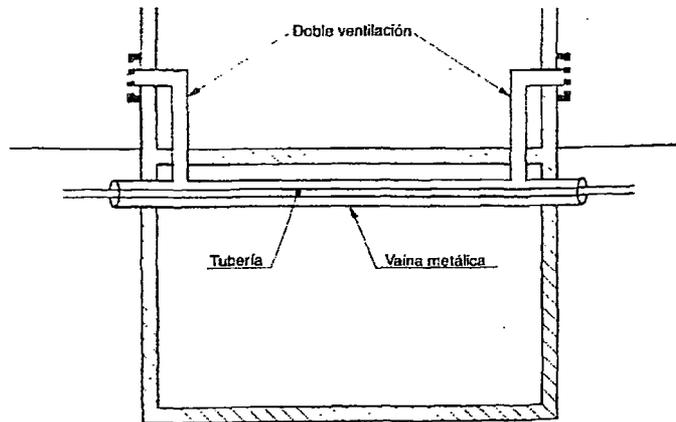
$$S > 10 \cdot A \quad \dots\dots\dots 5.01, [2]$$

Donde:

S = superficie total de las aberturas en cm²

A = superficie en planta del recinto en m²

Para las tuberías en baja presión (BP), el material debe ser acero con uniones soldadas o cobre con uniones por soldadura fuerte. Si el sótano esta suficientemente ventilado, no hará falta utilizar vaina; la tubería debe ser continua, sin llaves ni uniones que no sean soldadas. Si el sótano no esta suficientemente ventilado, la tubería debe ir enfundada en vaina metálica con ventilación por los dos extremos.

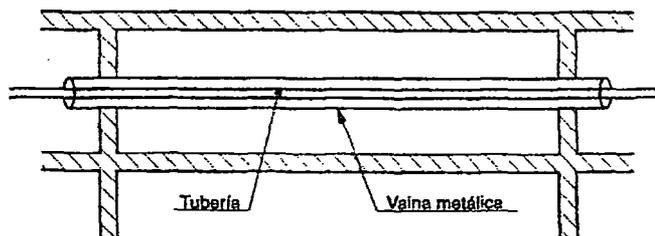


Vaina metálica con doble ventilación por los extremos, en un primer sótano.

Figura: 5.10, [2]

Para las tuberías en media presión siempre deben ir enfundada en vaina metálica, con los extremos conectados al exterior o a un patio de ventilación; si no fuera posible conectar los dos extremos, bastara hacerlo en uno solo y el otro, sellado.

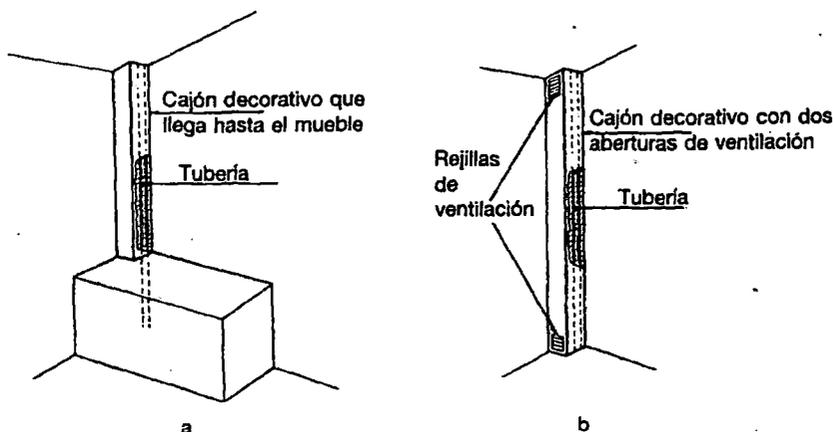
c. Cuando las tuberías deban discurrir por cámaras cerradas, las tuberías deben ser continuas y estar alojadas en vainas ventiladas por ambos extremos, o al menos por uno de ellos.



Tubería Vaina metálica con vaina de doble ventilación en una cámara no ventilada.

Figura: 5.11, [2]

d. Por imperativos estéticos, si una tubería pasa por el interior de una habitación, es frecuente que se desee ocultarla o disimularla por motivos estéticos; en este caso podrá emplearse cualquier material que no sufra deformaciones. Si no hubiere ventilación natural, se proveerá a la vaina o cajón de aberturas de ventilación.



Conductos decorativos para ocultar la tubería de gas.

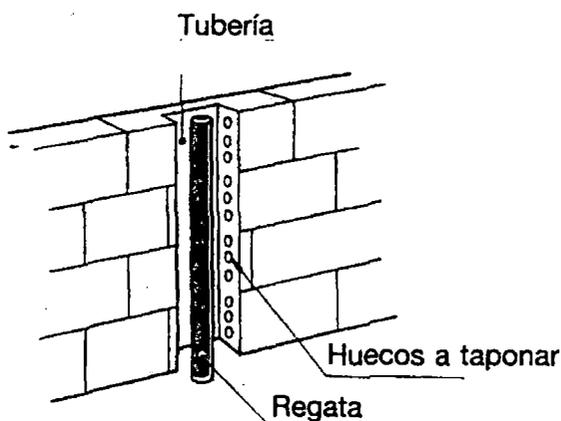
Figura: 5.12, [2]

5.4.3. Tuberías Empotradas

Sólo se permiten las uniones soldadas en el tramo empotrado, las tuberías serán protegidas contra la corrosión.

No debe haber contactos con partes metálicas. Los tramos empotrados serán verticales u horizontales.

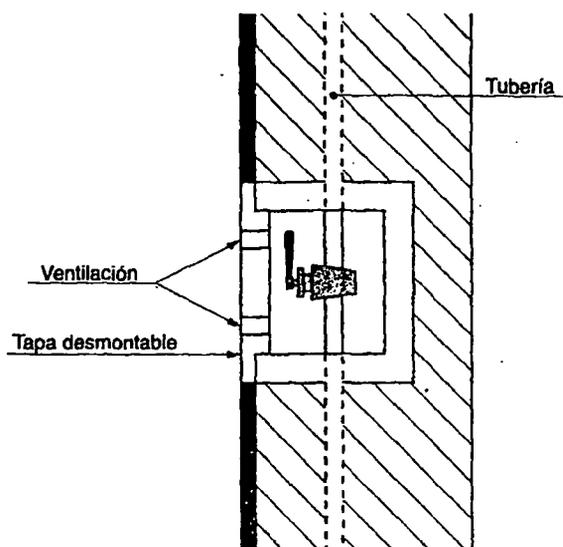
Si se hace un picado en la pared, una vez colocada la tubería debe rellenarse el hueco con material. Si han quedado a la vista los agujeros de los ladrillos, deben taparse antes de rellenar el picado.



Picado vertical en una pared para esconder la tubería. Si la pared es de ladrillo hueco, hay que taponar bien los agujeros antes de rellenar el picado.

Figura: 5.13, [2]

Si la tubería empotrada tiene que llevar una llave o unión mecánica, ésta debe estar situada en un cajetín o alojamiento que sea fácilmente accesible, y que esté ventilado.



Cajetín para contener una llave.

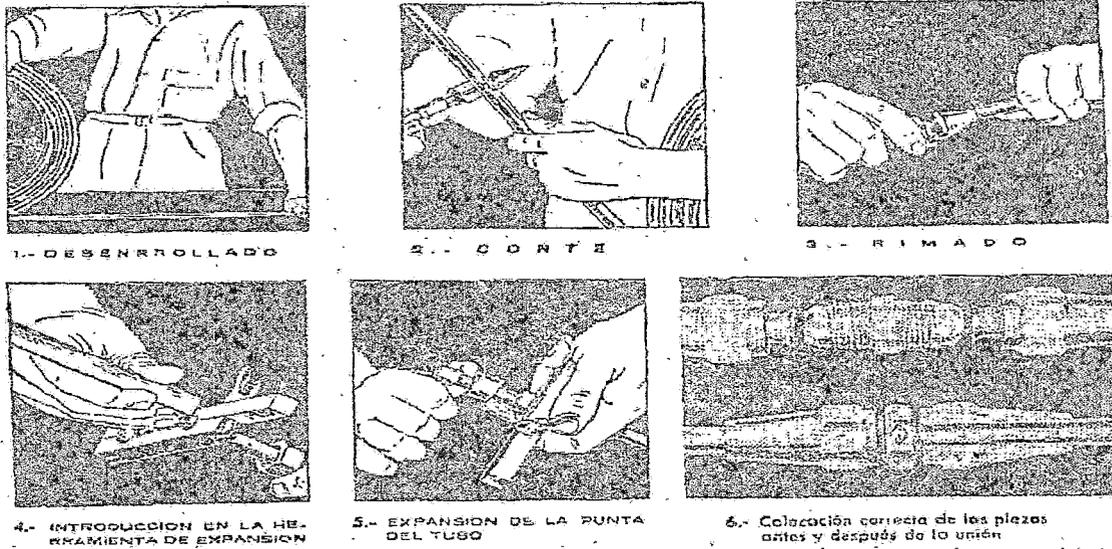
Figura: 5.14, [2]

5.5 Uniones de Tubos

Los procesos de unión son aplicables dependiendo del tipo de tubería, el diámetro y el tipo de material a unir (tubería, accesorio, válvula, etc.), esto se describió en punto 4.4.1 del presente estudio, ahora solo describiremos cada uno de ellos.

5.5.1 Unión mecánica

Para la unión mecánica no se usa ningún tipo de sellante, la hermeticidad se asegura con la compresión que se ejerce entre las piezas metálicas unidas. La unión mecánica se aplica en las tuberías de cobre flexible y para ello se sigue el siguiente procedimiento:



Siguiendo la secuencia del grafico: primero se desenrolla la tubería de cobre flexible, segundo se corta con el cortatubos, tercero se lima la superficie interior, cuarto se coloca la herramienta de expansión del tubo, quinto se expande la boca del tubo, y sexto se coloca el accesorio de unión como se muestra en la figura y se ajusta la tuerca de unión.

Figura: 5.15, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales", Ing. Guillermo Díaz Andrade.

5.5.2 Unión Roscada

Son recomendables en tuberías de acero con diámetro nominal inferior a 2 pulgadas.

En la unión roscada, se debe aplicar un compuesto sellador a la rosca macho tipo teflón líquido, este compuesto no endurece y asegura el sellado.

Las uniones roscadas deberán tener filetes bien tallados, cuidando que las roscas no queden disperejas, con muescas, corroídas o con cualquier otra clase de averías.

El sistema de tuberías (tuberías, accesorios y uniones) deben ser protegidas contra la corrosión y que haya una continuidad del revestimiento o protección usada, reparando si fuera necesario cualquier daño que haya sufrido la protección durante los trabajos de instalación.

5.5.3 Unión con Soldadura

Veamos los tipos de soldadura a emplearse para los distintos tipos de uniones.

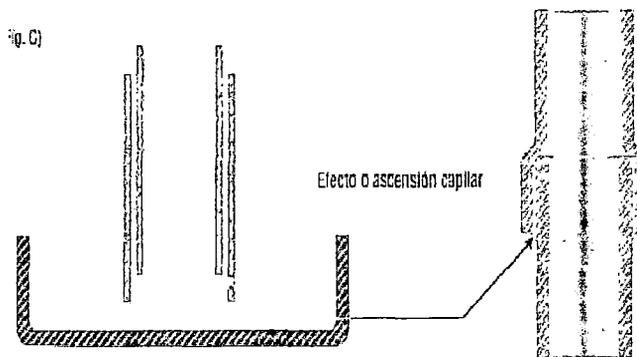
Cuadro N° 5.02

Tipo de unión	Tipo de soldadura	Observaciones
Cobre – Cobre (hasta 4 bares)	Soldadura capilar fuerte	
Cobre – Acero (hasta 0.05 bares)	Soldadura capilar fuerte	Se debe conectar con un accesorio de bronce para evitar el par galvánico por cambio de material
Acero – acero	Soldadura eléctrica	Es aconsejable usarlo en $\varnothing > 2"$, porque para los $\varnothing \leq 2"$, tenemos la alternativa de usar unión roscada.

Fuente: [2]

5.5.3.1 Soldadura Capilar Fuerte.

Este tipo de soldadura consiste en disponer las piezas que se han de soldar de forma que exista entre ellas un pequeño espacio intersticial. Al calentar las piezas se aporta un metal que funde en contacto con ellas. Debido al fenómeno de la capilaridad, el metal fundido asciende y se extiende en cualquier sentido del espacio intersticial, con ello, al enfriarse se consigue una unión totalmente hermética.



Veamos el procedimiento para la aplicación de la soldadura capilar fuerte.

Figura: 5.16, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales", Ing. Guillermo Díaz Andrade.

- a) Cortar el tubo con el aparato cortatubos.

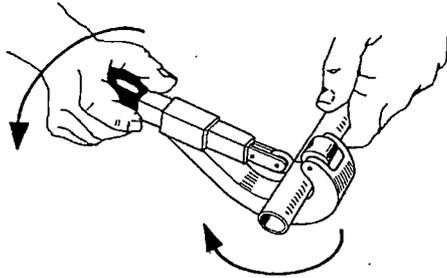


Figura: 5.17, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales",
Ing. Guillermo Díaz Andrade.

- b) Retiro de rebabas al interior de la tubería y lijado del exterior del tubo y del accesorio.
c) Aplicar una capa de fundente sobre las partes que se han de soldar.



Figura: 5.18, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales",
Ing. Guillermo Díaz Andrade.

- d) Acoplar los tubos o las piezas entre sí, dando un movimiento de giro alternante para que las piezas encajen bien y penetre perfectamente el fundente.

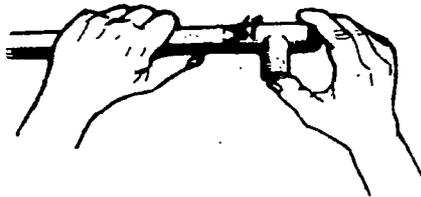


Figura: 5.19, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales",
Ing. Guillermo Díaz Andrade.

e) Aplicar la llama del soplete procurando que sea uniforme en todo alrededor hasta que el cobre adquiera un color rojizo oscuro

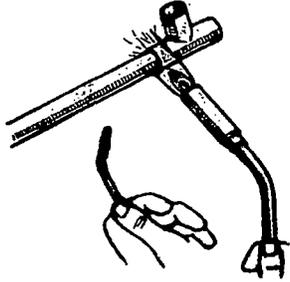


Figura: 5.20, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales", Ing. Guillermo Díaz Andrade.

f) Cuando se ha cumplido la condición anterior, puede aplicarse ya el metal de aportación y se procede a soldar. Cuando la varilla de suelda (metal de aportación) entra en contacto con el metal caliente, se funde y penetra en el espacio intersticial.

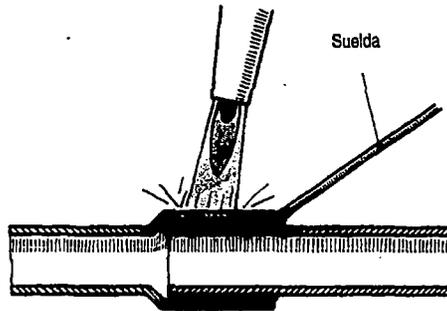


Figura: 5.21, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales", Ing. Guillermo Díaz Andrade.

g) Una vez efectuada la soldadura, es conveniente eliminar los restos de fundente, con un trapo.

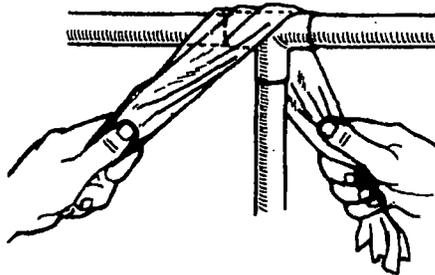


Figura: 5.22, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales", Ing. Guillermo Díaz Andrade.

h) Finalmente se evalúa la visualmente la calidad de la soldadura, para aceptarla no debe contener restos de material de aporte.

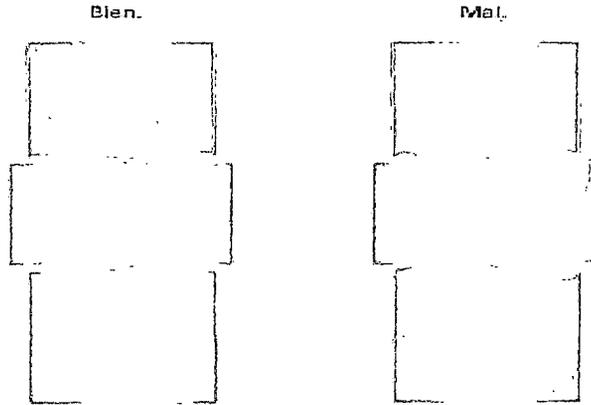


Figura: 5.23, [4], "Diseño de Instalaciones Industriales, Residenciales y Comerciales", Ing. Guillermo Díaz Andrade.

En la soldadura fuerte, el material de aporte funde a más de 450 °C, pero siempre la temperatura de fusión es menor que la temperatura de fusión de los materiales a unir.

El material de aporte son aleaciones de cobre, plata y zinc, estas se venden en varillas y se identifican por el porcentaje de plata que contienen.

El fundente tiene por función remover, eliminar los óxidos y otras impurezas de las áreas juntas expuestas a la acción de la soldadura, por otro lado favorecen a la fusión del material de aporte.

Usualmente en las instalaciones de media y baja presión se usan los fundentes P-15, con un 15% de contenido de plata, y una temperatura de fusión de 650 °C.

5.5.3.2 Soldadura Eléctrica

La soldadura eléctrica, se emplea fundamentalmente en la soldadura de piezas de acero.

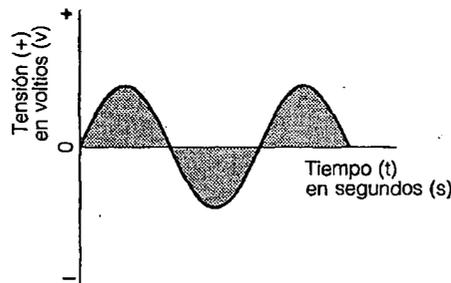
La soldadura eléctrica se basa en el arco voltaico que se provoca entre un electrodo y las piezas que se desean soldar. El arco voltaico es una chispa eléctrica continuada que va del electrodo a las piezas, sin que entre ambos elementos exista contacto. Se caracteriza por su elevada potencia calorífica, que provoca la fusión de las piezas que se han de soldar, así como la del electrodo.

El arco voltaico emite radiaciones ultravioletas y radiaciones visibles que se contrarrestan con el uso de la careta de soldador con la finalidad de filtrarlas, además

emite radiaciones infrarrojas, estas radiaciones son las que aportan la energía calorífica que producirá la fusión de los metales, estas son invisibles.

Con respecto a la corriente eléctrica utilizada, el arco voltaico requiere corriente continua, mientras que la corriente de la red es alterna; otro factor que se ha de tener en cuenta es la tensión eléctrica que debe ser en torno a los 75 V para arrancar el arco y después de unos 30 V para mantenerlo. Recordemos que la corriente bifásica de la red es normalmente de 220 V y de 380 V la trifásica.

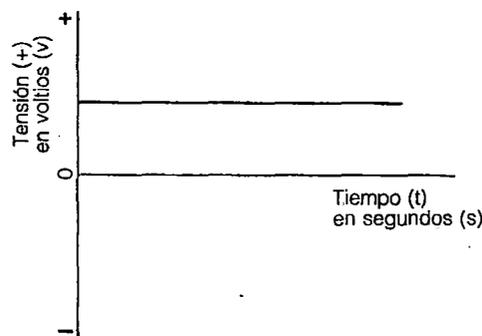
La corriente alterna se caracteriza porque la intensidad y la tensión varían sinusoidalmente en función del tiempo, y esto es lo que no se quiere porque se crearían diferencias de potencial inferiores a los requeridos para la correcta fundición.



Representación de la relación tensión/tiempo para la corriente alterna

Figura: 5.24, [2]

Lo óptimo es tener la corriente continua o constante. La corriente constante se caracteriza porque la tensión y la intensidad son constantes a lo largo del tiempo.



Representación de la relación tensión/tiempo para la corriente continua

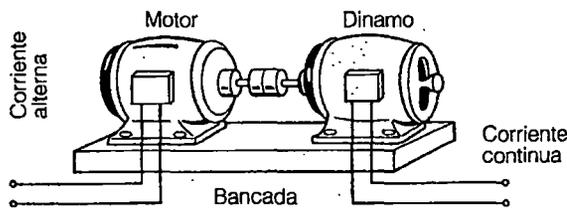
Figura: 5.25, [2]

La temperatura que se alcanza en el arco eléctrico esta entre 4.000 y 5.000 °C y es la más elevada de todos los tipos de soldadura por ello es capaz de fundir la mayoría de metales y aleaciones.

Los equipos de soldadura principales son el transformador, la dinamo y el rectificador, estos equipos tienen por función transformar la corriente alterna en corriente continua.

