

# CONSTRUCCIÓN DE REDES PARA SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLE

JORGE QUIROGA ANGARITA

UNIVERSIDAD DEL QUINDIO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA EN OBRAS CIVILES  
ARMENIA, QUINDIO  
2009

# CONSTRUCCIÓN DE REDES PARA SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLE

JORGE QUIROGA ANGARITA

Monografía

Director  
Crithian Alejandro Fajardo Britto  
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD DEL QUINDIO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA EN OBRAS CIVILES  
ARMENIA, QUINDIO  
2009

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## **Dedicatoria,**

A mis dos ángeles de la guarda, José Quiroga Cañas y Flor Herminda Angarita Boorquez; quienes han cumplido a cabalidad la tarea de formarme como persona y con quienes espero compartir muchos años más.

A mi Esposa Viviana Ramírez Restrepo y a mi hijo José Manuel Quiroga Ramírez; para quienes diseñé un proyecto de vida que estoy construyendo con la bendición de Dios.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios padre, quien me ayuda a levantar cada vez que tropiezo, quien alienta mi fuerza de voluntad, quien me bendice continuamente, a quien debo todo lo que tengo y todo lo que soy.

A mis padres quienes siempre me apoyan económica y moralmente; siempre se alegran por mis éxitos y me alientan en mis fracasos.

A mí amada esposa que ha sabido tener paciencia durante los últimos años, respetando mi espacio académico; con quién he dejado de compartir mucho tiempo y de quien he recibido también innumerables frases de aliento.

A mi hermano y amigo Fernando Quiroga Angarita, quien admiro y respeto, quizá el más ejemplar de mis hermanos; fue la persona que más me motivó para iniciar el paso por la universidad.

Al Ingeniero Cristhian Alejandro Fajardo Britto que sin pensarlo dos veces aceptó la propuesta de ser el director de este proyecto y ha puesto a mi disposición todos sus conocimientos además de sus recursos.

Al incondicional Luis Hernando Valencia y toda su colaboración; determinante en momentos claves.

A los profesores y amigos del programa Tecnología en Obras Civiles, por sus aportes a la formación como estudiante y como persona.

A mis hermanos, sobrinos y amigos que de alguna manera aportan a mi formación y estabilidad emocional.

A Gasecom Construcciones, RGC ingeniería limitada, Almacén el mundo del repuesto, y demás empresas que directa o indirectamente han aportado a mis conocimientos en el área del Gas.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>1. DEFINICIONES</b> .....	21
1.1 RED EXTERNA .....	21
1.1.1 Líneas de Transmisión.....	22
1.1.2 Líneas Primarias o Troncales .....	22
1.1.3 Líneas Secundarias .....	22
1.1.4 Líneas de servicio o acometida domiciliaria.....	22
1.1.5 Red matriz.....	23
1.2 REGULACIÓN .....	23
1.2.1 Regulación de única etapa.....	24
1.2.2 Regulación en dos etapas.....	25
1.2.3 Regulación en tres etapas .....	25
1.3 CENTRO DE MEDICIÓN .....	25
1.3.1 Centro de medición individual .....	25
1.3.2 Centro de medición colectivo .....	26
1.4 RED INTERNA.....	26
1.4.1 Montante.....	26
1.4.2 Instalación residencial.....	27
1.4.3 Instalación comercial .....	27
1.5 INSTALACIONES MIXTAS O ESPECIALES .....	27
<b>2. MATERIALES</b> .....	29
2.1 CLASES DE TUBERÍAS .....	29
2.1.1 Acero rígido.....	29

2.1.2 Acero flexible corrugado .....	30
2.1.3 Cobre rígido sin costura .....	30
2.1.4 Cobre flexible sin costura.....	31
2.1.5 Aluminio .....	31
2.1.6 Tubería Pe/Al/Pe.....	32
<b>2.2 SISTEMAS DE ACOPLÉ .....</b>	<b>32</b>
2.2.1 Sistema roscado .....	32
2.2.1.1 Elaboración de la rosca.....	33
2.2.1.2 Acople de tubería y accesorios .....	33
2.2.2 Sistema abocinado .....	33
2.2.2.1 Elaboración del bocín.....	34
2.2.3 Sistema tipo anillo de ajuste .....	34
2.2.4 Termofusión .....	35
2.2.4.1 Unión a tope.....	35
2.2.4.2 Unión por manguitos .....	35
2.2.4.3 Unión con silletas .....	36
2.2.5 Electrofusión .....	37
2.2.6 Soldadura Capilar .....	37
2.2.7 Unión por traba química.....	37
<b>3. VENTILACIÓN .....</b>	<b>38</b>
3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS GASODOMÉSTICOS .....	38
3.1.1 Artefactos tipo A.....	38
3.1.2 Artefactos tipo B.....	38
3.1.2.1 Artefactos tipo B1 .....	39
3.1.2.2 Artefactos tipo B2.....	39
3.1.3 Artefactos tipo C .....	39
3.1.3.1 Artefactos tipo C1 .....	39
3.1.3.2 Artefactos tipo C2 .....	40
3.1.3.3 Artefactos tipo C3 .....	40