El transformador de tensión es un aparato tiene dos enrollamientos independientes, el primario y el secundario. El primario formado por muchas espiras de hilo de cobre de pequeña sección y conectado a la red. El secundario formado por un número menor de espiras de hilo de cobre y de mayor sección proporciona la tensión y la intensidad convenientes.

La dinamo es un generador que debe ser accionado por un motor eléctrico o un motor de combustión, en el primer caso el motor es alimentado por la corriente alterna de la red y entrega corriente continua, y en el segundo caso el motor de combustión necesita combustibles como gasolina o petróleo.

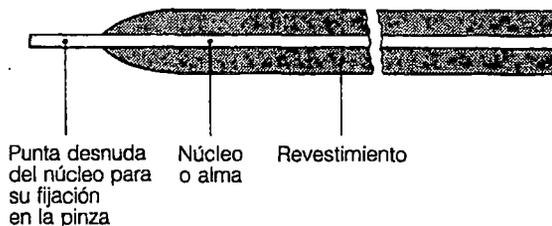


Grupo convertidor de la corriente alterna en corriente continua.

Figura: 5.26, [2]

El rectificador es estático, es decir, no tienen partes móviles. No entraremos en detalles sobre su funcionamiento, porque nos llevaría fuera de los límites de la tesis.

En la soldadura eléctrica, el electrodo es el vehículo de la corriente eléctrica y constituye el material de aportación. La forma del electrodo es cilíndrica y consta de dos partes, una interior, denominada núcleo, y otra exterior, denominada revestimiento.

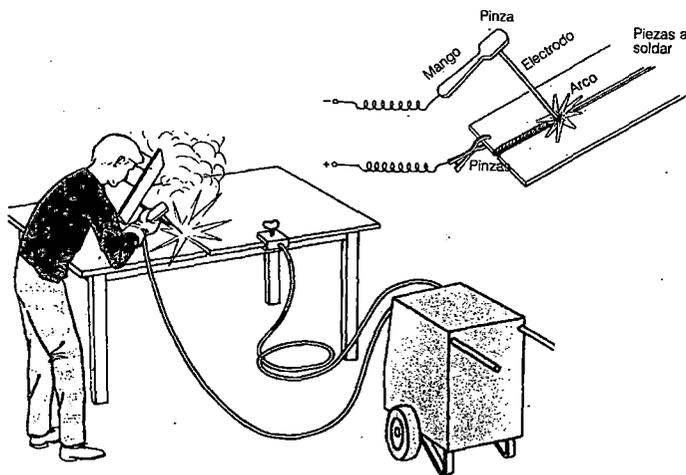


Electrodo de soldar por arco

Figura: 5.27, [2]

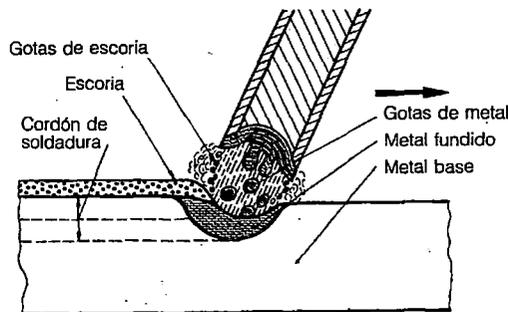
El núcleo es una varilla de acero libre de impurezas, que se fabrica en los diámetros siguientes: 1.5, 2, 2.5, 3.25, 4, 5, y 6 mm. El revestimiento tiene la finalidad de facilitar el proceso de soldadura, cumpliendo la función de desoxidante del metal fundido, con lo cual el arco se hace más estable y crea una atmósfera antioxidante, factor que también evita la formación de óxidos.

El aparato eléctrico de soldar tiene la típica doble salida; si es de corriente continua, una de polo positivo y la otra de polo negativo. El polo positivo se conecta a la base o pieza que hay que soldar mediante un cable provisto de pinzas. El polo negativo va conectado al soldador propiamente dicho, que consta de un mango que sostiene el electrodo. El electrodo se ha de poner en contacto con la pieza. Al separarlo ligeramente de ésta, se forma el arco voltaico.



Equipo de soldeo por arco eléctrico. Veamos las conexiones de los cables.

Figura: 5.28, [2]



Durante el soldeo al arco, el metal del electrodo se funde y se deposita sobre las piezas formando el cordón de soldadura.

Figura: 5.29, [2]

5.6 Instalación de Medidores o Contadores.

Las mediciones se realizarán a presión regulada, por lo que siempre el sistema de regulación estará aguas arriba del medidor, con la finalidad de tener un valor estable de presión y caudal a los efectos de no introducir errores de medición.

Los medidores deben instalarse en lugares secos y ventilados, resguardados de la intemperie y protegidos de interruptores, motores u otros aparatos que puedan producir chispas, y deben considerarse también, las recomendaciones de sus fabricantes y del distribuidor. Deben ubicarse en cajas de protección de manera que el medidor sea fácilmente accesibles para su examen, reemplazo, toma de lecturas y adecuado mantenimiento.

Los medidores se instalan dentro de una caja de protección que debe tener dos puntos de ventilación con conexión al exterior y en paredes opuestas, deberán estar espaciadas 2m como mínimo en la vertical y horizontal.

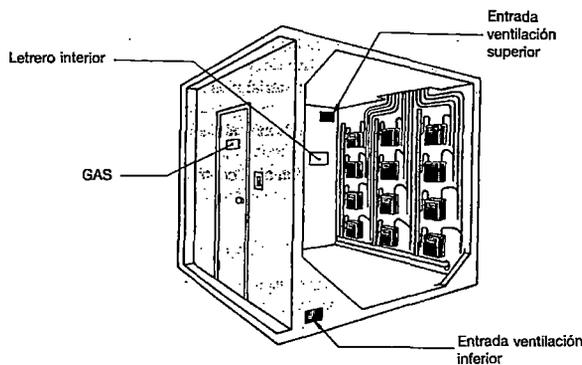


Figura: 5.30, [2]

El área de la ventilación en cm^2 debe ser mayor a 10 veces el área de planta en m^2 pero no debe ser menor a 200 cm^2 . Por otro lado si las entradas y salidas de aire son de lados $b \times h$, se debe cumplir la relación:

$$1.0 < \frac{b}{h} \leq 1.5 \quad 5.02, [2]$$

Si se da el caso que no se tiene comunicación con el exterior entonces se pueden hacer conexiones al exterior mediante conductos pero corrigiendo las áreas según el siguiente cuadro.

Cuadro N° 5.03

Longitud del conducto (m)	Factor de corrección	Nueva sección
$3 < L \leq 10$	1.5	$S_c \geq 1.5 \times S$
$10 < L \leq 26$	2.0	$S_c \geq 2.0 \times S$
$26 < L \leq 50$	2.5	$S_c \geq 2.5 \times S$

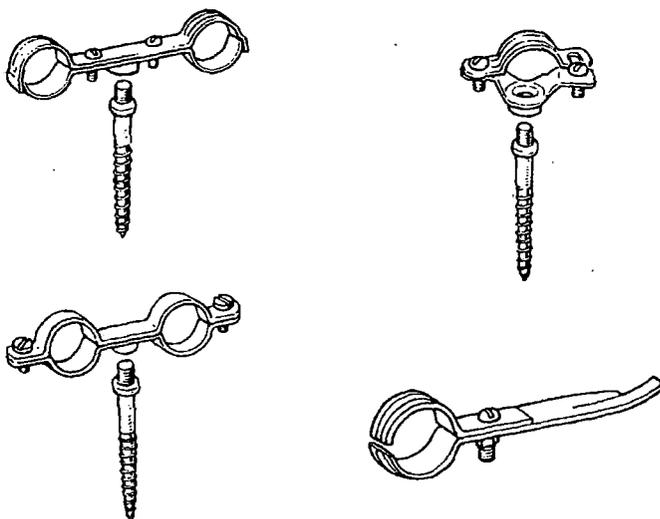
Fuente: [2]

5.7 Elementos Auxiliares en la Instalación de Tuberías.

Veremos algunos elementos que se consideran auxiliares, pero que también forman parte de la instalación; nos referimos a los elementos que se emplean para sujetar las tuberías a las paredes y los que se utilizan para protegerlas cuando tienen que atravesar un muro o un techo, conocidos genéricamente con el nombre de pasamuros.

5.7.1 Elementos para Sujetar las Tuberías

Los elementos de sujeción más utilizados son las abrazaderas y, en algunas ocasiones, las pinzas, estas deben ser instaladas de forma tal que no se produzcan tensiones entre estas.



Soportes para sujetar las tuberías en las paredes.

Figura: 5.31, [2]

Las tuberías vistas de cobre y acero deben disponer de elementos de sujeción a intervalos regulares, que dependerán del diámetro de la tubería y del tipo de tubería. Para las tuberías Pe/Al/Pe se pide como mínimo una sujeción cada 3 metros en tramos rectos,

en tramos irregulares se pueden colocar los soportes a menor distancia a criterio del instalador.

Tuberías de cobre y acero

En las tablas siguientes mostraremos las distancias correspondientes a las separaciones máximas entre los dispositivos de sujeción para tuberías horizontales y verticales de cobre y acero.

Cuadro Nº 5.04 Tuberías de cobre rígido. Distancias entre las sujeciones

Diámetro en mm	Soportes		Separación máxima en metros	
	Tipo	Material	Horizontal	Vertical
$d \leq 15$	Abrazadera	Latón o cobre, acero galvanizado ⁽¹⁾	1	1.5
$15 < d \leq 25$	Abrazadera	Latón o cobre, acero galvanizado ⁽¹⁾	1.5	2
$25 < d \leq 40$	Abrazadera	Latón o cobre, acero galvanizado ⁽¹⁾	2.5	3
$d > 40$	Abrazadera	Latón o cobre, acero galvanizado ⁽¹⁾	3	3.5

(1) Debería intercalarse, entre la tubería y la abrazadera de acero galvanizado, protección contra la corrosión galvánica.

Fuente: [2]

Cuadro N° 5.05 Tuberías de acero. Distancias entre las sujeciones

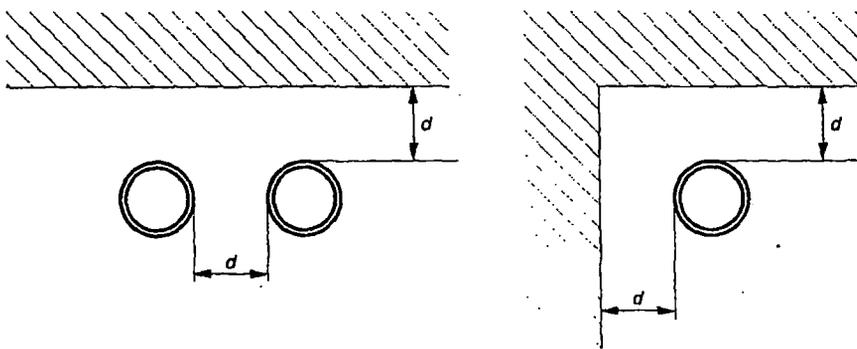
Diámetro en pulgadas	Soportes		Separación máxima en metros	
	Tipo	Material	Horizontal	Vertical
$d \leq \frac{1}{2}''$	Abrazadera	Acero negro o acero galvanizado	1.5	2
$\frac{1}{2}'' < d \leq 1''$	Abrazadera	Acero negro o acero galvanizado	2	3
$1'' < d \leq 1 \frac{1}{4}''$	Abrazadera	Acero negro o acero galvanizado	2.5	3
$d > 1 \frac{1}{4}''$	Abrazadera	Acero negro o acero galvanizado	3	4

Fuente: [2]

Cuando la tubería discorra por el techo, no debe estar en contacto con la superficie del mismo, sino a una distancia determinada, que dependerá del diámetro de la tubería.

Si el diámetro del tubo es inferior o igual a 20 mm, la distancia entre la tubería y la pared, o el techo o con otro tubo, debe estar comprendida entre 20 y 40 mm.

Si el diámetro del tubo es superior a 20 mm, la distancia debe estar comprendida entre 1 y 2 veces el diámetro del tubo.



Distancias de las tuberías al techo, a la pared y entre tubos, cuando discurren por el techo

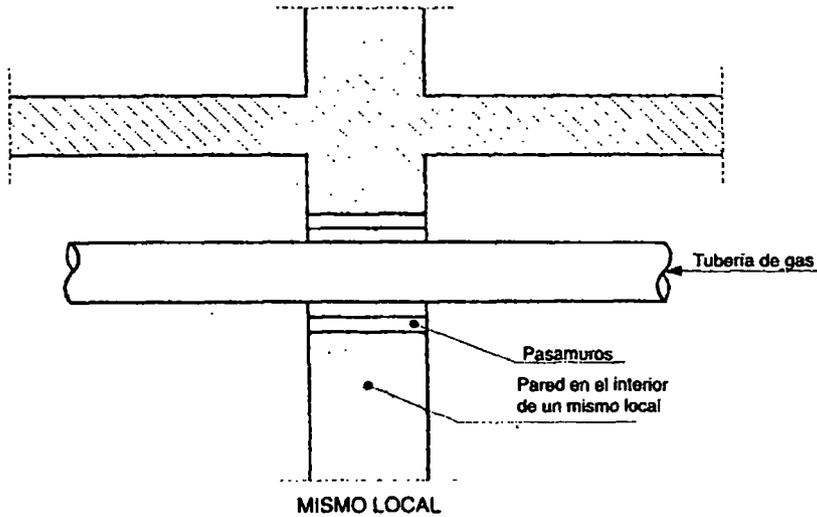
Figura: 5.32, [2]

Si un soporte sostiene varias tuberías, debe tomarse como referencia la tubería de mayor diámetro.

a) Pasamuros interiores a la vista.

Son los pasamuros que atraviesan paredes interiores del mismo local, paredes interiores de un local a otro distinto y paredes que den al exterior.

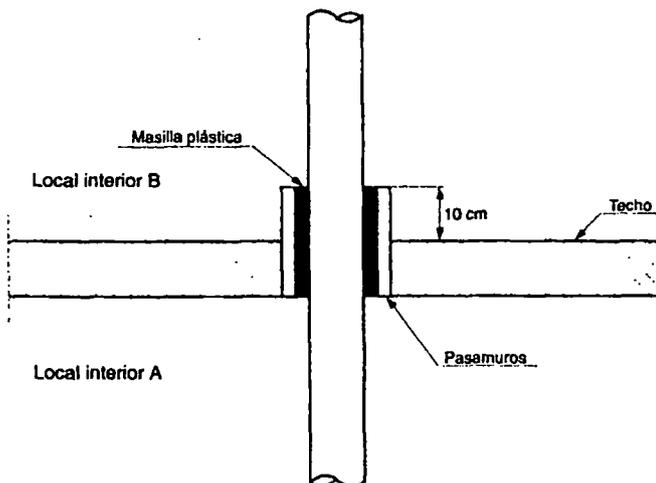
Cuando el pasamuros atraviesa una pared del mismo local, puede ser abierto.



Pasamuros en la pared del mismo local.

Figura: 5.35, [2]

Si los pasamuros atraviesan paredes interiores de locales distintos, deben estar sellados con masilla plástica (pasta no endurecible), para evitar que el gas pase de un local a otro en caso de escape.



Pasamuros en una pared que separa dos locales distintos

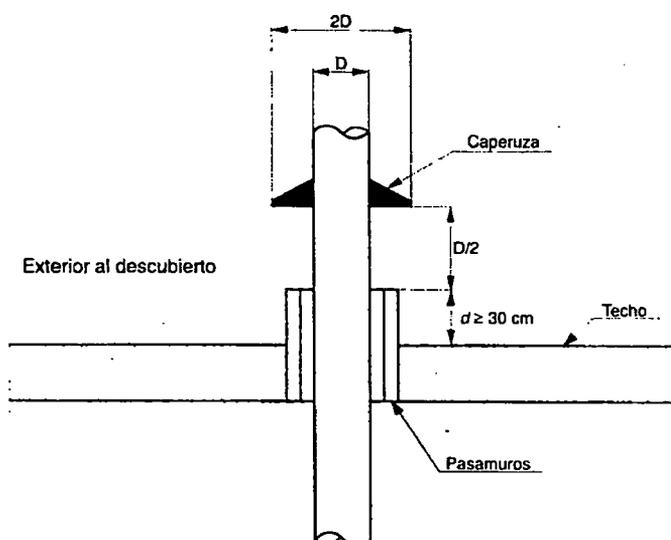
Figura: 5.36, [2]

Cuando el pasamuros comunica con el exterior, pero queda protegido, a cubierto, no es necesario sellarlo con masilla.

b) Pasamuros de techo

Son los que atraviesan el techo, saliendo al exterior o a un local interior. Si el pasamuros desemboca en un local interior distinto, sobresaldrá 10 cm y sellará con masilla plástica (pasta no endurecible).

Si el pasamuros da al exterior y este está a cubierto, no es necesario sellarlo con masilla plástica, aunque debe sobresalir los 10 cm. Si el exterior está al descubierto, el pasamuros deberá sobresalir 30 cm como mínimo y se pondrá una protección. En este caso tampoco es necesario sellarlo con masilla plástica.



Pasamuros de techo que da al exterior, protegido por una caperuza soldada al tubo.

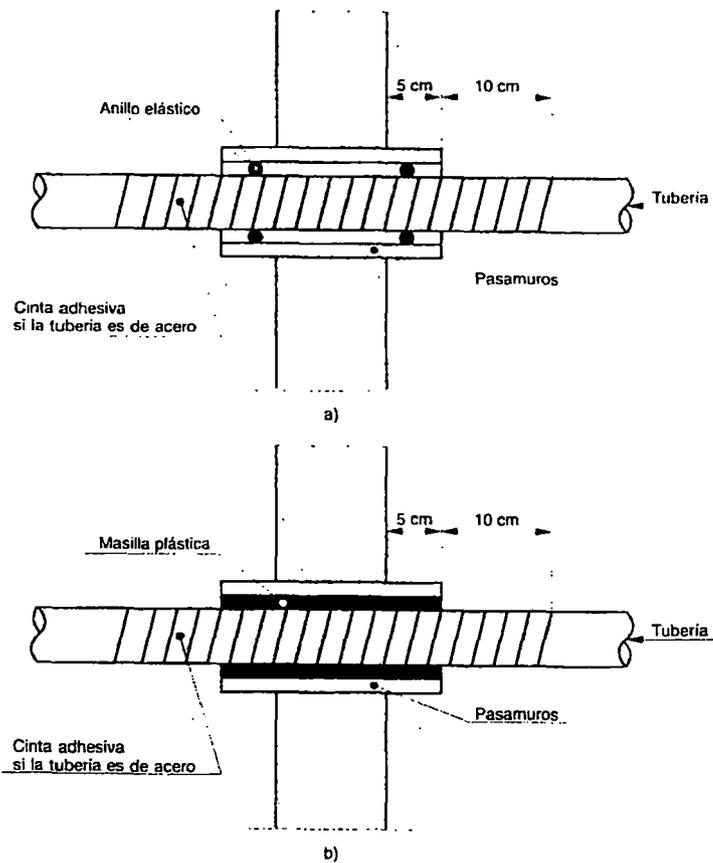
Figura: 5.37, [2]

c) Pasamuros de fachada.

Cuando una tubería ha de atravesar una fachada, irá protegida con un pasamuros para evitar que la tubería sufra daños y, al mismo tiempo, que el agua de la lluvia pase al interior.

El pasamuros estará construido en acero galvanizado en caliente, fibrocemento o plástico (PVC).

El espacio que queda entre el pasamuros y la tubería debe estar sellado con pasta no endurecible o con anillos elásticos.



Dos formas de sellar los pasamuros:

- a) Pasamuros de fachada sellado con anillos elásticos
- b) Pasamuros de fachada sellados con masilla plástica (pasta no endurecible)

Figura: 5.38, [2]

Cuando la tubería que atraviesa la fachada sea de acero, deberá protegerse dentro del pasamuros con cinta adhesiva, solapada al 50 % y de forma que sobresalga el arrollamiento 10 cm de los extremos del pasamuros. El Pasamuros debe sobresalir por ambos extremos de la pared, como mínimo, 5 cm.

Antes hemos hablado de masilla plástica o pasta selladora no endurecible; ésta puede estar formada por breá o derivados del alquitrán.

Cuadro N° 5.06 Longitud que deben sobresalir los pasamuros y si precisan o no de pasta selladora.

Tipo de pasamuros	Situación de los locales conectados con el pasamuros	Distancia mínima que debe sobresalir de la pared	Pasta selladora
Pasamuros interiores a la vista	Entre dos locales diferentes	0	Sí
	De un local al exterior cubierto	0	No
	En un mismo local	0	No
Pasamuros de techo	Entre dos locales interiores distintos	10cm	Sí
	De un local al exterior protegido por la lluvia	10 cm	No
	De un local al exterior no protegido	30 cm	No
Pasamuros de fachada	De un local al exterior	50 cm de la pared La cinta adhesiva 10 cm más que el pasamuros	Masilla plástica o anillos elásticos.

Fuente: [2]

5.8 Sifones y Cámara Sifón

Los sifones de son elementos instalados en los puntos bajos o quiebres de pendientes negativas, de la línea de consumo.

Un sifón consiste en un tubo de una longitud mínima de 0.30 m con una tapa en el extremo.

La finalidad del sifón, es recibir los residuos del gas que son pequeñas gotas de agua que se acumulan en el sifón.

Hay sifones subterráneos y sifones aéreos; los sifones subterráneos se instalan bajo tierra y deben ser revisables en una cámara, los sifones aéreos son aquellos que siempre están a la vista bajo la cota del piso, o bien, bajo el cielo raso.

5.9 Instalación de los Artefactos

La instalación de los artefactos y la comprobación del correcto funcionamiento es el último paso en la labor de construcción de una instalación de gas.

Los artefactos están diseñados para quemar determinado tipo de gas, por ello se debe comprobar que el artefacto que vamos a utilizar este preparado para el tipo de gas que se va a utilizar. Adicionalmente debemos seguir algunas indicaciones específicas que da el fabricante.

No daremos mayores alcances en este punto porque normalmente el personal autorizado por el fabricante de los artefactos hacen la instalación siguiendo las indicaciones del manual de instrucciones.

5.10 Pruebas Obligatorias Antes de la puesta en Servicio de la Instalación

La prueba de estanquidad es obligatoria antes de la puesta en marcha de la instalación, con la finalidad de comprobar la inexistencia de fugas de gas.

La naturaleza peligrosa del gas combustible (peligro de inhalación, incendios, explosiones) hace que deban tomarse una serie de precauciones en su manejo.

La prueba de estanquidad se realizará con aire o un gas inerte (nitrógeno), y la empresa distribuidora verificará la prueba.

Antes de la prueba debe comprobarse que están abiertas las llaves intermedias y cerrada la última que delimita la parte que se comprueba. Debe instalarse un manómetro para leer la presión de servicio. A continuación se inyecta aire hasta que alcance el nivel de presión adecuado para la prueba; se procede a la primera lectura de presión; a continuación, se dejará transcurrir el tiempo de ensayo hasta la segunda lectura.

Si la prueba de estanquidad fuese positiva, se localizará la fuga con agua jabonosa y se subsanará el defecto que ocasionaba la fuga, después debe repetirse la prueba de estanquidad.

Cuando las tuberías están enterradas o empotradas, las pruebas deben realizarse antes de ocultar o enterrar las tuberías.

En los conjuntos de regulación y en los contadores, el problema puede aparecer en las uniones de entrada y salida. La prueba de estanquidad se verificará a la presión de servicio con agua jabonosa o un detector de gas.

De concluir la prueba satisfactoriamente, se deberá certificar por escrito, la fecha, la hora, la presión y la duración de dicha prueba.

5.10.1 Prueba de Estanquidad en una instalación de Baja Presión (hasta 0.05 bar)

La prueba se hará a una presión de 0.15 bares, que debe ser verificada con un manómetro adecuado.

El tiempo preceptivo de realización de la prueba es de 30 minutos y es independiente de la longitud de la instalación. Durante este tiempo no debe observarse variación alguna de la presión desde el momento en que se realiza la primera lectura de presión.

Una instalación de gas de media presión A (MPA) puede tener un regulador de presión que disminuya la presión en baja presión (BP). Entonces se considera instalación de BP desde la llave de salida del regulador hasta las llaves de conexión de los aparatos.

5.10.2 Prueba de Estanquidad en una instalación de Media Presión A y B (0.05 a 4 bar)

La prueba de estanquidad se hará a una presión cuyo valor mínimo debe ser el 150% de la presión de servicio. El tiempo de prueba será de 30 minutos como mínimo.

5.11 Detección y Reparación de Escapes.

Como ya se menciona la manera correcta de detectar escapes es utilizar agua jabonosa, nunca debe usarse fósforos u otro elemento que proporciona llama. Se debe observar cuidadosamente si las burbujas aumentan, lo que indicara la presencia de un escape. Pero hay que tener cuidado que un escape mayor puede soplar la solución antes que se formen las burbujas.

Para reparar un escape de una unión roscada debemos sacar la conexión y inspeccionar el roscado, de ser necesario se hace un nuevo roscado. Si la unión es soldada se debe cortar el tramo defectuoso y volver a realizar la soldadura.

Si al reparar los escapes en las uniones el problema continúa se deben ubicar porosidades o rajaduras en la tubería, para proceder a cambiarlos, esto es poco probable debido a que la tubería antes de su instalación está en buen estado para proceder a su uso.

Capítulo 6: Conversión del Sistema de GLP a GN

6.1 Teoría de Conversión

Este punto es importante para los usuarios de GLP, que conociendo las ventajas del GN frente al GLP, deciden optar por cambiar de combustible pero conservando su red de GLP existente.

Para realizar las adaptaciones de redes de GLP a GN, se debe verificar que las instalaciones existentes estén conforme con la normativa vigente.

6.1.1 Primera Alternativa: Cambiar el diámetro de la tubería.

El cambio de diámetro de la tubería siempre es hacia el aumento del diámetro del mismo. Como el gas natural tiene menor poder calorífico que el gas licuado, implica entregar mayor volumen de gas natural, a fin de obtener la misma potencia en los artefactos.

Cuadro N° 6.01

PODER CALORIFICO	
GAS NATURAL	GAS LICUADO
9,500 kcal/m ³	22,400 kcal/m ³

Fuente: [4], "Introducción a la Ingeniería del Gas", Ing. Freddy Rojas

6.1.2 Segunda Alternativa: Cambiar los Reguladores.

Esta alternativa consiste en instalar un regulador R1, que recibe una presión de entrada de 4 bar, con una presión de salida de 0.035 bar, que esta definido dentro del rango de baja presión.

6.2 Adaptación de los Artefactos.

Todos los procedimientos de adaptación de los artefactos, es entendida como la transformación que se realiza en un artefacto que trabaja con gas licuado, para que funcione con gas natural. Dentro de los fines que persigue este estudio de tesis entender a detalle este proceso esta fuera de sus alcances, lo hemos mencionado porque en todo proceso de conversión de GLP a GN, se tienen que rectificar los artefactos, lo cual tiene

que hacerlo un especialista en conversión de equipos. Por ello solo daremos algunos alcances pero para entender porque es necesario.

Para realizar la conversión se requiere que el artefacto mantenga la potencia nominal para la que fue diseñado, y dado que el poder calorífico del GN es menor que el poder calorífico del GLP, mantener la potencia nominal implica variar la cantidad de gas a combustionar.

Para poder variar la cantidad de gas a combustionar que llega al quemador, se varía el diámetro de los inyectores y se regula la presión de trabajo.

Capítulo 7: Medidas de Seguridad

7.1 Evacuación de los Productos de la Combustión

Los aparatos de gas utilizan éste para producir calor mediante una reacción química de combustión. Esta reacción química origina unos gases residuales, denominados vulgarmente "humos". Su nombre técnico correcto es el de productos de la combustión. Estos gases no son venenosos, pero deben ser evacuados del local en el que esté ubicado el aparato de gas, porque su presencia impide que exista la proporción adecuada de oxígeno en el aire, que es imprescindible para la respiración.

Algunos aparatos deben estar conectados a conductos de evacuación y otros no.

Veamos la clasificación de los artefactos a gas según el requerimiento de ventilación:

Artefacto Tipo A: "Artefacto no conectado", es el artefacto diseñado para ser usado sin conexión a un conducto de evacuación de los productos de combustión, dejando que estos se mezclen con el aire del recinto en que está ubicado el artefacto; el aire para la combustión se obtiene desde el recinto o espacio interno en que está instalado el artefacto a gas, según NTP 111.022 (m).

Artefacto Tipo B: "Artefacto conectado con cámara abierta", es el artefacto diseñado para ser usado con conexión a un sistema de conducto de evacuación de los productos de la combustión hacia el exterior del recinto en que está ubicado el artefacto; el aire para la combustión se obtiene desde el recinto en que está instalado el artefacto a gas, según NTP 111.022 (m).

Artefacto Tipo C: "Artefacto conectado de cámara estanca o tiro balanceado", es el artefacto diseñado para usarse con conexión a un sistema de conducto de evacuación de los productos de la combustión hacia el exterior del recinto en que está ubicado el artefacto; el aire para la combustión se obtiene desde el exterior del recinto en que está instalado el artefacto a gas, según NTP 111.022 (m).

Es usual colocar ventilaciones superior e inferior en los recintos. Para diseñar la ventilación de un recinto debemos ver si el espacio es confinado o no confinado.

Un espacio es confinado cuando el volumen del recinto es menor a $4.8 \text{ m}^3/\text{kW}$ de potencia nominal agregada o conjunta de todos los artefactos de gas instalados, según NTP 111.022 (m).

En la práctica podemos encontrar tres tipos de espacios confinados según la NTP 111.022 (m). En el primer caso el espacio confinado tiene contacto con la atmósfera exterior, en este caso tanto las ventilaciones superior e inferior deben tener un área mínima de $6 \text{ cm}^2/\text{kW}$ de potencia nominal agregada o conjunta, si la ventilación cruza ambientes, se hace a través de ductos horizontales con un área mínima de $11 \text{ cm}^2/\text{kW}$, y si es con ductos verticales con un área de $6 \text{ cm}^2/\text{kW}$, en ningún caso la ventilación será menor de 100 cm^2 por abertura. En el segundo caso el espacio confinado tiene comunicación con otros recintos de la misma edificación, en este caso se debe hacer ventilación superior e inferior en la pared con un área mínima $22 \text{ cm}^2/\text{kW}$, y no menor de 645 cm^2 /abertura, el espacio de comunicación debe definirse como no confinado. En el tercer caso se puede hacer un método alternativo, que es suministrar aire para la combustión por medios mecánicos, en cuyos casos, este debe provenir del exterior con un flujo mínimo de $0.034 \text{ m}^3/\text{min}/\text{kW}$.

Un espacio es no confinado cuando el volumen del recinto es mayor a $4.8 \text{ m}^3/\text{kW}$ de potencia nominal agregada o conjunta de todos los artefactos de gas instalados, se consideran parte integral del espacio no confinado uno o varios recintos adyacentes que se comunican en forma directa con el recinto donde están instalados los artefactos a través de aberturas permanentes de circulación peatonal o de tamaño comparable tales como corredores o pasadizos, que no disponen de puertas o elementos análogos que permitan interrumpir dicha comunicación directa.

Según la NTP 111.022 (m), la ventilación superior sirve para desalojar el aire viciado de los espacios confinados, deberá estar ubicada a una altura mínima de 1.80m sobre el piso

Según la NTP 111.022 (m), la ventilación inferior sirve para la aspiración de aire de combustión, renovación y dilución para los artefactos de gas de los tipos A y B. Deberá estar ubicada a una altura máxima de 30 cm. sobre el nivel del piso.

7.2 Incendios

Se producen cuando se generan las condiciones necesarias para producir fuego y son esencialmente tres, y forman el llamado triángulo del fuego.

Estos factores son:

- **Combustible:** Todo material susceptible de quemarse bajo unas condiciones determinadas.
- **Comburente:** Todo agente que hace posible que el combustible arda en su presencia. En la práctica totalidad de los incendios, el comburente es el oxígeno del aire.
- **Calor:** Es la energía necesaria para desencadenar el fuego.

Según el tipo de combustible, los fuegos se clasifican en:

Fuego clase A: fuego de sólidos

Fuego clase B: fuego de líquidos.

Fuego clase C: fuego de gases,

Fuego clase D: fuegos de metales.

Cuando se produce la inflamación de una mezcla gas combustible-comburente, se **propaga** en el seno o centro de la mezcla a una velocidad que depende de la composición de la propia mezcla, la temperatura, la presión, el estado de agitación y también, a veces, la forma y dimensiones del recinto ocupado por dicha mezcla.

7.2.1. Deflagraciones

Cuando la velocidad de propagación es inferior a la del sonido, la cual es de 340 m/s. La propagación de la inflamación se efectúa gracias al intercambio térmico entre la capa de la mezcla que se encuentra en ignición (acción de estar un cuerpo ardiendo) y la siguiente, realizándose en ellas reacciones en cadena entre moléculas y radicales libres. En una deflagración, la velocidad de propagación depende de las características de la mezcla combustible-comburente: composición, temperatura y presión inicial, así como de la forma y dimensiones del recinto donde tiene lugar la propagación

7.2.2. Explosión

Cuando la velocidad de propagación es igual a la velocidad del sonido.

7.2.3. Detonación

Cuando la velocidad de propagación es superior a la del sonido. En la detonación, la transmisión de calor se efectúa a través de una onda de choque que comprime bruscamente las capas gaseosas, provocando la autoinflamación de la mezcla.

En el frente del incendio, la presión y la temperatura varían de forma discontinua, coincidiendo con el frente de presión. La liberación de energía se produce en un tiempo mucho más reducido que en el caso de una combustión por deflagración.

La velocidad de propagación es constante y muy elevada, y siempre superior a la velocidad del sonido, entre 1 y 4 km/s. Sólo depende de la composición de la mezcla y de la temperatura y presión iniciales, siendo independiente de las dimensiones y forma del recinto; por tanto, es una característica del gas.

7.3 Intoxicaciones

Aquí hemos de distinguir dos tipos: las intoxicaciones y asfixias debidas al gas y las intoxicaciones debidas a los productos de la combustión.

Intoxicaciones y asfixias debidas al gas

Todos los gases son asfixiantes, es decir, desplazan el aire y, en consecuencia, privan a las personas de respirar el oxígeno necesario para la vida.

El grado de toxicidad de un gas combustible depende, en general, de la cantidad de monóxido de carbono (CO) que contiene. El monóxido de carbono es una sustancia venenosa, ya que impide el transporte de oxígeno a los tejidos.

En el caso de una fuga de un gas que no contenga CO, se producirá asfixia. Por el contrario, si el gas contiene CO, se producirá envenenamiento, debido a que el monóxido de carbono que contiene actuará antes de que se desplace el aire de la atmósfera.

Intoxicaciones debidas a los productos de la combustión

Los principales productos de la combustión son:

- El vapor de agua.
- El dióxido de carbono (CO₂).
- El monóxido de carbono (CO), que es muy peligroso por ser un gas venenoso.

Estos elementos, cuando la ventilación es buena, son menos peligrosos.

Debemos tener en cuenta que el fuego puede propagarse a otros elementos, como sintéticos, los cuales pueden desprender humos tóxicos al arder.

Síntomas de intoxicación y medidas de emergencia

Los primeros síntomas de intoxicación se manifiestan por zumbidos en los oídos, gusto dulce en la boca, opresión en el pecho, sensación de asfixia, vómitos, temblores, aumento de pulsaciones, etc., seguidos de pérdida de fuerza en las piernas y brazos, Los principios de intoxicación producen trastornos comparables a los que produce la embriaguez.

Si la intoxicación es grave, el individuo pierde el conocimiento. Esta inconsciencia es peligrosa y debe sacarse al individuo de este estado. Si persiste el estado, puede sobrevenir la muerte.

Como hemos indicado, una intoxicación por CO impide el transporte de oxígeno a los tejidos, La insuficiencia de oxígeno durante 10 minutos puede causar lesiones graves en el cerebro. Por consiguiente, la condición indispensable para combatir el envenenamiento producido por el CO es procurar la rápida renovación de la sangre.

En caso de intoxicación, además de recurrir a la asistencia médica, el procedimiento es el siguiente:

1. Se retirará a la víctima de la atmósfera contaminada, evitando su enfriamiento.
2. Si la víctima ha perdido el conocimiento, se le hará la respiración artificial.
3. Cuando la víctima reaccione, se le dejará respirar aire puro. Pero si decayera la respiración, será preciso que inhale aire oxigenado.
4. Procurar que la víctima no duerma.
5. Podrá tomar café bien caliente, pero jamás alcohol.
6. No deberá tomar aspirinas ni otros estimulantes.
7. Deberá estar en reposo sin dormir.

7.4 Prevención Contra el Fuego Clase C (Fuego de Gases)

La prevención consiste en adoptar las medidas necesarias para anular, o al menos mitigar, el riesgo de incendio.

Cuando existe la posibilidad de desprendimiento de gas deben tomarse las siguientes precauciones:

- No fumar.
- No acercarse a llamas.
- No provocar chispas ni proyectar material incandescente.

- Las herramientas que se utilicen deben ser antichispa y el material de alumbrado, adecuado.
- Las instalaciones eléctricas y los equipos deben ser antideflagrantes.
- Deben ventilarse los locales donde se efectúen trabajos con tuberías, instalaciones o aparatos de gas.
- Debe evitarse la entrada de aire en las tuberías.

En el caso de que se detecte una fuga de gas, además de las precauciones que hemos citado, se tomarán las siguientes:

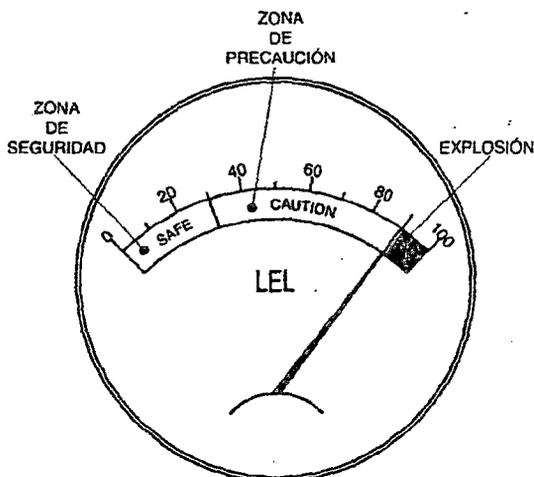
- No deben maniobrarse interruptores eléctricos, salvo en el caso que sean antideflagrantes.
- No deben conectarse o desconectarse tomas de corriente.
- No debe tocarse el timbre.
- En el caso de que exista el riesgo de que se produzcan chispas eléctricas intempestivas (por ejemplo, la puesta en marcha automática de un motor), debe interrumpirse el suministro eléctrico del local desde un punto de corte situado fuera de la presencia del gas.
- No debe descolgarse el teléfono, aun cuando éste suene.
- Y especialmente, nunca debe utilizarse una llama para localizar una fuga; debe emplearse una solución jabonosa.

7.5 Detectores de Gas

Los detectores de gas son aparatos que indican la presencia de gas en combinación con el aire ambiente. Existen dos tipos de detectores de gas:

- Detectores de gas, que miden la concentración de gas en el aire ambiente.
- Explosímetros, que referencian la concentración del gas al límite inferior de inflamabilidad, para conocer el riesgo de explosión de la atmósfera que se está analizando.

Sabemos que para que se produzca la combustión de una mezcla gaseosa, la concentración de gas debe alcanzar el límite inferior de inflamabilidad. Cuando en la escala del explosímetro se alcanza el 100%, la mezcla es óptima para que se produzca la combustión.



Detalle del indicador de un detector (explosímetro); cuando la aguja llega a la zona sombreada de la derecha, existe peligro de explosión.

Figura: 7.01, [2]

Los detectores de gas doméstico y comercial son explosímetros que disparan una alarma sonora u óptica cuando la concentración de gas alcanza un nivel peligroso

7.6 Protección Contra Fuego

Ya hemos dicho que, para que se produzca el fuego, son necesarios tres componentes: combustible, comburente y calor: por lo tanto, si se consigue suprimir uno de ellos, el fuego cesará, lográndose la extinción del mismo. Por ello, todos los sistemas de extinción de incendios se basan en la supresión de uno de los tres componentes citados.

Se denominan medios de protección contra incendios los equipos y útiles necesarios para extinguir el fuego y protección personal.

En el caso de los fuegos de clase C (fuegos de gases), antes de hablar de su protección hay que hacer dos consideraciones:

- a. El fuego de clase C provoca, generalmente, otro de clase A (fuego de sólidos) o de clase B (fuego de líquidos), en cuyo caso los medios de protección deben estar preparados para ello.

b. En el caso de que el fuego sea puramente de clase C, el sistema de extinción varía y puede incluso ser conveniente no extinguir el fuego sin antes haber adoptado otras precauciones como, por ejemplo, tener la seguridad de poder cortar la fuga de gas. En el caso de que no se pueda cortar la fuga de gas, al apagar el fuego continuará el escape, creándose una atmósfera explosiva. Siempre es preferible tener un fuego controlado que una atmósfera explosiva incontrolada.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, ante un fuego de clase "C", o que inicialmente fue de clase C, actuaremos de la manera siguiente:

Si Puede cortarse el suministro, para extinguir un fuego de la clase C, lo más positivo es cortar el suministro, con lo que se extinguirá el fuego producido por el mismo. En el caso de que se hayan iniciado fuegos de clase A o B, éstos deberán ser extinguidos mediante los medios de protección necesarios.

Si no puede cortarse el suministro y no existen fuegos de clase A o B, si se pueda conseguir una buena ventilación, si el fuego se encuentra controlado es preferible no apagarlo, con el fin de evitar que se produzca una atmósfera explosiva que podría tener peores consecuencias. Si se consigue una buena ventilación, puede extinguirse el fuego, controlando a continuación la explosividad del ambiente.

No puede cortarse el suministro y existen fuegos de clase A o B, en primer lugar, deben extinguirse los fuegos de clase A y B con los medios adecuados. Una vez apagados y sólo cuando estén totalmente extinguidos, podrá extinguirse el fuego debido al gas, considerando las condiciones del punto anterior.

El cuadro siguiente se indica las clases de fuego y los diferentes agentes extintores adecuados.

Cuadro N° 7.01

Agente extintor	Fuegos clase A	Fuegos clase B	Fuegos clase C
P.Q.S.	Bueno	Bueno	Bueno
Polvo CO ₂	Aceptable	Bueno	Bueno
Agua a presión	Bueno	Inaceptable	Inaceptable
Espuma	Bueno	Bueno	Inaceptable
Halones	Aceptable	Bueno	Bueno

Fuente: [2]

Agentes extintores de incendios y su aplicación a las distintas clases de fuegos:

7.6.1. Extintores de Polvo Químico Seco (P.Q.S.)

Estos actúan principalmente mediante reacciones químicas que inhiben la reacción en cadena. Antes de usarlos nos debemos fijar en dos cosas:

La primera que el agente extintor sea apropiado para el fuego que deseamos combatir. En efecto, hay P.Q.S. apropiado para fuegos A, B y C; otros solo para fuegos A, B, o C.

La segunda que el extintor tenga la presión adecuada. Para esto, observamos la aguja del manómetro, que se mueve en zonas marcadas con colores verde y rojo, el color verde indica que el extintor está operativo y con presión suficiente, en color rojo indica lo contrario.

7.6.2. Extintores de Anhídrido Carbónico (CO₂)

Sirven especialmente para los fuegos B y C. Pero también son usados en fuegos A. El anhídrido carbónico es normalmente un gas. En el interior del extintor, una gran cantidad de gas se ha comprimido, a alta presión, por lo cual ha pasado al estado líquido. Cuando se abre la válvula, el líquido sale al exterior y vuelve a convertirse en gas, recuperando su volumen normal; para esto, que desplazar el aire, y en consecuencia se elimina el oxígeno, con lo cual el fuego no puede continuar.

7.6.3. Extintores de Agua a Presión

Es uno de los más corrientes y simples. La extinción se produce en este caso por enfriamiento. Se utiliza solo para los fuegos A.

7.6.4. Extintores de Espuma

Los extintores tienen en su interior agua y una capsula con concentrado de espuma. Cuando se activa, el gas expulsa el agua y la combina con el concentrado, formándose millones de pequeñas burbujas. Esta espuma es capaz de crear una capa aislante sobre un líquido inflamable, impidiendo que los vapores entren en contacto con el oxígeno del aire y además enfriarlo. Se usa en los fuegos tipo A y B.

7.6.5. Extintores de Halón

Estos extintores son relativamente recientes y están orientados a proteger bienes delicados o de difícil reposición, como por ejemplo, equipos médicos, computadoras, estaciones de televisión o radios, museos, bibliotecas, etc. Actúan básicamente por inhibición de la reacción en cadena.

Pese a su efectividad tiene un costo muy alto, requieren una mantención muy cuidadosa, sus componentes dañan la capa de ozono y pueden afectar a los seres humanos, los que deben evacuar el área en que se ha aplicado hasta que el aire se haya renovado adecuadamente. Se usa en los fuegos tipo A, B y C.

Capítulo 8: Aplicación a un diseño (Centro comercial Plaza Lima Sur)

El centro comercial Plaza Lima Sur requiere la instalación de GLP o GN como energía para las cocinas, hornos y freidoras de diversos locatarios mencionados en el desarrollo de este capítulo.

Para atender este requerimiento se realizaran los cálculos para la obtención del diámetro de diseño en base a la filosofía del caudal probable, y utilizando las formulas de Renouard y Pole para el cálculo del diámetro de la tubería cuando se utilizan fluidos gaseosos según establece la Norma Técnica Peruana.

Las tuberías para GLP o GN pueden ser de Cobre tipo "K", de acero o de Pe-Al-Pe, solo debemos tener en cuenta que esta última solo se encuentra disponible en el mercado en los diámetros $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", por ello en este caso se puede suplir esta deficiencia de diámetros con tuberías de cobre o acero.

Desde los reguladores de Tercera Etapa salen líneas de venteo de $\frac{1}{2}$ " de diámetro.

8.1 Memoria de cálculo y plano de Instalaciones de GLP.

Los cálculos mostrados a continuación corresponden desde el tanque de GLP a los artefactos de consumo, pero adicional a esto se colocan dos tuberías paralelas una para la carga y otra para el retorno de GLP, desde el carro tanque hasta el tanque de GLP. La tubería para la carga de GLP se diseña viendo la capacidad del tanque y la longitud, según la norma NFPA 58 (d).

Para nuestro proyecto tenemos que la distancia entre el punto de toma al punto de llenado hay una distancia de 183 ft., vamos a la tabla 11 y determinamos que necesitamos para este tramo una tubería de acero Schedule 80 de $\varnothing 1 \frac{1}{4}$ ", con una velocidad de carga de 10.3 gpm (galones por minuto).

Por otro lado y como medida de seguridad los camiones tanque deben estar convenientemente equipados con bomba para la transferencia de GLP, válvula de "BY PASS" instalada después de la salida de la bomba para permitir el retorno de exceso de flujo al tanque, además conexión a tierra para la descarga de la corriente estática, no entramos en mayores detalles porque escapa de los alcances del presente estudio de tesis.

El tanque está instalado en el techo del segundo piso del edificio de locatarios, el cual se encuentra perfectamente ventilado y libre de material combustible. El acceso a la zona de almacenamiento de GLP se realiza por el interior del edificio mediante una escalera de material noble.

Los tanques para GLP se han ubicado conforme a las distancias de seguridad que señala el Art. 130° del D.S. N° 027-94-EM (Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transportes de Gas Licuado de Petróleo) promulgado por el Ministerio de Energía y Minas y la NFPA 58.

El Llenado para el tanque de los Locatarios se realizará por medio de un punto de llenado, para estos casos se ha tomado en cuenta las distancias de seguridad que señala el Art. 143° del D.S. N° 027-94-EM.

Memoria de cálculo para el diámetro de diseño:

Datos recogidos de los locatarios, potencias nominales o consumo de cada uno de los artefactos de los locatarios.

Cuadro Nº 8.01

Item	Locatario	Artefactos	Cantidad und	Potencia Nominal por Artefacto BTU/hr	Potencia Nominal Total BTU/hr	Punto de Entrega
01	Pardos Chicken	Cocina de 4 Hornillas	1	60,000.00	60,000.00	E1
02		Freidora de papas	3	150,000.00	450,000.00	F1
03	Chifa Taipa	Cocina de 4 Homillas	1	60,000.00	60,000.00	E2
04		Calentador de Paso	1	60,000.00	60,000.00	G2
05		Cocina de 1 Hornilla	1	20,000.00	20,000.00	H2
06	Burguer King	Parrilla	1	46,000.00	46,000.00	F3
07		Freidora de papas	1	80,000.00	80,000.00	H3
08		Calentador de Paso	1	55,000.00	55,000.00	I3
09	Pizza Hut	Mesa Caliente	1	40,000.00	40,000.00	F4
10		Calentador de Paso	1	55,000.00	55,000.00	H4
11		Horno pizzero	2	110,000.00	220,000.00	I4
12	Kentucky Fried Chicken	Freidora de pollo	4	80,000.00	320,000.00	J4
13		Freidora de papas	4	150,000.00	600,000.00	K4
14		Cocina de 1 Hornilla	1	15,000.00	15,000.00	L4
15	Donofrio	Calentador de paso	1	50,000.00	50,000.00	E5
16		Cocina 1 hornilla	1	15,000.00	15,000.00	F5
17	Glow Salon	Calentador de almacenamiento	1	88,000.00	88,000.00	E6
18	Café – Café	Homo, Plancha y cocina 6 hornillas	1	180,000.00	180,000.00	F7
19		Calentador de Paso	1	60,000.00	60,000.00	H7

20	Manos Morenas	Calentador de Paso	1	55,000.00	55,000.00	F8
21		Horno	1	20,000.00	20,000.00	H8
22		Mesa Caliente	1	40,000.00	40,000.00	I8
23		Cocina 1 hornilla	1	15,000.00	15,000.00	J8
24		Parrilla	1	40,000.00	40,000.00	K8
25		Cocina 4 Hornillas	1	60,000.00	60,000.00	L8
26		Freidora de papa	1	60,000.00	60,000.00	M8
27	Otto Grill	Cocina	1	15,000.00	15,000.00	E9
28		Freidora de pollo	1	80,000.00	80,000.00	F9
29		Freidora de papa	1	150,000.00	150,000.00	G9
30		Parrilla	1	50,000.00	50,000.00	H9
					3,059,000.00	BTU/hr

Fuente: Recopilación de Datos de Artefactos a Gas del Centro Comercial Plaza Lima Sur.

Procedemos a calcular la longitud de cada uno de los tramos de la instalación.

Cálculo de las longitudes de las tuberías de cada Locatario		
Pardos Chicken		
Tramos	Longitud	Regulador
A-B	24.67	R1
B-C1	5.50	R1
C1-D1	23.35	R2
D1-E1	5.46	R3
E1-F1	2.01	R3
Longitud Total Tramo A-B-C1-D1-E1-F1 =	60.99	ml
Chifa Taipa		
Tramos	Longitud	Regulador
A-B	24.67	R1
B-C1	5.50	R1
C1-C2	0.80	R2
C2-D2	18.43	R2
D2-E2	0.44	R3
E2-F2	6.81	R3
D2-G2	8.95	R3
Longitud Total Tramo A-B-C1-C2-D2-E2-F2 =	56.65	ml
Longitud Total Tramo A-B-C1-C2-D2-G2 =	58.35	ml

Burguer King	Longitud	Regulador
A-B	24.67	R1
B-C1	5.50	R1
C1-C2	0.80	R2
C2-C3	0.80	R2
C3-D3	18.67	R2
D3-E3	0.57	R3
E3-F3	7.37	R3
E3-G3	0.81	R3
G3-H3	4.47	R3
G3-I3	9.28	R3
Longitud Total Tramo A-B-C1-C2-C3-D3-E3-F3 =	58.38	ml
Longitud Total Tramo A-B-C1-C2-C3-D3-E3-G3-H3 =	56.29	ml
Longitud Total Tramo A-B-C1-C2-C3-D3-E3-G3-I3 =	61.10	ml
Kentucky Fried Chicken	Longitud	Regulador
A-B	24.67	R1
B-C1	5.50	R1
C1-C2	0.80	R2
C2-C3	0.80	R2
C3-C4	0.80	R2
C4-D4	40.35	R2
D4-E4	0.83	R3
E4-F4	6.43	R3
E4-G4	0.78	R3
G4-H4	9.60	R3
H4-I4	3.08	R3
G4-J4	7.58	R3
J4-K4	2.33	R3
K4-L4	0.70	R3
Longitud Total Tramo A-B-C1-C2-C3-C4-D4-E4-F4 =	80.18	ml
Longitud Total Tramo A-B-C1-C2-C3-C4-D4-E4-G4-H4-I4 =	87.21	ml
Longitud Total Tramo A-B-C1-C2-C3-C4-D4-E4-G4-J4-K4-L4 =	85.14	ml

Donofrio	Longitud	Regulador
A-B	24.67	R1
B-C5	114.34	R1
C5-D5	51.14	R2
D5-E5	3.98	R3
E5-F5	0.92	R3
Longitud Total Tramo A-B-C5-D5-E5-F5 =	195.05	mi
Glow Salon	Longitud	Regulador
A-B	24.67	R1
B-C5	114.34	R1
C5-C6	0.80	R2
C6-D6	78.51	R2
D6-E6	3.58	R3
Longitud Total Tramo A-B-C5-C6-D6-E6 =	221.90	mi
Café - Café	Longitud	Regulador
A-B	24.67	R1
B-C5	114.34	R1
C5-C6	0.80	R2
C6-C7	0.80	R2
C7-D7	52.71	R2
D7-E7	0.78	R2
E7-F7	5.95	R3
E7-G7	4.38	R3
Longitud Total Tramo A-B-C5-C6-C7-D7-E7-F7 =	200.05	mi
Longitud Total Tramo A-B-C5-C6-C7-D7-E7-G7 =	198.48	mi

Manos Morenas	Longitud	Regulador
A-B	24.67	R1
B-C5	114.34	R1
C5-C6	0.80	R2
C6-C7	0.80	R2
C7-C8	0.80	R2
C8-D8	35.42	R2
D8-E8	1.77	R3
E8-F8	5.32	R3
E8-G8	0.23	R3
G8-H8	3.48	R3
H8-I8	0.62	R3
I8-J8	0.88	R3
J8-K8	3.87	R3
G8-L8	8.33	R3
L8-M8	1.30	R3
Longitud Total Tramo A-B-C5-C6-C7-C8-D8-E8-F8 =	183.92	ml
Longitud Total Tramo A-B-C5-C6-C7-C8-D8-E8-G8-H8-I8- J8-K8 =	187.68	ml
Longitud Total Tramo A-B-C5-C6-C7-C8-D8-E8-G8-L8-M8 =	187.16	ml

Otto Grill	Longitud	Regulador
A-B	24.67	R1
B-C5	114.34	R1
C5-C6	0.80	R2
C6-C7	0.80	R2
C7-C8	0.80	R2
C8-C9	0.80	R2
C9-D9	16.88	R2
D9-E9	3.23	R3
D9-F9	9.91	R3
F9-G9	0.60	R3
G9-H9	1.33	R3
Longitud Total Tramo A-B-C5-C6-C7-C8-C9-D9-E9 =	162.32	ml
Longitud Total Tramo A-B-C5-C6-C7-C8-C9-D9-F9-G9-H9 =	170.93	ml

Línea principal la encontramos en el tramo A-B-C5-C6-D6-E6, para alimentar al calentador de almacenamiento del Glow Salon.

La línea principal porque es el punto de consumo mas alejado del tanque de GLP, la longitud del tramo es de 221.60 ml, el mayor de todos.

Todas las demás líneas existentes en nuestro proyecto se denominan derivaciones, pudiendo ser derivaciones primarias y secundarias.

Las derivaciones primarias son aquellas derivaciones de la línea principal y de mayor longitud, así tenemos en nuestro proyecto 3 derivaciones primarias:

- | | |
|----|------------------------------------|
| 01 | Tramo B-C1-C2-C3-C4-D4-E4-G4-H4-I4 |
| 02 | Tramo C5-D5-E5-F5 |
| 03 | Tramo C6-C7-D7-E7-F7 |

Las derivaciones secundarias son todas las derivaciones restantes:

01	Tramo C1-D1-E1-F1
02	Tramo C2-D2-G2
03	Tramo D2-E2-F2
04	Tramo C3-D3-E3-G3-I3
05	Tramo E3-F3
06	Tramo G3-H3
07	Tramo E4-F4
08	Tramo G4-J4-K4-L4
09	Tramo E7-G7
10	Tramo C7-C8-D8-E8-G8-H8-I8-J8-K8
11	Tramo E8-F8
12	Tramo G8-L8-M8
13	Tramo C8-C9-D9-F9-G9-H9
14	Tramo D9-E9

Ahora que tenemos definidas la línea principal, las líneas primarias y secundarias, aplicaremos los criterios para el cálculo del caudal probable por tramo. Para este diseño consideraremos que todo el centro comercial es como un único usuario por ello nuestro factor de simultaneidad es la unidad.

Caudal probable para la línea Principal:

01 Para la línea principal A-B-C5-C6-D6-E6:		
A-B	2,054,500.00	BTU/hr
B-C5	654,000.00	BTU/hr
C5-C6	621,500.00	BTU/hr
C6-D6	88,000.00	BTU/hr
D6-E6	88,000.00	BTU/hr

Caudal probable para las líneas Primarias:

01 Para la derivación primaria B-C1-C2-C3-C4-D4-E4-G4-H4-I4:		
B-C1	1,565,500.00	BTU/hr
C1-C2	1,245,500.00	BTU/hr
C2-C3	1,175,500.00	BTU/hr
C3-C4	1,085,000.00	BTU/hr
C4-D4	1,085,000.00	BTU/hr
D4-E4	1,085,000.00	BTU/hr
E4-G4	1,065,000.00	BTU/hr
G4-H4	275,000.00	BTU/hr
H4-I4	220,000.00	BTU/hr
02 Para la derivación primaria C5-D5-E5-F5:		
C5-D5	65,000.00	BTU/hr
D5-E5	65,000.00	BTU/hr
E5-F5	15,000.00	BTU/hr
03 Para la derivación primaria C6-C7-D7-E7-F7:		
C6-C7	577,500.00	BTU/hr
C7-D7	240,000.00	BTU/hr
D7-E7	240,000.00	BTU/hr
E7-F7	180,000.00	BTU/hr

Para las líneas Secundarias:

01 Para la derivación secundaria C1-D1-E1-F1:		
C1-D1	510,000.00	BTU/hr
D1-E1	510,000.00	BTU/hr
E1-F1	450,000.00	BTU/hr
02 Para la derivación secundaria C2-D2-G2:		
C2-D2	130,000.00	BTU/hr
D2-G2	20,000.00	BTU/hr
03 Para la derivación secundaria D2-E2-F2:		
D2-E2	120,000.00	BTU/hr
E2-F2	60,000.00	BTU/hr
04 Para la derivación secundaria C3-D3-E3-G3-I3:		
C2-C3	1,175,500.00	BTU/hr
C3-D3	158,000.00	BTU/hr
D3-E3	158,000.00	BTU/hr
E3-G3	135,000.00	BTU/hr
G3-I3	55,000.00	BTU/hr
05 Para la derivación secundaria E3-F3:		
E3-F3	46,000.00	BTU/hr
06 Para la derivación secundaria G3-H3:		
G3-H3	80,000.00	BTU/hr
07 Para la derivación secundaria E4-F4:		
E4-F4	40,000.00	BTU/hr
08 Para la derivación secundaria G4-J4-K4-L4:		
G4-J4	927,500.00	BTU/hr
J4-K4	615,000.00	BTU/hr
K4-L4	15,000.00	BTU/hr
09 Para la derivación secundaria E7-G7:		
E7-G7	60,000.00	BTU/hr

Para la derivación secundaria C7-C8-D8-E8-G8-H8- 10 I8-J8-K8:		
C7-C8	407,500.00	BTU/hr
C8-D8	205,000.00	BTU/hr
D8-E8	205,000.00	BTU/hr
E8-G8	177,500.00	BTU/hr
G8-H8	97,500.00	BTU/hr
H8-I8	87,500.00	BTU/hr
I8-J8	55,000.00	BTU/hr
J8-K8	40,000.00	BTU/hr
11 Para la derivación secundaria E8-F8:		
E8-F8	55,000.00	BTU/hr
12 Para la derivación secundaria G8-L8-M8:		
G8-L8	120,000.00	BTU/hr
L8-M8	60,000.00	BTU/hr
Para la derivación secundaria C8-C9-D9-F9-G9-H9: 13		
C8-C9	262,500.00	BTU/hr
C9-D9	262,500.00	BTU/hr
D9-F9	255,000.00	BTU/hr
F9-G9	200,000.00	BTU/hr
G9-H9	50,000.00	BTU/hr
14 Para la derivación secundaria D9-E9:		
D9-E9	15,000.00	BTU/hr

Como ya conocemos el caudal probable y la longitud de cada tramo procedemos a calcular el diámetro de diseño.

El proyecto lo desarrollaremos en tres etapas de regulación, y detallaremos los tramos y las presiones en la siguiente tabla:

Cuadro N° 8.02

Etapa de regulación	Presión de servicio	Velocidad máxima permisible	Tramo involucrado
Primera etapa de regulación (R1)	20 psi = 1.4 bar	20 m/s	Desde la salida del tanque hasta el sistema regulador-medidor
Segunda etapa de regulación (R2)	10 psi = 690 mbar	20m/s	Desde el sistema regulador medidor hasta antes de la entrega a los artefactos
Tercera etapa de regulación (R3)	14 ^{wa} = 35 mbar	7 m/s	Tramo final para la entrega a los artefactos

Fuente: [4], "Planeamiento y Diseño de sistemas de distribuciones de Gas",
 Ing. Guillermo Diaz Andrade

En la tabla anterior es importante no exceder la el valor de la velocidad permisible, porque sino se generan ruidos y erosión en la tubería, pero acercarnos al valor de la velocidad permisible hace que nuestro diámetro sea más pequeño, por ello en los cálculos de diámetro de tubería ingresaremos a la fomula con el valor de la presión de servicio considerando una perdida de carga inicial del 10 %, luego verificaremos la velocidad, con ello solo nos quedara probar con los porcentajes de las perdidas de carga y en un proceso iterativo simple acercamos lo más posible al diámetro más económico.

La repartición de la perdida planteada la distribuiremos proporcional a la longitud de la tubería en un tramo determinado.

El diámetro de diseño lo calcularemos usando las formulas de Renouard y Pole, con la finalidad de sacar conclusiones con respecto a la aplicación de estas.

Aplicamos la formula de Renouard para estimar los diámetros en cada uno de los tramos:

Para la línea principal A-B-C5-C6-D6-E6:														
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Pérdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	A-B	R1	24.67	29.60	2,054,500.00	22.22	1.490	20.00%	0.0431	1.350	20.50	8.21	0.8	1"
	B-C5	R1	114.34	137.21	654,000.00	7.07	1.350		0.2303	1.120	13.47	6.71	0.5	3/4"
2ª Etapa	C5-C6	R2	0.60	0.96	621,500.00	6.72	0.630	20.00%	0.0014	0.633	14.43	6.37	0.6	3/4"
	C6-D6	R2	78.51	94.21	88,000.00	0.95	0.689		0.1366	0.552	6.96	4.62	0.3	3/8"
3ª Etapa	D6-E6	R3	3.56	4.30	88,000.00	0.95	0.035	10.00%	0.0035	0.032	8.67	4.48	0.3	3/8"
Longitud tramo A-B-C5 =					139.01 m									
Longitud tramo C5-C6-D6 =					79.31 m									
Longitud tramo D6-E6 =					3.56 m									

Para la derivación primaria B-C1-C2-C3-C4-D4-E4-G4-H4-I4:														
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Pérdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B-C1	R1	5.50	6.60	1,565,500.00	16.93	1.350	0.20%	0.0027	1.348	24.85	4.26	1.0	1"
2ª Etapa	C1-C2	R2	0.60	0.96	1,245,500.00	13.47	0.630	7.00%	0.0009	0.633	20.53	6.31	0.8	1"
	C2-C3	R2	0.60	0.96	1,175,500.00	12.71	0.633		0.0003	0.633	20.08	6.81	0.8	1"
	C3-C4	R2	0.60	0.96	1,085,000.00	11.73	0.633		0.0009	0.637	13.43	6.63	0.8	1"
	C4-D4	R2	40.35	48.42	1,085,000.00	11.73	0.687		0.0456	0.642	13.54	6.33	0.8	1"
3ª Etapa	D4-E4	R3	0.63	1.00	1,085,000.00	11.73	0.035	18.00%	0.0004	0.035	26.40	5.34	1.0	1"
	E4-G4	R3	0.78	0.94	1,065,000.00	11.52	0.035		0.0003	0.034	26.22	5.31	1.0	1"
	G4-H4	R3	3.60	11.52	275,000.00	2.37	0.034		0.0042	0.030	15.72	4.26	0.6	3/4"
	H4-I4	R3	3.08	3.70	220,000.00	2.38	0.030		0.0014	0.029	14.45	4.04	0.6	3/4"
Longitud tramo B-C1 =					5.50 m									
Longitud tramo C1-C2-C3-C4-D4 =					42.75 m									
Longitud tramo D4-E4-G4-H4-I4 =					14.23 m									

Para la derivación primaria C5-D5-E5-F5:														
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Pérdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C5-D5	R2	51.14	61.37	65,000.00	0.70	0.630	10.00%	0.0630	0.621	6.51	3.73	0.3	1/2"
3ª Etapa	D5-E5	R3	3.36	4.78	65,000.00	0.70	0.035	20.00%	0.0057	0.029	7.15	4.88	0.3	3/8"
	E5-F5	R3	0.92	1.10	15,000.00	0.16	0.029		0.0013	0.028	4.11	3.42	0.2	3/8"
Longitud tramo C5-D5 =					51.14 m									
Longitud tramo D5-E5-F5 =					4.30 m									

Para la derivación primaria C6-C7-D7-E7-F7:														
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Pérdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C6-C7	R2	0.50	0.60	577,500.00	6.25	0.633	20.00%	0.0013	0.637	12.37	8.03	0.5	1/2"
	C7-D7	R2	52.71	63.25	240,000.00	2.60	0.637		0.1345	0.553	3.39	6.92	0.4	1/2"
	D7-E7	R2	0.78	0.94	240,000.00	2.60	0.353		0.0020	0.551	3.47	6.81	0.4	1/2"
3ª Etapa	E7-F7	R3	5.95	7.14	160,000.00	1.35	0.035	10.00%	0.0035	0.032	12.62	4.33	0.5	1/2"
Longitud tramo C6-C7-D7-E7 =					53.33 m									
Longitud tramo E7-F7 =					5.95 m									

Para la derivación secundaria C1-D1-E1-F1:														
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Pérdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C1-D1	R2	23.35	28.02	510,000.00	5.52	0.630	2.00%	0.0138	0.676	16.77	4.27	0.7	3/4"
3ª Etapa	D1-E1	R3	5.46	6.55	510,000.00	5.52	0.035	15.00%	0.0058	0.031	18.02	6.01	0.7	3/4"
	E1-F1	R3	2.01	2.41	450,000.00	4.87	0.031		0.0014	0.030	17.13	5.84	0.7	3/4"
Longitud tramo C1-D1 =					23.35 m									
Longitud tramo D1-E1-F1 =					7.47 m									

Para la derivación secundaria C2-D2-G2:

Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C2-D2	R2	18.43	22.12	130,000.00	1.41	0.683	20.00%	0.1378	0.551	5.96	3.32	0.2	1/2"
3ª Etapa	D2-G2	R3	8.95	10.74	20,000.00	0.22	0.035	20.00%	0.0070	0.028	5.19	2.85	0.2	3/8"
			Longitud tramo C2-D2 =		18.43 m									
			Longitud tramo D2-G2 =		8.95 m									

Para la derivación secundaria D2-E2-F2:

Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	D2-E2	R3	0.44	0.53	120,000.00	1.30	0.035	20.00%	0.0004	0.035	9.17	4.80	0.4	1/2"
	E2-F2	R3	6.81	8.17	60,000.00	0.65	0.035		0.0056	0.028	7.52	4.07	0.3	3/8"
			Longitud tramo D2-E2-F2 =		7.25 m									

Para la derivación secundaria C3-D3-E3-G3-I3:

Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C3-D3	R2	18.67	22.40	158,000.00	1.71	0.633	4.00%	0.0275	0.661	8.92	4.72	0.4	1/2"
	D3-E3	R3	0.57	0.68	158,000.00	1.71	0.035	20.00%	0.0004	0.035	11.74	4.37	0.5	1/2"
3ª Etapa	E3-G3	R3	0.81	0.97	135,000.00	1.46	0.035		0.0005	0.034	11.06	4.21	0.4	1/2"
	G3-I3	R3	3.28	3.94	55,000.00	0.59	0.034		0.0051	0.028	7.88	3.40	0.3	3/8"
			Longitud tramo C3-D3 =		18.67 m									
			Longitud tramo D3-E3-G3-I3 =		10.65 m									

Para la derivación secundaria E3-F3:

Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E3-F3	R3	7.37	8.84	46,000.00	0.50	0.035	20.00%	0.0063	0.028	6.84	3.78	0.3	3/8"
			Longitud tramo E3-F3 =		7.37 m									

Para la derivación secundaria G3-H3:

Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	G3-H3	R3	4.47	5.36	80,000.00	0.87	0.034	15.00%	0.0051	0.029	8.09	4.69	0.3	3/8"
			Longitud tramo G3-H3 =		4.47 m									

Para la derivación secundaria E4-F4:

Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E4-F4	R3	6.43	7.72	40,000.00	0.43	0.035	15.00%	0.0052	0.029	6.63	3.42	0.3	3/8"
			Longitud tramo E4-F4 =		6.43 m									

Para la derivación secundaria G4-J4-K4-L4:

Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	G4-J4	R3	7.58	9.10	327,500.00	10.03	0.034	10.00%	0.0024	0.032	26.54	5.04	1.0	1"
	J4-K4	R3	2.33	2.80	615,000.00	6.65	0.032		0.0008	0.031	22.73	4.56	0.9	1"
	K4-L4	R3	0.70	0.84	15,000.00	0.16	0.031		0.0002	0.031	5.53	1.84	0.2	3/8"
			Longitud tramo G4-J4-K4-L4 =		10.61 m									

Para la derivación secundaria E7-G7:

Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E7-G7	R3	4.38	5.26	60,000.00	0.65	0.035	15.00%	0.0053	0.030	7.13	4.45	0.3	3/8"
			Longitud tramo E7-G7 =		4.38 m									

Para la derivación secundaria C7-C8-D8-E8-G8-H8-I8-J8-K8:

Etapas de regulación n	Tramos	Etapas de regulación n	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C7-C8	R2	0.80	0.96	407,500.00	4.41	0.688	10.00%	0.0015	0.686	12.09	6.53	0.5	1/2"
	C8-D8	R2	35.42	42.50	205,000.00	2.22	0.686		0.0672	0.619	8.37	5.70	0.4	1/2"
3ª Etapa	D8-E8	R3	1.77	2.12	205,000.00	2.22	0.035	20.00%	0.0011	0.034	13.00	4.63	0.5	1/2"
	E8-G8	R3	0.23	0.28	17,500.00	1.92	0.034		0.0001	0.034	12.31	4.47	0.5	1/2"
	G8-H8	R3	3.48	4.18	37,500.00	1.05	0.034		0.0022	0.031	9.82	3.87	0.4	1/2"
	H8-I8	R3	0.62	0.74	27,500.00	0.95	0.031		0.0004	0.031	3.43	3.77	0.4	1/2"
	I8-J8	R3	0.88	1.06	55,000.00	0.53	0.031		0.0006	0.030	7.91	3.37	0.3	3/8"
	J8-K8	R3	3.87	4.64	40,000.00	0.43	0.030		0.0025	0.028	7.01	3.12	0.3	3/8"
Longitud tramo C7-C8-D8 =						36.22 m								
Longitud tramo D8-E8-G8-H8-I8-J						10.85 m								

Para la derivación secundaria E8-F8:

Etapas de regulación n	Tramos	Etapas de regulación n	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E8-F8	R3	5.32	6.38	55,000.00	0.53	0.034	15.00%	0.0051	0.028	7.28	3.97	0.3	3/8"
Longitud tramo E8-F8 =						5.32 m								

Para la derivación secundaria G8-L8-M8:

Etapas de regulación n	Tramos	Etapas de regulación n	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	G8-L8	R3	8.33	10.00	120,000.00	1.30	0.034	15.00%	0.0044	0.029	11.09	3.74	0.4	1/2"
	L8-M8	R3	1.30	1.56	60,000.00	0.65	0.029		0.0007	0.029	8.53	3.16	0.3	3/8"
Longitud tramo G8-L8-M8 =						9.63 m								

Para la derivación secundaria C8-C9-D9-F9-G9-H9:

Etapas de regulación n	Tramos	Etapas de regulación n	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C8-C9	R2	0.80	0.96	262,500.00	2.84	0.686	-1.00%	0.0003	0.686	14.24	3.03	0.6	3/4"
	C9-D9	R2	16.68	20.02	262,500.00	2.84	0.686		0.0065	0.679	14.24	3.04	0.6	3/4"
3ª Etapa	D9-F9	R3	3.91	4.69	255,000.00	2.76	0.035	20.00%	0.0053	0.029	14.38	4.73	0.6	3/4"
	F9-G9	R3	0.60	0.72	200,000.00	2.16	0.029		0.0004	0.029	13.12	4.46	0.5	1/2"
	G9-H9	R3	1.33	1.60	50,000.00	0.54	0.029		0.0008	0.028	7.77	3.18	0.3	3/8"
Longitud tramo C8-C9-D9 =						17.68 m								
Longitud tramo D9-F9-G9-H9 =						11.84 m								

Para la derivación secundaria D9-E9:

Etapas de regulación n	Tramos	Etapas de regulación n	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	D9-E9	R3	3.23	3.88	15,000.00	0.16	0.035	15.00%	0.0053	0.030	4.00	3.60	0.2	3/8"
Longitud tramo D9-E9 =						3.23 m								

Aplicamos la formula de Pole para estimar los diámetros en cada uno de los tramos:

Para la línea principal A-B-C5-C6-D6-E6:

Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2xL)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	A-B	R1	24.87	29.80	2,054,500.00	513.83	1.325	33.00%	0.0745	1.325	1,800	25.3	5.44	1.0	1"
	B-C5	R1	114.34	137.21	654,000.00	163.50	1.325		0.3455	0.980	1,800	16.0	6.08	0.6	3/4"
2ª Etapa	C5-C6	R2	6.80	0.96	621,500.00	155.36	0.688	33.00%	0.0021	0.688	1,800	16.2	5.56	0.6	3/4"
	C6-D6	R2	78.51	94.21	69,000.00	22.00	0.688		0.2049	0.493	1,800	7.4	4.28	0.3	3/8"
3ª Etapa	D6-E6	R3	3.58	4.30	68,000.00	22.00	0.035	10.00%	0.0035	0.032	1,800	9.0	4.16	0.4	3/8"
							Longitud tramo A-B-C5 =	139.91 m							
							Longitud tramo C5-C6-D6 =	79.31 m							
							Longitud tramo D6-E6 =	3.58 m							

Para la derivación primaria B-C1-C2-C3-C4-D4-E4-G4-H4-I4:

Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2xL)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B-C1	R1	5.50	6.60	1,585,500.00	391.38	1.325	2.00%	0.0265	1.299	1,800	20.7	6.28	0.8	1"
2ª Etapa	C1-C2	R2	0.80	0.96	1,245,500.00	311.98	0.688	10.00%	0.0013	0.688	1,800	23.5	5.27	0.9	1"
	C2-C3	R2	0.80	0.96	1,175,500.00	293.98	0.688		0.0013	0.687	1,800	23.0	5.22	0.9	1"
	C3-C4	R2	0.50	0.60	1,035,000.00	271.25	0.687		0.0013	0.686	1,800	22.2	5.14	0.9	1"
	C4-D4	R2	40.35	48.42	1,085,000.00	271.25	0.686		0.0651	0.621	1,800	22.2	5.34	0.9	1"
3ª Etapa	D4-E4	R3	0.83	1.00	1,085,000.00	271.25	0.035	27.00%	0.0005	0.034	1,800	28.8	5.86	1.0	1"
	E4-G4	R3	0.78	0.94	1,085,000.00	268.25	0.034		0.0005	0.034	1,800	28.4	5.84	1.0	1"
	G4-H4	R3	9.60	11.52	275,000.00	68.75	0.034		0.0063	0.028	1,800	15.4	4.48	0.6	3/4"
	H4-I4	R3	3.08	3.70	220,000.00	55.00	0.028		0.0020	0.026	1,800	14.0	4.30	0.6	3/4"
							Longitud tramo B-C1 =	5.50 m							
							Longitud tramo C1-C2-C3-C4-D4 =	42.75 m							
							Longitud tramo D4-E4-G4-H4-I4 =	16.29 m							

Para la derivación primaria C5-D5-E5-F5:

Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2xL)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C5-D5	R2	51.14	61.37	65,000.00	16.25	0.688	10.00%	0.0690	0.621	1,800	7.5	2.23	0.3	1/2"
3ª Etapa	D5-E5	R3	3.98	4.78	65,000.00	16.25	0.035	20.00%	0.0057	0.029	1,800	7.4	4.56	0.3	3/8"
	E5-F5	R3	0.82	1.10	15,000.00	3.75	0.028		0.0013	0.028	1,800	4.1	3.41	0.2	3/8"
							Longitud tramo C5-D5 =	51.14 m							
							Longitud tramo D5-E5-F5 =	4.90 m							

Para la derivación primaria C6-C7-D7-E7-F7:

Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2xL)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C6-C7	R2	0.50	0.60	577,500.00	144.38	0.688	40.00%	0.0028	0.686	1,800	13.7	7.18	0.5	1/2"
	C7-D7	R2	62.71	63.25	240,000.00	60.00	0.686		0.2683	0.417	1,800	9.7	7.18	0.4	1/2"
	D7-E7	R2	0.78	0.94	240,000.00	60.00	0.417		0.0049	0.413	1,800	9.7	7.18	0.4	1/2"
3ª Etapa	E7-F7	R3	5.95	7.14	180,000.00	45.00	0.035	10.00%	0.0035	0.032	1,800	13.3	3.92	0.5	1/2"
							Longitud tramo C6-C7-D7-E7 =	53.99 m							
							Longitud tramo E7-F7 =	5.95 m							

Para la derivación secundaria C1-D1-E1-F1:

Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2xL)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C1-D1	R2	23.35	28.02	510,000.00	127.50	0.688	10.00%	0.0690	0.621	1,800	14.5	5.85	0.6	3/4"
3ª Etapa	D1-E1	R3	5.46	6.55	510,000.00	127.50	0.035	20.00%	0.0051	0.030	1,800	18.3	5.82	0.7	3/4"
	E1-F1	R3	2.01	2.41	450,000.00	112.50	0.030		0.0019	0.029	1,800	17.4	5.68	0.7	3/4"
							Longitud tramo C1-D1 =	23.35 m							
							Longitud tramo D1-E1-F1 =	7.47 m							

Para la derivación secundaria C2-D2-G2:															
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C2-D2	R2	18.43	22.12	130,000.00	32.50	0.039	20.00%	0.1378	0.551	1,900	7.0	6.74	0.3	1 1/2"
3ª Etapa	D2-G2	R3	8.95	10.74	20,000.00	5.00	0.035	20.00%	0.0070	0.028	1,900	5.2	2.84	0.2	3/8"
			Longitud tramo C2-D2 =				18.43 m								
			Longitud tramo D2-G2 =				8.95 m								

Para la derivación secundaria D2-E2-F2:															
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	D2-E2	R3	0.44	0.53	120,000.00	30.00	0.035	20.00%	0.0004	0.035	1,900	10.2	4.39	0.4	1 1/2"
	E2-F2	R3	6.81	8.17	60,000.00	15.00	0.035		0.0066	0.028	1,900	7.7	3.84	0.3	3/8"
			Longitud tramo D2-E2-F2 =				7.25 m								

Para la derivación secundaria C3-D3-E3-G3-I3:															
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C3-D3	R2	18.67	22.40	158,000.00	39.50	0.035	4.00%	0.0275	0.681	1,900	10.5	3.42	0.4	1 1/2"
	D3-E3	R3	0.57	0.68	158,000.00	39.50	0.035	20.00%	0.0004	0.035	1,900	12.3	3.97	0.5	1 1/2"
3ª Etapa	E3-G3	R3	0.81	0.97	135,000.00	33.75	0.035		0.0005	0.034	1,900	11.6	3.85	0.5	1 1/2"
	G3-I3	R3	9.28	11.14	55,000.00	13.75	0.034		0.0061	0.028	1,900	8.1	3.24	0.3	3/8"
			Longitud tramo C3-D3 =				18.67 m								
			Longitud tramo D3-E3-G3-I3 =				10.66 m								

Para la derivación secundaria E3-F3:															
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E3-F3	R3	7.37	8.84	48,000.00	11.50	0.035	20.00%	0.0059	0.028	1,900	7.0	3.61	0.3	3/8"
			Longitud tramo E3-F3 =				7.37 m								

Para la derivación secundaria G3-H3:															
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	G3-H3	R3	4.47	5.36	60,000.00	20.00	0.034	15.00%	0.0051	0.029	1,900	8.4	4.35	0.3	3/8"
			Longitud tramo G3-H3 =				4.47 m								

Para la derivación secundaria E4-F4:															
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E4-F4	R3	6.43	7.72	40,000.00	10.00	0.035	15.00%	0.0052	0.029	1,900	6.8	3.30	0.3	3/8"
			Longitud tramo E4-F4 =				6.43 m								

Para la derivación secundaria G4-J4-K4-L4:															
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	G4-J4	R3	7.58	9.10	327,500.00	231.88	0.034	18.00%	0.0044	0.030	1,900	25.6	5.42	1.0	1"
	J4-K4	R3	2.33	2.80	615,000.00	153.75	0.030		0.0014	0.029	1,900	21.7	5.00	0.9	1"
	K4-L4	R3	0.70	0.84	15,000.00	3.75	0.028		0.0004	0.028	1,900	4.9	2.38	0.2	3/8"
			Longitud tramo G4-J4-K4-L4 =				10.61 m								

Para la derivación secundaria E7-G7:															
Etapas de regulación	Tramos	Etapas de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E7-G7	R3	4.38	5.26	60,000.00	15.00	0.035	15.00%	0.0053	0.030	1,900	7.4	4.19	0.3	3/8"
			Longitud tramo E7-G7 =				4.38 m								

Para la derivación secundaria C7-C8-D8-E8-G8-H8-I8-J8-K8:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Pérdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C7-C8	F2	0.80	0.96	407,500.00	10188	0.827	20.00%	0.0030	0.684	1,800	12.7	5.95	0.5	1/2"
	C8-D8	F2	35.42	42.50	205,000.00	5125	0.684		0.1344	0.550	1,800	3.6	5.64	0.4	1/2"
3ª Etapa	D8-E8	F3	1.77	2.12	205,000.00	5125	0.035	20.00%	0.0011	0.034	1,800	12.7	4.16	0.5	1/2"
	E8-G8	F3	0.23	0.28	177,500.00	4438	0.034		0.0001	0.034	1,800	12.9	4.04	0.5	1/2"
	G8-H8	F3	3.48	4.18	87,500.00	2188	0.034		0.0022	0.031	1,800	10.2	3.53	0.4	1/2"
	H8-I8	F3	0.62	0.74	87,500.00	2188	0.031		0.0004	0.031	1,800	9.8	3.52	0.4	1/2"
	I8-J8	F3	0.88	1.06	55,000.00	1375	0.031		0.0006	0.030	1,800	8.1	3.21	0.3	3/8"
J8-K8	F3	3.97	4.84	40,000.00	10,00	0.030		0.0025	0.029	1,800	7.1	3.02	0.3	3/8"	

Longitud tramo C7-C8-D8 = 36.22 m
Longitud tramo D8-E8-G8-H8-I8-J8 = 10.85 m

Para la derivación secundaria E8-F8:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Pérdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E8-F8	F3	5.32	6.38	55,000.00	1375	0.034	15.00%	0.0051	0.029	1,800	7.5	3.76	0.3	3/8"

Longitud tramo E8-F8 = 5.32 m

Para la derivación secundaria G8-L8-M8:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Pérdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	G8-L8	F3	8.33	10.00	120,000.00	30,00	0.034	15.00%	0.0044	0.029	1,800	11.5	3.46	0.5	1/2"
	L8-M8	F3	1.30	1.56	60,000.00	15,00	0.029		0.0007	0.029	1,800	8.7	3.01	0.3	3/8"

Longitud tramo G8-L8-M8 = 9.63 m

Para la derivación secundaria C8-C9-D9-F9-G9-H9:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Pérdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
2ª Etapa	C8-C9	F2	0.80	0.96	262,500.00	65.63	0.686	100%	0.0003	0.686	1,800	16.8	2.13	0.7	3/4"
	C9-D9	F2	16.88	20.26	262,500.00	65.63	0.686		0.0065	0.679	1,800	16.8	2.20	0.7	3/4"
3ª Etapa	D9-F9	F3	3.91	4.69	255,000.00	63.75	0.035	20.00%	0.0053	0.029	1,800	15.2	4.22	0.5	3/4"
	F9-G9	F3	0.60	0.72	200,000.00	50.00	0.029		0.0004	0.029	1,800	13.8	4.02	0.5	1/2"
	G9-H9	F3	1.33	1.60	50,000.00	12.50	0.029		0.0006	0.028	1,800	7.9	3.05	0.3	3/8"

Longitud tramo C8-C9-D9 = 17.68 m
Longitud tramo D9-F9-G9-H9 = 11.84 m

Para la derivación secundaria D9-E9:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Pérdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	v (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	D9-E9	F3	3.23	3.88	15,000.00	3.75	0.035	15.00%	0.0053	0.030	1,800	4.0	3.53	0.2	3/8"

Longitud tramo D9-E9 = 3.23 m

8.2 Memoria de cálculo y plano de Instalaciones de Gas Natural.

Los cálculos mostrados a continuación se realizan con la finalidad de calcular el diámetro de la tubería, desde el conjunto regulación medición, en la acometida del propietario, a los artefactos de consumo.

Memoria de cálculo para el diámetro de diseño:

Datos recogidos de los locatarios, potencias nominales o consumo de cada uno de los artefactos de los locatarios.

Cuadro N° 8.03

Item	Locatario	Artefactos	Cantidad und	Potencia Nominal por Artefacto BTU/hr	Potencia Nominal Total BTU/hr	Punto de Entrega
01	Pardos Chicken	Cocina de 4 Hornillas	1	60,000.00	60,000.00	E1
02		Freidora de papas	3	150,000.00	450,000.00	F1
03	Chifa Taipa	Cocina de 4 Hornillas	1	60,000.00	60,000.00	E2
04		Calentador de Paso	1	60,000.00	60,000.00	G2
05		Cocina de 1 Hornilla	1	20,000.00	20,000.00	H2
06	Burguer King	Parrilla	1	46,000.00	46,000.00	F3
07		Freidora de papas	1	80,000.00	80,000.00	H3
08		Calentador de Paso	1	55,000.00	55,000.00	I3
09	Pizza Hut	Mesa Caliente	1	40,000.00	40,000.00	F4
10		Calentador de Paso	1	55,000.00	55,000.00	H4
11		Horno pizzero	2	110,000.00	220,000.00	I4
12	Kentucky Fried Chicken	Freidora de pollo	4	80,000.00	320,000.00	J4
13		Freidora de papas	4	150,000.00	600,000.00	K4
14		Cocina de 1 Hornilla	1	15,000.00	15,000.00	L4
15	Donofrio	Calentador de paso	1	50,000.00	50,000.00	E5
16		Cocina 1 hornilla	1	15,000.00	15,000.00	F5
17	Glow Salon	Calentador de almacenamiento	1	88,000.00	88,000.00	E6
18	Café – Café	Horno, Plancha y cocina 6 homillas	1	180,000.00	180,000.00	F7
19		Calentador de Paso	1	60,000.00	60,000.00	H7

20	Manos Morenas	Calentador de Paso	1	55,000.00	55,000.00	F8
21		Horno	1	20,000.00	20,000.00	H8
22		Mesa Caliente	1	40,000.00	40,000.00	I8
23		Cocina 1 hornilla	1	15,000.00	15,000.00	J8
24		Parrilla	1	40,000.00	40,000.00	K8
25		Cocina 4 Hornillas	1	60,000.00	60,000.00	L8
26		Freidora de papa	1	60,000.00	60,000.00	M8
27	Otto Grill	Cocina	1	15,000.00	15,000.00	E9
28		Freidora de pollo	1	80,000.00	80,000.00	F9
29		Freidora de papa	1	150,000.00	150,000.00	G9
30		Parrilla	1	50,000.00	50,000.00	H9
					3,059,000.00	BTU/hr

Fuente: Recopilación de Datos de los Artefactos a Gas del Centro Comercial Plaza Lima Sur.

Procedemos a calcular la longitud de cada uno de los tramos de la instalación.

Cálculo de las longitudes de las tuberías de cada Locatario		
Pardos Chicken		
Tramos	Longitud	Regulador
A-B1	1.60	R1
B1-C1	76.36	R1
C1-D1	16.59	R2
D1-E1	5.46	R3
E1-F1	2.01	R3
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-C1-D1-E1-F1 =	102.02	ml
Chifa Taipa		
	Longitud	Regulador
A-B1	1.60	R1
B1-B2	0.60	R1
B2-C2	78.76	R1
C2-D2	11.87	R2
D2-E2	0.44	R3
E2-F2	6.81	R3
D2-G2	8.95	R3
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B2-C2-D2-E2-F2 =	100.08	ml
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B2-C2-D2-G2 =	101.78	ml

Burguer King	Longitud	Regulador
A-B1	1.60	R1
B1-B2	0.60	R1
B2-B3	0.60	R1
B3-C3	79.75	R1
C3-D3	9.86	R2
D3-E3	0.57	R3
E3-F3	7.37	R3
E3-G3	0.81	R3
G3-H3	4.47	R3
G3-I3	9.28	R3
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B2-B3-C3-D3-E3-F3 =	100.35	ml
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B2-B3-C3-D3-E3-G3-H3 =	98.26	ml
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B2-B3-C3-D3-E3-G3-I3 =	103.07	ml
Kentucky Fried Chicken	Longitud	Regulador
A-B1	1.60	R1
B1-B2	0.60	R1
B2-B3	0.60	R1
B3-B4	0.60	R1
B4-C4	79.41	R1
C4-D4	32.86	R2
D4-E4	0.83	R3
E4-F4	6.43	R3
E4-G4	0.78	R3
G4-H4	9.60	R3
H4-I4	3.08	R3
G4-J4	7.58	R3
J4-K4	2.33	R3
K4-L4	0.70	R3
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B2-B3-B4-C4-D4-E4-F4 =	122.93	ml
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B2-B3-B4-C4-D4-E4-G4-H4-I4 =	129.96	ml
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B2-B3-B4-C4-D4-E4-G4-J4-K4-L4 =	127.89	ml

Donofrio	Longitud	Regulador
A-B1	1.60	R1
B1-B9	0.60	R1
B9-B8	0.50	R1
B8-B7	0.50	R1
B7-B6	0.50	R1
B6-B5	0.50	R1
B5-C5	191.00	R1
C5-D5	49.60	R2
D5-E5	3.98	R3
E5-F5	0.92	R3
Longitud Total Tramo A-B1-B9-B8-B7-B6-B5-C5-D5-E5-F5 =	249.70	ml
Glow Salon	Longitud	Regulador
A-B1	1.60	R1
B1-B9	0.60	R1
B9-B8	0.50	R1
B8-B7	0.50	R1
B7-B6	0.50	R1
B6-C6	191.22	R1
C6-D6	77.67	R2
D6-E6	3.58	R3
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B9-B8-B7-B6-C6-D6-E6 =	276.17	ml
Café - Café	Longitud	Regulador
A-B1	1.60	R1
B1-B9	0.60	R1
B9-B8	0.50	R1
B8-B7	0.50	R1
B7-C7	190.53	R1
C7-D7	52.60	R2
D7-E7	0.78	R2
E7-F7	5.95	R3
E7-G7	4.38	R3
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B9-B8-B7-C7-D7-E7-F7 =	253.06	ml
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B9-B8-B7-C7-D7-E7-G7 =	251.49	ml

Manos Morenas	Longitud	Regulador
A-B1	1.60	R1
B1-B9	0.60	R1
B9-B8	0.50	R1
B8-C8	190.08	R1
C8-D8	35.61	R2
D8-E8	1.77	R3
E8-F8	5.32	R3
E8-G8	0.23	R3
G8-H8	3.48	R3
H8-I8	0.62	R3
I8-J8	0.88	R3
J8-K8	3.87	R3
G8-L8	8.33	R3
L8-M8	1.30	R3
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B9-B8-C8-D8-E8-F8 =	235.48	ml
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B9-B8-C8-D8-E8-G8-H8-I8-J8-K8 =	239.24	ml
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B9-B8-C8-D8-E8-G8-L8-M8 =	240.02	ml
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B9-B8-C8-D8-E8-G8-L8-M8 =	240.02	ml
Otto Grill		
A-B1	1.60	R1
B1-B9	0.60	R1
B9-C9	189.76	R1
C9-D9	16.93	R2
D9-E9	3.23	R3
D9-F9	9.91	R3
F9-G9	0.60	R3
G9-H9	1.33	R3
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B9-C9-D9-E9 =	212.12	ml
LONGITUD TOTAL TRAMO A-B1-B9-C9-D9-F9-G9-H9 =	220.73	ml

La Línea principal la encontramos en el tramo A-B1-B9-B8-B7-B6-C6-D6-E6, para alimentar al calentador de almacenamiento del Glow Salon.

La línea principal porque es el punto de consumo mas alejado del tanque de GLP, la longitud del tramo es de 276.17 ml, el mayor de todos.

Todas las demás líneas existentes en nuestro proyecto se denominan derivaciones, pudiendo ser derivaciones primarias y secundarias.

Las derivaciones primarias son aquellas derivaciones de la línea principal y de mayor longitud, así tenemos en nuestro proyecto 5 derivaciones primarias:

- | |
|--|
| 01 TRAMO B1-B2-B3-B4-C4-D4-E4-G4-H4-I4 |
| 02 TRAMO B6-B5-C5-D5-E5-F5 |
| 03 TRAMO B7-C7-D7-E7-F7 |
| 04 TRAMO B8-C8-D8-E8-G8-L8-M8 |
| 05 TRAMO B9-C9-D9-F9-G9-H9 |

Las derivaciones secundarias son todas las derivaciones restantes:

- | |
|----------------------------|
| 01 TRAMO B1-C1-D1-E1-F1 |
| 02 TRAMO B2-C2-D2-G2 |
| 03 TRAMO D2-E2-F2 |
| 04 TRAMO B3-C3-D3-E3-G3-I3 |
| 05 TRAMO E3-F3 |
| 06 TRAMO G3-H3 |
| 07 TRAMO E4-F4 |
| 08 TRAMO G4-J4-K4-L4 |
| 09 TRAMO E7-G7 |
| 10 TRAMO G8-H8-I8-J8-K8 |
| 11 TRAMO E8-F8 |
| 12 TRAMO D9-E9 |

Ahora que tenemos definidas la línea principal, las líneas primarias y secundarias, aplicaremos los criterios para el cálculo del caudal probable por tramo. Para este diseño consideraremos que todo el centro comercial es como un único usuario por ello nuestro factor de simultaneidad es la unidad.

Caudal probable para la línea Principal:

01	Para la línea principal A-B1-B9-B8-B7-B6-C6-D6-E6:	
	A-B1	2,054,500.00 BTU/hr
	B1-B9	654,000.00 BTU/hr
	B9-B8	475,500.00 BTU/hr
	B8-B7	330,500.00 BTU/hr
	B7-B6	145,500.00 BTU/hr
	B6-C6	88,000.00 BTU/hr
	C6-D6	88,000.00 BTU/hr
	D6-E6	88,000.00 BTU/hr

Caudal probable para las líneas Primarias:

01	Para la derivación primaria B1-B2-B3-B4-C4-D4-E4-G4-H4-I4:	
	B1-B2	1,245,500.00 BTU/hr
	B2-B3	1,175,500.00 BTU/hr
	B3-B4	1,085,000.00 BTU/hr
	B4-C4	1,085,000.00 BTU/hr
	C4-D4	1,085,000.00 BTU/hr
	D4-E4	1,085,000.00 BTU/hr
	E4-G4	1,065,000.00 BTU/hr
	G4-H4	275,000.00 BTU/hr
	H4-I4	220,000.00 BTU/hr
02	Para la derivación primaria B6-B5-C5-D5-E5-F5:	
	B6-B5	65,000.00 BTU/hr
	B5-C5	65,000.00 BTU/hr
	C5-D5	65,000.00 BTU/hr
	D5-E5	65,000.00 BTU/hr
	E5-F5	15,000.00 BTU/hr

03	Para la derivación primaria B7-C7-D7-E7-F7:	
	B7-C7	240,000.00 BTU/hr
	C7-D7	240,000.00 BTU/hr
	D7-E7	240,000.00 BTU/hr
	E7-F7	180,000.00 BTU/hr
04	Para la derivación primaria B8-C8-D8-E8-G8-L8-M8:	
	B8-C8	205,000.00 BTU/hr
	C8-D8	205,000.00 BTU/hr
	D8-E8	205,000.00 BTU/hr
	E8-G8	177,500.00 BTU/hr
	G8-L8	120,000.00 BTU/hr
	L8-M8	60,000.00 BTU/hr
05	Para la derivación primaria B9-C9-D9-F9-G9-H9:	
	B9-C9	262,500.00 BTU/hr
	C9-D9	262,500.00 BTU/hr
	D9-F9	255,000.00 BTU/hr
	F9-G9	200,000.00 BTU/hr
	G9-H9	50,000.00 BTU/hr

Para las líneas Secundarias:

01	Para la derivación secundaria B1-C1-D1-E1-F1:	
	B1-C1	510,000.00 BTU/hr
	C1-D1	510,000.00 BTU/hr
	D1-E1	510,000.00 BTU/hr
	E1-F1	450,000.00 BTU/hr
02	Para la derivación secundaria B2-C2-D2-G2:	
	B2-C2	130,000.00 BTU/hr
	C2-D2	130,000.00 BTU/hr
	D2-G2	20,000.00 BTU/hr

03	Para la derivación secundaria D2-E2-F2:	
	D2-E2	120,000.00 BTU/hr
	E2-F2	60,000.00 BTU/hr
04	Para la derivación secundaria B3-C3-D3-E3-G3-I3:	
	B3-C3	158,000.00 BTU/hr
	C3-D3	158,000.00 BTU/hr
	D3-E3	158,000.00 BTU/hr
	E3-G3	135,000.00 BTU/hr
	G3-I3	55,000.00 BTU/hr
05	Para la derivación secundaria E3-F3:	
	E3-F3	46,000.00 BTU/hr
06	Para la derivación secundaria G3-H3:	
	G3-H3	80,000.00 BTU/hr
07	Para la derivación secundaria E4-F4:	
	E4-F4	40,000.00 BTU/hr
08	Para la derivación secundaria G4-J4-K4-L4:	
	G4-J4	927,500.00 BTU/hr
	J4-K4	615,000.00 BTU/hr
	K4-L4	15,000.00 BTU/hr
09	Para la derivación secundaria E7-G7:	
	E7-G7	60,000.00 BTU/hr
10	Para la derivación secundaria G8-H8-I8-J8-K8:	
	G8-H8	97,500.00 BTU/hr
	H8-I8	87,500.00 BTU/hr
	I8-J8	55,000.00 BTU/hr
	J8-K8	40,000.00 BTU/hr
11	Para la derivación secundaria E8-F8:	
	E8-F8	55,000.00 BTU/hr
12	Para la derivación secundaria D9-E9:	
	D9-E9	15,000.00 BTU/hr

Como ya conocemos el caudal probable y la longitud de cada tramo procedemos a calcular el diámetro de diseño.

El proyecto lo desarrollaremos en tres etapas de regulación, y detallaremos los tramos y las presiones en la siguiente tabla:

Cuadro N° 8.04

Etapa de regulación	Presión de servicio	Velocidad máxima permisible	Tramo involucrado
Primera etapa de regulación (R1)	340 mbar	20 m/s	Desde la acometida hasta el ingreso de la tubería en el techo del centro comercial
Segunda etapa de regulación (R2)	140 mbar	20m/s	Desde el techo del centro comercial hasta antes de la entrega a los artefactos
Tercera etapa de regulación (R3)	23 mbar	7 m/s	Tramo final para la entrega a los artefactos

Fuente: [4], "Planeamiento y Diseño de sistemas de distribuciones de Gas", Ing. Guillermo Diaz Andrade.

En la tabla anterior es importante no exceder la el valor de la velocidad permisible, porque sino se generan ruidos y erosión en la tubería, pero acercarnos al valor de la velocidad permisible hace que nuestro diámetro sea más pequeño, por ello en los cálculos de diámetro de tubería ingresaremos a la formula con el valor de la presión de servicio considerando una perdida de carga inicial del 10 %, es posible tener perdidas de hasta el 50%, pero hay que verificar la velocidad, por ello probamos con los porcentajes de las perdidas de carga y en un proceso iterativo simple buscamos acercarnos lo más posible al diámetro más económico.

La repartición de la perdida planteada la distribuiremos proporcional a la longitud de la tubería en un tramo determinado.

El diámetro de diseño lo calcularemos usando las formulas de Renouard y Pole, con la finalidad de sacar conclusiones con respecto a la aplicación de estas.

Aplicamos la formula de Renouard para estimar los diámetros en cada uno de los tramos:

Para la línea principal A-B1-B9-B8-B7-B6-C6-D6-E6:													
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	A-B1	R1	1.60	1.92	2,054,500.00	61.29	0.340	20.00%	0.0006	0.339	48.69	7.04	1.9 2"
	B1-B9	R1	0.60	0.72	654,000.00	19.51	0.339		0.0002	0.339	31.60	5.32	1.2 1 1/4"
	B9-B8	R1	0.50	0.60	475,500.00	14.19	0.339		0.0002	0.339	28.02	4.32	1.1 1 1/4"
	B8-B7	R1	0.50	0.60	330,500.00	9.96	0.339		0.0002	0.339	24.42	4.51	1.0 1"
	B7-B6	R1	0.50	0.60	145,500.00	4.34	0.339		0.0002	0.339	17.92	3.69	0.7 3/4"
2ª Etapa	B6-C6	R1	191.22	229.46	88,000.00	2.63	0.339		0.0667	0.272	14.90	3.40	0.6 3/4"
3ª Etapa	C6-D6	R2	77.67	93.20	88,000.00	2.63	0.140	40.00%	0.0560	0.084	13.24	5.04	0.5 1/2"
	D6-E6	R3	3.58	4.30	88,000.00	2.63	0.025	20.00%	0.0050	0.020	11.81	6.74	0.5 1/2"
Longitud tramo A-B1-B9-B8-B7-B6 =						194.92 m							
Longitud tramo C6-D6 =						77.67 m							
Longitud tramo D6-E6 =						3.58 m							

Para la derivación primaria B1-B2-B3-B4-C4-D4-E4-G4-H4-I4:													
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B1-B2	R1	0.60	0.72	1,245,500.00	37.16	0.339	5.00%	0.0001	0.339	44.93	5.04	1.8 2"
	B2-B3	R1	0.60	0.72	1,175,500.00	35.07	0.339		0.0001	0.339	43.86	4.97	1.7 2"
	B3-B4	R1	0.60	0.72	1,085,000.00	32.37	0.339		0.0001	0.339	42.55	4.87	1.7 2"
	B4-C4	R1	79.41	95.29	1,085,000.00	32.37	0.339		0.0166	0.322	42.61	4.92	1.7 2"
2ª Etapa	C4-D4	R2	32.86	39.43	1,085,000.00	32.37	0.140	6.00%	0.0112	0.129	39.78	6.61	1.6 2"
3ª Etapa	D4-E4	R3	0.83	1.00	1,085,000.00	32.37	0.025	20.00%	0.0003	0.025	40.63	6.98	1.6 2"
	E4-G4	R3	0.78	0.94	1,065,000.00	31.77	0.025		0.0003	0.024	40.35	6.95	1.6 2"
	G4-H4	R3	9.60	11.52	275,000.00	8.20	0.024		0.0034	0.021	24.20	5.01	1.0 1"
	H4-I4	R3	3.08	3.70	220,000.00	6.56	0.021		0.0011	0.020	22.24	4.75	0.9 1"
Longitud tramo B1-B2-B3-B4-C4 =						81.21 m							
Longitud tramo C4-D4 =						32.86 m							
Longitud tramo D4-E4-G4-H4-I4 =						14.29 m							

Para la derivación primaria B6-B5-C5-D5-E5-F5:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B6-B5	R1	0.60	0.72	65,000.00	1.94	0.339	20.00%	0.0008	0.338	9.89	5.41	0.4	1/2"
	B5-C5	R1	0.60	0.72	65,000.00	1.94	0.338	0.0008	0.337	9.89	5.41	0.4	1/2"	
2ª Etapa	C5-D5	R2	51.14	61.37	65,000.00	1.94	0.140	15.00%	0.0210	0.119	13.23	3.61	0.5	1/2"
3ª Etapa	D5-E5	R3	3.98	4.78	65,000.00	1.94	0.025	20.00%	0.0041	0.021	11.24	5.49	0.4	1/2"
	E5-F5	R3	0.32	1.10	15,000.00	0.45	0.021	0.0008	0.020	6.46	3.84	0.3	3/8"	
Longitud tramo B6-B5-C5 =					1.20 m									
Longitud tramo C5-D5 =					51.14 m									
Longitud tramo D5-E5-F5 =					4.90 m									

Para la derivación primaria B7-C7-D7-E7-F7:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B7-C7	R1	190.53	228.64	240,000.00	7.16	0.339	20.00%	0.0677	0.271	21.67	4.38	0.9	1"
2ª Etapa	C7-D7	R2	52.80	63.12	240,000.00	7.16	0.140	20.00%	0.0414	0.099	18.97	6.61	0.7	3/4"
	D7-E7	R2	0.78	0.94	240,000.00	7.16	0.089	0.0008	0.098	19.04	6.56	0.7	3/4"	
3ª Etapa	E7-F7	R3	5.95	7.14	180,000.00	5.37	0.025	15.00%	0.0038	0.021	18.25	5.76	0.7	3/4"
Longitud tramo B7-C7 =					190.53 m									
Longitud tramo C7-D7-E7 =					53.38 m									
Longitud tramo E7-F7 =					5.95 m									

Para la derivación primaria B8-C8-D8-E8-G8-L8-M8:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B8-C8	R1	190.08	228.10	205,000.00	6.12	0.339	20.00%	0.0339	0.305	23.60	3.10	0.9	1"
2ª Etapa	C8-D8	R2	35.61	42.73	205,000.00	6.12	0.140	10.00%	0.0140	0.126	20.59	4.68	0.8	1"
	D8-E8	R3	1.77	2.12	205,000.00	6.12	0.025	20.00%	0.0008	0.024	20.75	5.06	0.8	1"
3ª Etapa	E8-G8	R3	0.23	0.28	177,500.00	5.30	0.024	0.0001	0.024	19.65	4.89	0.8	1"	
	G8-L8	R3	8.33	10.00	120,000.00	3.58	0.024	0.0008	0.021	18.95	4.46	0.7	3/4"	
	L8-M8	R3	1.30	1.56	80,000.00	1.79	0.021	0.0008	0.020	13.05	3.76	0.5	1/2"	
Longitud tramo B8-C8 =					190.08 m									
Longitud tramo C8-D8 =					35.61 m									
Longitud tramo D8-E8-G8-L8-M8 =					11.63 m									

Para la derivación secundaria B9-C9-D9-F9-G9-H9:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B9-C9	R1	189.76	227.71	282,500.00	7.83	0.339	20.00%	0.0678	0.271	22.39	4.48	0.9	1"
2ª Etapa	C9-D9	R2	16.93	20.32	282,500.00	7.83	0.140	10.00%	0.0140	0.126	19.37	6.78	0.8	1"
	D9-F9	R3	9.91	11.89	255,000.00	7.61	0.025	30.00%	0.0063	0.019	20.79	6.30	0.8	1"
3ª Etapa	F9-G9	R3	0.60	0.72	200,000.00	5.97	0.019	0.0004	0.018	18.97	5.94	0.7	3/4"	
	G9-H9	R3	1.33	1.60	50,000.00	1.49	0.018	0.0008	0.018	11.24	4.24	0.4	1/2"	
Longitud tramo B9-C9 =					189.76 m									
Longitud tramo C9-D9 =					16.93 m									
Longitud tramo D9-F9-G9-H9 =					11.84 m									

Para la derivación secundaria B1-C1-D1-E1-F1:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B1-C1	R1	76.36	91.63	510,000.00	15.21	0.339	20.00%	0.0339	0.305	27.43	5.65	1.1	1 1/4"
2ª Etapa	C1-D1	R2	16.59	19.91	510,000.00	15.21	0.140	5.00%	0.0070	0.133	28.61	5.99	1.1	1 1/4"
	D1-E1	R3	5.46	6.55	510,000.00	15.21	0.025	16.00%	0.0029	0.022	27.97	6.94	1.1	1 1/4"
3ª Etapa	E1-F1	R3	2.01	2.41	450,000.00	13.42	0.022	0.0011	0.021	26.68	6.74	1.1	1 1/4"	
Longitud tramo B1-C1 =					76.36 m									
Longitud tramo C1-D1 =					16.59 m									
Longitud tramo D1-E1-F1 =					7.47 m									

Para la derivación secundaria B2-C2-D2-G2:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m ³ /hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B2-C2	R1	78.76	94.51	130,000.00	3.89	0.339	20.00%	0.0679	0.272	14.31	5.44	0.6	3/4"
2ª Etapa	C2-D2	R2	11.87	14.24	130,000.00	3.89	0.140	20.00%	0.0280	0.112	11.97	8.89	0.5	1/2"
	D2-G2	R3	8.95	10.74	20,000.00	0.60	0.025	20.00%	0.0050	0.020	8.16	3.21	0.3	3/8"
Longitud tramo B2-C2 =					78.76 m									
Longitud tramo C2-D2 =					11.87 m									
Longitud tramo D2-G2 =					8.95 m									

Para la derivación secundaria D2-E2-F2:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 * L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	
3ª Etapa	D2-E2	R3	0.44	0.53	120,000.00	3.58	0.025	20.00%	0.0003	0.025	15.37	5.40	0.6	3/4"
	E2-F2	R3	6.81	8.17	60,000.00	1.79	0.025		0.0047	0.020	11.83	4.58	0.5	1/2"
Longitud tramo D2-E2-F2 =						7.25 m								

Para la derivación secundaria B3-C3-D3-E3-G3-I3:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 * L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	
1ª Etapa	B3-C3	R1	79.75	95.70	158,000.00	4.71	0.339	20.00%	0.0678	0.271	15.44	5.67	0.8	3/4"
2ª Etapa	C3-D3	R2	9.86	11.83	158,000.00	4.71	0.140	4.00%	0.0056	0.134	17.28	5.08	0.7	3/4"
3ª Etapa	D3-E3	R3	0.57	0.68	158,000.00	4.71	0.025	20.00%	0.0003	0.025	18.47	4.92	0.7	3/4"
	E3-G3	R3	0.81	0.97	135,000.00	4.03	0.025		0.0004	0.024	17.40	4.74	0.7	3/4"
	G3-I3	R3	9.28	11.14	55,000.00	1.64	0.024		0.0044	0.020	12.40	3.82	0.5	1/2"
Longitud tramo B3-C3 =						79.75 m								
Longitud tramo C3-D3 =						9.86 m								
Longitud tramo D3-E3-G3-I3 =						10.66 m								

Para la derivación secundaria E3-F3:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 * L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	
3ª Etapa	E3-F3	R3	7.37	8.84	45,000.00	1.37	0.025	20.00%	0.0049	0.020	10.76	4.24	0.4	1/2"
Longitud tramo E3-F3 =						7.37 m								

Para la derivación secundaria G3-H3:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 * L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	
3ª Etapa	G3-H3	R3	4.47	5.38	80,000.00	2.39	0.024	15.00%	0.0037	0.021	12.73	5.27	0.5	1/2"
Longitud tramo G3-H3 =						4.47 m								

Para la derivación secundaria E4-F4:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E4-F4	R3	6.43	7.72	40,000.00	1.19	0.025	20.00%	0.0049	0.020	9.32	4.34	0.4	1/2"
Longitud tramo E4-F4 =						6.43 m								

Para la derivación secundaria G4-J4-K4-L4:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	G4-J4	R3	7.58	9.10	527,500.00	27.87	0.024	15.00%	0.0026	0.022	33.40	6.70	1.5	1 1/2"
	J4-K4	R3	2.33	2.80	615,000.00	18.35	0.022		0.0009	0.021	32.68	6.07	1.3	1 1/2"
	K4-L4	R3	0.70	0.84	15,000.00	0.45	0.021		0.0002	0.021	8.03	2.45	0.3	3/8"
Longitud tramo G4-J4-K4-L4 =						10.61 m								

Para la derivación secundaria E7-G7:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E7-G7	R3	4.38	5.26	60,000.00	1.79	0.025	20.00%	0.0050	0.020	10.65	5.64	0.4	1/2"
Longitud tramo E7-G7 =						4.38 m								

Para la derivación secundaria G8-H8-I8-J8-K8:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	G8-H8	R3	3.48	4.18	97,500.00	2.91	0.024	20.00%	0.0019	0.022	14.32	4.67	0.6	1/2"
	H8-I8	R3	0.62	0.74	97,500.00	2.61	0.022		0.0003	0.022	14.32	4.55	0.6	1/2"
	I8-J8	R3	0.88	1.06	55,000.00	1.64	0.022		0.0005	0.021	12.02	4.06	0.5	1/2"
	J8-K8	R3	3.27	3.94	40,000.00	1.19	0.021		0.0021	0.019	10.65	3.76	0.4	1/2"
Longitud tramo G8-H8-I8-J8-K8 =						8.85 m								

Para la derivación secundaria E8-F8:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E8-F8	R3	5.32	6.38	55,000.00	1.64	0.024	16.00%	0.0044	0.020	11.04	4.82	0.4	1/2"
Longitud tramo E8-F8 =						5.32 m								

Para la derivación secundaria D9-E9:														
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (m3/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	D9-E9	R3	3.23	3.88	15,000.00	0.45	0.025	15.00%	0.0038	0.021	6.23	4.04	0.2	3/8"
Longitud tramo D9-E9 =						3.23 m								

Aplicamos la formula de Pole para estimar los diámetros en cada uno de los tramos:

Para la línea principal A-B1-B9-B8-B7-B6-C6-D6-E6:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	A-B1	R1	160	192	2,054,500.00	513.83	0.339	40.00%	0.0011	0.339	1.800	32.2	11.44	1.5	1 1/2"
	B1-B9	R1	0.60	0.72	654,000.00	163.50	0.339		0.0004	0.338	1.800	25.1	8.43	1.0	1"
	B9-B8	R1	0.50	0.60	475,500.00	118.98	0.338		0.0003	0.338	1.800	22.1	7.92	0.9	1"
	B8-B7	R1	0.50	0.60	330,500.00	82.63	0.338		0.0003	0.338	1.800	19.1	7.36	0.8	1"
	B7-B6	R1	0.50	0.60	145,500.00	36.36	0.338		0.0003	0.337	1.800	13.8	5.25	0.5	1/2"
2ª Etapa	B6-C6	R1	191.22	229.46	88,000.00	22.00	0.337		0.1334	0.204	1.800	11.3	6.28	0.4	1/2"
3ª Etapa	C6-D6	R2	77.67	93.20	38,000.00	22.00	0.140	30.00%	0.0420	0.098	1.800	11.3	6.22	0.5	1/2"
	D6-E6	R3	3.58	4.30	88,000.00	22.00	0.025	8.00%	0.0020	0.023	1.800	11.9	6.76	0.5	1/2"
Longitud tramo A-B1-B9-B8-B7-B6 =						194.92 m									
Longitud tramo C6-D6 =						77.67 m									
Longitud tramo D6-E6 =						3.58 m									

Para la derivación primaria B1-B2-B3-B4-C4-D4-E4-G4-H4-I4:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B1-B2	R1	0.60	0.72	1,245,500.00	311.38	0.339	3.00%	0.0001	0.339	2.160	42.5	5.58	1.7	2"
	B2-B3	R1	0.60	0.72	1,175,500.00	293.98	0.339		0.0001	0.339	2.160	41.8	5.52	1.6	2"
	B3-B4	R1	0.60	0.72	1,085,000.00	271.25	0.338		0.0001	0.338	2.160	40.3	5.43	1.6	2"
	B4-C4	R1	73.41	88.09	1,085,000.00	271.25	0.338		0.0099	0.329	2.160	40.3	5.47	1.6	2"
2ª Etapa	C4-D4	R2	32.86	39.43	1,085,000.00	271.25	0.130	3.00%	0.0042	0.136	2.160	40.1	6.45	1.6	2"
3ª Etapa	D4-E4	R3	0.33	0.40	1,085,000.00	271.25	0.025	6.00%	0.0001	0.025	2.160	41.9	6.61	1.6	2"
	E4-G4	R3	0.78	0.94	1,085,000.00	286.25	0.025		0.0001	0.025	2.160	41.4	6.59	1.6	2"
	G4-H4	R3	9.60	11.52	275,000.00	68.75	0.025		0.0010	0.024	1.800	25.3	4.35	1.0	1"
	H4-I4	R3	3.03	3.70	220,000.00	55.00	0.024		0.0003	0.024	1.800	23.7	4.16	0.9	1"
Longitud tramo B1-B2-B3-B4-C4 =						81.21 m									
Longitud tramo C4-D4 =						32.86 m									
Longitud tramo D4-E4-G4-H4-I4 =						14.29 m									

Para la derivación primaria B6-B5-C5-D5-E5-F5:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B6-B5	R1	0.60	0.72	65,000.00	16.25	0.338	0.30%	0.0005	0.338	1.800	9.6	5.74	0.4	1/2"
	B5-C5	R1	0.60	0.72	65,000.00	16.25	0.338		0.0005	0.338	1.800	9.6	5.75	0.4	1/2"
2ª Etapa	C5-D5	R2	51.14	61.37	65,000.00	16.25	0.140	20.00%	0.0280	0.112	1.800	10.5	5.91	0.4	1/2"
3ª Etapa	D5-E5	R3	3.98	4.78	65,000.00	16.25	0.025	15.00%	0.0026	0.022	1.800	10.1	6.32	0.4	1/2"
	E5-F5	R3	0.92	1.10	15,000.00	3.75	0.022		0.0006	0.022	1.800	5.6	5.09	0.2	3/8"
Longitud tramo B6-B5-C5 =						1.20 m									
Longitud tramo C5-D5 =						51.14 m									
Longitud tramo D5-E5-F5 =						4.90 m									

Para la derivación primaria B7-C7-D7-E7-F7:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B7-C7	R1	190.53	228.64	240,000.00	60.00	0.339	20.00%	0.0677	0.271	1.800	19.2	5.55	0.8	1"
2ª Etapa	C7-D7	R2	52.60	63.12	240,000.00	60.00	0.140	20.00%	0.0276	0.112	1.800	17.8	7.41	0.7	3/4"
	D7-E7	R2	0.78	0.94	240,000.00	60.00	0.112		0.0004	0.112	1.800	17.8	7.41	0.7	3/4"
3ª Etapa	E7-F7	R3	5.85	7.14	180,000.00	45.00	0.025	10.00%	0.0025	0.023	1.800	16.6	6.96	0.7	3/4"
Longitud tramo B7-C7 =						190.53 m									
Longitud tramo C7-D7-E7 =						53.38 m									
Longitud tramo E7-F7 =						5.95 m									

Para la derivación primaria B8-C8-D8-E8-G8-L8-M8:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B8-C8	R1	190.08	228.10	205,000.00	51.25	0.338	20.00%	0.0578	0.271	1.800	18.1	5.38	0.7	3/4"
2ª Etapa	C8-D8	R2	35.61	42.73	205,000.00	51.25	0.140	20.00%	0.0280	0.112	1.800	16.4	6.44	0.6	3/4"
	D8-E8	R3	1.77	2.12	205,000.00	51.25	0.025	15.00%	0.0006	0.024	1.800	16.4	6.42	0.7	3/4"
3ª Etapa	E8-G8	R3	0.23	0.28	177,500.00	44.38	0.024		0.0001	0.024	1.800	17.4	6.24	0.7	3/4"
	G8-L8	R3	8.33	10.00	120,000.00	30.00	0.024		0.0027	0.022	1.800	14.9	5.78	0.6	1/2"
	L8-M8	R3	1.30	1.56	60,000.00	15.00	0.022		0.0004	0.021	1.800	11.3	5.03	0.4	1/2"
Longitud tramo B8-C8 =						190.08 m									
Longitud tramo C8-D8 =						35.61 m									
Longitud tramo D8-E8-G8-L8-M8 =						11.63 m									

Para la derivación secundaria B9-C9-D9-F9-G9-H9:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B9-C9	R1	189.76	227.71	262,500.00	65.63	0.339	10.00%	0.0309	0.305	1.800	22.9	4.18	0.9	1"
2ª Etapa	C9-D9	R2	16.93	20.32	262,500.00	65.63	0.140	5.00%	0.0070	0.133	1.800	19.4	6.73	0.8	1"
3ª Etapa	D9-F9	R3	9.91	11.89	255,000.00	63.75	0.025	15.00%	0.0031	0.022	1.800	20.2	6.67	0.8	1"
	F9-G9	R3	0.60	0.72	200,000.00	50.00	0.022		0.0002	0.022	1.800	18.3	6.36	0.7	3/4"
	G9-H9	R3	1.33	1.60	50,000.00	12.50	0.022		0.0004	0.021	1.800	10.5	4.82	0.4	1/2"
			Longitud tramo B9-C9 =			189.76 m									
			Longitud tramo C9-D9 =			16.93 m									
			Longitud tramo D9-F9-G9-H9 =			11.84 m									

Para la derivación secundaria B1-C1-D1-E1-F1:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B1-C1	R1	76.36	91.63	510,000.00	127.50	0.339	6.00%	0.0170	0.322	1.980	27.5	5.55	1.1	1 1/4"
2ª Etapa	C1-D1	R2	16.59	19.91	510,000.00	127.50	0.140	3.00%	0.0042	0.136	1.980	26.3	6.80	1.1	1 1/4"
3ª Etapa	D1-E1	R3	5.46	6.55	510,000.00	127.50	0.025	6.00%	0.0011	0.024	1.980	28.1	6.88	1.1	1 1/4"
	E1-F1	R3	2.01	2.41	450,000.00	112.50	0.024		0.0004	0.024	1.980	26.7	6.71	1.1	1 1/4"
			Longitud tramo B1-C1 =			76.36 m									
			Longitud tramo C1-D1 =			16.59 m									
			Longitud tramo D1-E1-F1 =			7.47 m									

Para la derivación secundaria B2-C2-D2-G2:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B2-C2	R1	78.78	94.51	130,000.00	32.50	0.339	10.00%	0.0679	0.272	1.800	12.8	6.99	0.5	1/2"
2ª Etapa	C2-D2	R2	11.87	14.24	130,000.00	32.50	0.140	20.00%	0.0280	0.112	1.800	10.3	11.98	0.4	1/2"
3ª Etapa	D2-G2	R3	8.95	10.74	20,000.00	5.00	0.025	20.00%	0.0050	0.020	1.800	6.5	5.04	0.3	3/8"
			Longitud tramo B2-C2 =			78.78 m									
			Longitud tramo C2-D2 =			11.87 m									
			Longitud tramo D2-G2 =			8.95 m									

Para la derivación secundaria D2-E2-F2:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	D2-E2	R3	0.44	0.53	120,000.00	30.00	0.025	15.00%	0.0002	0.025	1.800	13.5	8.96	0.5	1/2"
	E2-F2	R3	6.81	8.17	60,000.00	15.00	0.025		0.0035	0.021	1.800	10.3	6.08	0.4	1/2"
			Longitud tramo D2-E2-F2 =			7.25 m									

Para la derivación secundaria B3-C3-D3-E3-G3-I3:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
1ª Etapa	B3-C3	R1	79.75	95.70	158,000.00	39.50	0.339	10.00%	0.0339	0.305	1.800	15.7	5.34	0.6	3/4"
2ª Etapa	C3-D3	R2	9.86	11.83	158,000.00	39.50	0.140	5.00%	0.0070	0.133	1.800	14.2	7.55	0.6	3/4"
3ª Etapa	D3-E3	R3	0.57	0.68	158,000.00	39.50	0.025	18.00%	0.0002	0.025	1.800	15.7	6.78	0.6	3/4"
	E3-G3	R3	0.81	0.97	135,000.00	33.75	0.025		0.0003	0.024	1.800	14.8	6.57	0.6	3/4"
	G3-I3	R3	3.28	3.94	85,000.00	21.25	0.024		0.0039	0.021	1.800	10.3	5.51	0.4	1/2"
			Longitud tramo B3-C3 =			79.75 m									
			Longitud tramo C3-D3 =			9.86 m									
			Longitud tramo D3-E3-G3-I3 =			10.66 m									

Para la derivación secundaria E3-F3:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E3-F3	R3	7.37	8.84	46,000.00	11.50	0.025	20.00%	0.0049	0.020	1.900	8.8	6.41	0.3	3/8"
			Longitud tramo E3-F3 =			7.37 m									

Para la derivación secundaria G3-H3:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	G3-H3	R3	4.47	5.36	80,000.00	20.00	0.024	10.00%	0.0024	0.022	1.800	11.4	6.57	0.4	1/2"
			Longitud tramo G3-H3 =			4.47 m									

Para la derivación secundaria E4-F4:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E4-F4	R3	6.43	7.72	40,000.00	10.00	0.025	20.00%	0.0049	0.020	1.800	8.1	6.53	0.3	3/8"
			Longitud tramo E4-F4 = 6.43 m												

Para la derivación secundaria G4-J4-K4-L4:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	G4-J4	R3	7.58	9.10	927,500.00	231.98	0.024	5.00%	0.0010	0.023	1.980	38.4	6.68	1.5	1 1/2"
	J4-K4	R3	2.33	2.80	615,000.00	153.75	0.023		0.0003	0.023	1.980	32.6	6.16	1.3	1 1/2"
	K4-L4	R3	0.70	0.84	15,000.00	3.75	0.023		0.0001	0.023	1.980	7.7	2.71	0.3	3/8"
			Longitud tramo G4-J4-K4-L4 = 10.61 m												

Para la derivación secundaria E7-G7:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E7-G7	R3	4.38	5.26	60,000.00	15.00	0.025	10.00%	0.0025	0.023	1.900	10.1	6.32	0.4	1/2"
			Longitud tramo E7-G7 = 4.38 m												

Para la derivación secundaria G8-H8-I8-J8-K8:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	G8-H8	R3	3.48	4.18	97,500.00	24.38	0.024	20.00%	0.0019	0.022	1.800	12.3	6.84	0.5	1/2"
	H8-I8	R3	0.52	0.74	87,500.00	21.98	0.022		0.0003	0.022	1.800	11.8	6.70	0.5	1/2"
	I8-J8	R3	0.88	1.06	55,000.00	13.75	0.022		0.0005	0.021	1.800	9.8	6.10	0.4	1/2"
	J8-K8	R3	3.87	4.64	40,000.00	10.00	0.021		0.0021	0.019	1.800	8.6	5.74	0.3	1/2"
			Longitud tramo G8-H8-I8-J8-K8 = 8.85 m												

Para la derivación secundaria E8-F8:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	E8-F8	R3	5.32	6.38	55,000.00	13.75	0.024	15.00%	0.0036	0.021	1.800	9.4	6.68	0.4	1/2"
			Longitud tramo E8-F8 = 5.32 m												

Para la derivación secundaria D9-E9:															
Etapa de regulación	Tramos	Etapa de regulación	L	Le (1.2 x L)	Q probable (BTU/hora)	Q probable (Mcal/hora)	Pi (bar)	% pérdida de carga	Perdida de carga (bar)	Pf (bar)	"K"	Ø de diseño (mm)	V (m/s)	Ø de diseño (pulg)	Ø de diseño (pulg)
3ª Etapa	D9-E9	R3	3.23	3.88	15,000.00	3.75	0.025	15.00%	0.0038	0.021	1.800	5.0	6.37	0.2	3/8"
			Longitud tramo D9-E9 = 3.23 m												

8.3 Estimado del ahorro mensual con energías alternativas por Locatario.

Para hacer los comparativos de consumo de energía entre el gas natural, gas licuado y petróleo, veamos el siguiente cuadro:

Cuadro N° 8.05

"Para aportar 1'000,000 BTU", necesitamos:	PCI	
7.6 Galones diesel	131,578.95	BTU/gal
11 galones de GLP	90,909.09	BTU/gal
27.5 m3(st) de GN	36,363.64	BTU/m3

Fuente: [4], "Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

Ahora que ya tenemos un parámetro de comparación, podemos calcular los costos mensuales que factura cada locatario usando los diversos tipos de energía.

Pardos Chicken:

Cuadro N° 8.06

Comparativo consumo de energía Pardos Chicken

POTENCIAS NOMINAL			POTENCIA UTIL	
BTU/hora	Mcal/hora	Kw	ARTEFACTO DE GLP 50%	
510,000	127.50	148.26	306,000.00	
% EFICIENCIA APARATO	GN	GLP	Diesel	Energía Eléctrica
	60%	60%	45%	85%
	POTENCIA UTIL (BTU/hr)	306,000.00	306,000.00	306,000.00	306,000.00
POTENCIA NOMINAL (BTU/hr)	510,000.00	510,000.00	680,000.00	360,000.00
PCI	36,363.64	90,909.09	131,578.95	
	BTU/m3	BTU/gl	BTU/gl	
CONSUMO A FACTURAR POR HORA	14.03	5.61	5.17	104.65
	m3/hr	gln/hr	gln/hr	kw
PRECIO UNITARIO (S/.)	1.6	6.52	10.20	0.450
	Unidad de facturación	m3	gln	gln	kw
FACTURACION POR 10 HORAS DIARIAS (S/.)	224.40	365.77	527.14	470.93
	6,732.00	10,973.16	15,814.08	14,127.91

Fuente: [4], Combustión de los Gases”, Ing. Percy Castillo

Chifa Taipa:

Cuadro N° 8.07

Comparativo consumo de energía Chifa Taipa				
POTENCIAS NOMINAL			POTENCIA UTIL	
BTU/hora	Mcal/hora	Kw	ARTEFACTO DE GLP 50%	
140,000	35.00	40.70	84,000.00	
	GN	GLP	Diesel	Energía Eléctrica
% EFICIENCIA APARATO	60%	60%	45%	85%
POTENCIA UTIL (BTU/hr)	84,000.00	84,000.00	84,000.00	84,000.00
POTENCIA NOMINAL (BTU/hr)	140,000.00	140,000.00	186,666.67	98,823.53
PCI	36,363.64	90,909.09	131,578.95	
	BTU/m3	BTU/gl	BTU/gl	
CONSUMO A FACTURAR POR HORA	3.85	1.54	1.42	28.73
	m3/hr	gln/hr	gln/hr	kw
PRECIO UNITARIO (S/.)	1.6	6.52	10.20	0.450
Unidad de facturación	m3	gln	gln	kw
FACTURACION POR 10 HORAS DIARIAS (S/.)	61.60	100.41	144.70	129.27
POR MES (S/.)	1,848.00	3,012.24	4,341.12	3,878.25

Fuente: [4], Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

Burger King:

Cuadro N° 8.08

Comparativo consumo de energía Burger King

POTENCIAS NOMINAL			POTENCIA UTIL	
BTU/hora	Mcal/hora	Kw	ARTEFACTO DE GLP 50%	
181,000	45.25	52.62	108,600.00	
	GN	GLP	Diesel	Energía Eléctrica
% EFICIENCIA APARATO	60%	60%	45%	85%
POTENCIA UTIL (BTU/hr)	108,600.00	108,600.00	108,600.00	108,600.00
POTENCIA NOMINAL (BTU/hr)	181,000.00	181,000.00	241,333.33	127,764.71
PCI	36,363.64	90,909.09	131,578.95	
	BTU/m ³	BTU/gl	BTU/gl	
CONSUMO A FACTURAR POR HORA	4.98	1.99	1.83	37.14
	m ³ /hr	gln/hr	gln/hr	kw
PRECIO UNITARIO (S/.)	1.6	6.52	10.20	0.450
Unidad de facturación	m ³	gln	gln	kw
FACTURACION POR 10 HORAS DIARIAS (S/.)	79.64	129.81	187.08	167.13
POR MES (S/.)	2,389.20	3,894.40	5,612.45	5,014.02

Fuente: [4], Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

Pizza Hut:

Cuadro N° 8.09

Comparativo consumo de energía Pizza Hut

POTENCIAS NOMINAL			POTENCIA UTIL	
BTU/hora	Mcal/hora	Kw	ARTEFACTO DE GLP 50%	
315,000	78.75	91.57	189,000.00	
	GN	GLP	Diesel	Energía Eléctrica
% EFICIENCIA APARATO	60%	60%	45%	85%
POTENCIA UTIL (BTU/hr)	189,000.00	189,000.00	189,000.00	189,000.00
POTENCIA NOMINAL (BTU/hr)	315,000.00	315,000.00	420,000.00	222,352.94
PCI	36,363.64	90,909.09	131,578.95	
	BTU/m3	BTU/gl	BTU/gl	
CONSUMO A FACTURAR POR HORA	8.66	3.47	3.19	64.64
	m3/hr	gln/hr	gln/hr	kw
PRECIO UNITARIO (S/.)	1.6	6.52	10.20	0.450
Unidad de facturación	m3	gln	gln	kw
FACTURACION POR 10 HORAS DIARIAS (S/.)	138.60	225.92	325.58	290.87
POR MES (S/.)	4,158.00	6,777.54	9,767.52	8,726.06

Fuente: [4], Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

Kentucky Fried Chicken:

Cuadro Nº 8.10

Comparativo consumo de energía Kentucky Fried Chicken

POTENCIAS NOMINAL			POTENCIA UTIL	
BTU/hora	Mcal/hora	Kw	ARTEFACTO DE GLP 50%	
935,000	233.75	271.80	561,000.00	
% EFICIENCIA APARATO POTENCIA UTIL (BTU/hr) POTENCIA NOMINAL (BTU/hr)	GN	GLP	Diesel	Energía Eléctrica
	60%	60%	45%	85%
	561,000.00	561,000.00	561,000.00	561,000.00
	935,000.00	935,000.00	1,246,666.67	660,000.00
PCI	36,363.64	90,909.09	131,578.95	
	BTU/m3	BTU/gl	BTU/gl	
CONSUMO A FACTURAR POR HORA	25.71	10.29	9.47	191.86
	m3/hr	gln/hr	gln/hr	kw
PRECIO UNITARIO (S/.) Unidad de facturación	1.6	6.52	10.20	0.450
	m3	gln	gln	kw
FACTURACION POR 10 HORAS DIARIAS (S/.) POR MES (S/.)	411.40	670.58	966.42	863.37
	12,342.00	20,117.46	28,992.48	25,901.16

Fuente: [4], Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

Donofrio:

Cuadro Nº 8.11

Comparativo consumo de energía Donofrio

POTENCIAS NOMINAL			POTENCIA UTIL	
BTU/hora	Mcal/hora	Kw	ARTEFACTO DE GLP 50%	
65,000	16.25	18.90	39,000.00	
	GN	GLP	Diesel	Energía Eléctrica
% EFICIENCIA APARATO	60%	60%	45%	85%
POTENCIA UTIL (BTU/hr)	39,000.00	39,000.00	39,000.00	39,000.00
POTENCIA NOMINAL (BTU/hr)	65,000.00	65,000.00	86,666.67	45,882.35
PCI	36,363.64	90,909.09	131,578.95	
	BTU/m3	BTU/gl	BTU/gl	
CONSUMO A FACTURAR POR HORA	1.79	0.72	0.66	13.34
	m3/hr	gln/hr	gln/hr	kw
PRECIO UNITARIO (S/.)	1.6	6.52	10.20	0.450
Unidad de facturación	m3	gln	gln	kw
FACTURACION POR 10 HORAS DIARIAS (S/.)	28.60	46.62	67.18	60.02
POR MES (S/.)	858.00	1,398.54	2,015.52	1,800.62

Fuente: [4], "Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

Glow Salon:

Cuadro N° 8.12

Comparativo consumo de energía Glow Salon

POTENCIAS NOMINAL			POTENCIA UTIL	
BTU/hora	Mcal/hora	Kw	ARTEFACTO DE GLP 50%	
88,000	22.00	25.58	52,800.00	
	GN	GLP	Diesel	Energía Eléctrica
% EFICIENCIA APARATO	60%	60%	45%	85%
POTENCIA UTIL (BTU/hr)	52,800.00	52,800.00	52,800.00	52,800.00
POTENCIA NOMINAL (BTU/hr)	88,000.00	88,000.00	117,333.33	62,117.65
PCI	36,363.64	90,909.09	131,578.95	
	BTU/m3	BTU/gl	BTU/gl	
CONSUMO A FACTURAR POR HORA	2.42	0.97	0.89	18.06
	m3/hr	gln/hr	gln/hr	kw
PRECIO UNITARIO (S/.)	1.6	6.52	10.20	0.450
Unidad de facturación	m3	gln	gln	kw
FACTURACION POR 10 HORAS DIARIAS (S/.)	38.72	63.11	90.96	81.26
POR MES (S/.)	1,161.60	1,893.41	2,728.70	2,437.76

Fuente: [4], Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

Café – Café:

Cuadro N° 8.13

Comparativo consumo de energía Café-Café

POTENCIAS NOMINAL			POTENCIA UTIL	
BTU/hora	Mcal/hora	Kw	ARTEFACTO DE GLP 50%	
240,000	60.00	69.77	144,000.00	
	GN	GLP	Diesel	Energía Eléctrica
% EFICIENCIA APARATO	60%	60%	45%	85%
POTENCIA UTIL (BTU/hr)	144,000.00	144,000.00	144,000.00	144,000.00
POTENCIA NOMINAL (BTU/hr)	240,000.00	240,000.00	320,000.00	169,411.76
PCI	36,363.64	90,909.09	131,578.95	
	BTU/m3	BTU/gl	BTU/gl	
CONSUMO A FACTURAR POR HORA	6.60	2.64	2.43	49.25
	m3/hr	gln/hr	gln/hr	kw
PRECIO UNITARIO (S/.)	1.6	6.52	10.20	0.450
Unidad de facturación	m3	gln	gln	kw
FACTURACION POR 10 HORAS DIARIAS (S/.)	105.60	172.13	248.06	221.61
POR MES (S/.)	3,168.00	5,163.84	7,441.92	6,648.43

Fuente: [4], Combustión de los Gases”, Ing. Percy Castillo

Manos Morenas:

Cuadro N° 8.14

Comparativo consumo de Manos Morenas				
POTENCIAS NOMINAL			POTENCIA UTIL	
BTU/hora	Mcal/hora	Kw	ARTEFACTO DE GLP 50%	
290,000	72.50	84.30	174,000.00	
	GN	GLP	Diesel	Energía Eléctrica
% EFICIENCIA APARATO	60%	60%	45%	85%
POTENCIA UTIL (BTU/hr)	174,000.00	174,000.00	174,000.00	174,000.00
POTENCIA NOMINAL (BTU/hr)	290,000.00	290,000.00	386,666.67	204,705.88
PCI	36,363.64	90,909.09	131,578.95	
	BTU/m3	BTU/gl	BTU/gl	
CONSUMO A FACTURAR POR HORA	7.98	3.19	2.94	59.51
	m3/hr	gln/hr	gln/hr	kw
PRECIO UNITARIO (S/.)	1.6	6.52	10.20	0.450
Unidad de facturación	m3	gln	gln	kw
FACTURACION POR 10 HORAS DIARIAS (S/.)	127.60	207.99	299.74	267.78
POR MES (S/.)	3,828.00	6,239.64	8,992.32	8,033.52

Fuente: [4], "Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

Otto Grill:

Cuadro N° 8.15

Comparativo consumo de Otto Grill				
POTENCIAS NOMINAL			POTENCIA UTIL	
BTU/hora	Mcal/hora	Kw	ARTEFACTO DE GLP 50%	
295,000	73.75	85.76	177,000.00	
	GN	GLP	Diesel	Energía Eléctrica
% EFICIENCIA APARATO	60%	60%	45%	85%
POTENCIA UTIL (BTU/hr)	177,000.00	177,000.00	177,000.00	177,000.00
POTENCIA NOMINAL (BTU/hr)	295,000.00	295,000.00	393,333.33	208,235.29
PCI	36,363.64	90,909.09	131,578.95	
	BTU/m3	BTU/gl	BTU/gl	
CONSUMO A FACTURAR POR HORA	8.11	3.25	2.99	60.53
	m3/hr	gln/hr	gln/hr	kw
PRECIO UNITARIO (S/.)	1.6	6.52	10.20	0.450
Unidad de facturación	m3	gln	gln	kw
FACTURACION POR 10 HORAS DIARIAS (S/.)	129.80	211.57	304.91	272.40
POR MES (S/.)	3,894.00	6,347.22	9,147.36	8,172.02

Fuente: [4], "Combustión de los Gases", Ing. Percy Castillo

Conclusiones

1. Si comparamos el GN y el GLP, es conveniente para el usuario usar GN, esto en base a los comparativos económicos realizados en el ítem 8.3, de la presente tesis.
2. Para el cálculo del diámetro de tuberías para GLP y GN, se siguen los mismos principios, básicamente la diferencia esta en el poder calorífico de cada combustible, y las presiones que se manejan para ambos combustibles; para el caso del GLP la presión de entrada es de 1.2 bar y para el GN la presión de entrada es de 340mbar, en base a los cálculos realizados en los ítems 8.1 y 8.2, de la presente tesis.
3. Para el cálculo del diámetro de diseño, en instalaciones de GLP, las formulas de Pole y Renouard entregaron diámetros iguales, en base a los cálculos realizados en el ítem 8.1.
4. Para el cálculo del diámetro de diseño, en instalaciones de Gas Natural, la formula de Pole entrego diámetros mas económicos que la formula de Renouard, en base a los cálculos realizados en el ítem 8.2.
5. La Norma Técnica Peruana 111.011, tiene un error, muestra en su anexo B la fórmula de Renouard y no hace distinción de su aplicación para baja y alta presión, es así que esta fórmula solo es valida en baja presión, en el ítem 4.3.5.2 de la presente tesis, mostramos ambas fórmulas (baja y alta presión), según (2).

Recomendaciones

1. Para tener una buena instalación debemos tener en cuenta 3 principios, primero conseguir uniones herméticas mediante el cuidado del proceso de soldadura o unión a presión, segundo tomar las medidas necesarias para permitir la libre contracción y dilatación de los tubos con los cambios de temperatura y tercero montar la tubería de forma que el peso de los tubos recaiga sobre los soportes y nunca sobre las uniones.
2. En las Instalaciones de Gas Natural, se recomienda utilizar la formula de Pole para el cálculo del diámetro de diseño por entregar menores valores, con ello se logra un diseño más económico.
3. Se recomienda que en la facultad se integre el dictado de instalaciones de gas en el área de construcción.

Bibliografía

- 1 Biblioteca del Instalador de Gas, Conocimientos Fundamentales, A. L. Miranda Barreras, Ediciones CEAC, España, 1996.
- 2 Biblioteca del Instalador de Gas, Cálculo y Diseño de Instalaciones, A. L. Miranda Barreras, Ediciones CEAC, España, 1996.
- 3 Biblioteca del Instalador de Gas, Instalaciones y Equipos, A. L. Miranda Barreras, Ediciones CEAC, España, 1996. Curso de Gas Capeco – Dictado en Julio del 2004
- 4 Curso de Especialización “Ingeniería y Gerencia del Gas”, I Modulo, UNIGAS-FIM, Abril-diciembre del 2005.
- 5 Instalaciones de Gas, Néstor Quadri, Librería y Editorial Albina, Argentina, 2004.
- 6 Dinámica de los Fluidos, con aplicaciones en ingeniería, James W. Daily, Donald R. F. Harleman, Editorial Trillas S. A., México, 1969
- 7 Fluid Dynamics of Industrial Equipment, Flow Distribution Design Methods, I. E. Idelchik, Hemisphere Publishing Corporation, New York, 1991.
- 8 Fundamentals of Gas Dynamics, Jerzy a. Owczarek, International textbook company, Pennsylvania, USA, 1964
- 9 The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, Ascher H. Shapiro The Ronald Press Company, New York, 1954
- 10 Instalaciones de Combustibles Gaseosos, J.A. de Andres y R. Pomatta, A. Madrid Vicente Ediciones, México, 1997

Anexos

Anexo 1: Planos de GLP

IGLP-01 : Planta Azotea

IGLP-02 : Planta Primer Piso

IGLP-03 : Isométrico Azotea

IGLP-04 : Isométrico Primer Piso