3.2 ESPACIOS CONFINADOS.....	40
3.3 VENTILACIÓN DE RECINTOS.....	40
3.3.1 Ventilación hacia recintos interiores.....	41
3.3.2 Ventilación directa hacia la atmósfera exterior.....	41
3.3.2.1 Ventilación por medio de rejillas .....	41
3.3.2.2 Ventilación por medio de ductos verticales .....	42
3.3.2.3 Ventilación por medio de ductos horizontales.....	42
3.3.3 Requerimiento sobre las rejillas.....	42
3.3.4 Casos que no requieren ventilación adicional en espacio confinado .....	42
3.3.5 Ductos de evacuación.....	43
3.3.6 Distancia entre ductos .....	47
3.3.7 Ubicación de los extremos terminales para sistemas de evacuación de artefactos tipo B y tipo C.....	48
3.4 LOCALIZACIÓN DE LOS GASODOMÉSTICOS .....	49
3.4.1 Localización de los artefactos tipo A.....	50
3.4.2 Localización de los artefactos tipo B.....	50
3.4.3 Localización de los artefactos tipo C.....	50
<b>4. CONDICIONES GENERALES DE UNA RED INTERNA .....</b>	<b>51</b>
4.1 ACOMETIDA Y CENTRO DE MEDICIÓN .....	51
4.1.1 Acometida sin anillo de distribución .....	51
4.1.2 Acometida con anillo de distribución.....	52
4.1.3 Ubicación del centro de medición .....	52
4.1.3.1 Condiciones del medidor.....	52
4.1.3.2 Condiciones del regulador .....	53
4.2 TRAZADO DE LA RED INTERNA .....	54
4.2.1 Red a la vista .....	54
4.2.1.1 Tuberías metálicas.....	54
4.2.1.2 Tuberías plásticas.....	55
4.2.1.3 Tubería por cielo raso .....	55

4.2.2 Red empotrada o embebida.....	55
4.2.3 Red en parqueaderos y recintos de bajo nivel .....	56
4.2.3.1 Suministro de GLP .....	56
4.3 UBICACIÓN DE VÁLVULAS Y PUNTOS DE CONEXIÓN .....	57
4.4 CAPACIDAD DE LA RED .....	57
4.4.1 Gas natural .....	57
4.4.2 GLP.....	57
4.5 PRUEBA DE HERMETICIDAD .....	57
<b>5. INSTALACIONES EN VIVIENDAS MULTIFAMILIARES .....</b>	<b>59</b>
5.1 INSTALACIONES MULTIFAMILIARES PARA CONSTRUCTORAS .....	60
5.1.1 Proyección del anillo de distribución .....	60
5.1.2 Dimensionamiento. Método del Müller .....	60
5.1.2.1 Ejemplos del método del Müller .....	62
5.1.3 Dimensionamiento por el método de Hardy Cross .....	65
5.1.4 Tanques de Almacenamiento .....	68
5.1.4.1 Características del GLP .....	72
5.1.4.2 Dimensionamiento y tiempo de recarga para tanques de GLP.....	72
5.1.5 Ubicación del centro de medición .....	75
5.1.6 Trazado de la red interna .....	75
5.1.6.1 Cálculo de Pérdidas.....	76
5.1.6.2 La Expresión de Pole .....	76
5.1.6.3 Expresión de Renouard Lineal.....	80
5.2 INSTALACIONES MULTIFAMILIARES EN EDIFICIOS .....	82
5.2.1 Distribución en una etapa .....	82
5.2.1.1 Ubicación del centro de medición .....	82
5.2.2 Distribución en dos etapas.....	84
5.2.2.1 Ubicación del centro de medición .....	86
5.2.3 Distribución en tres etapas.....	86
5.2.3.1 Ubicación del centro de medición .....	90

<b>6. INSTALACIONES COMERCIALES</b> .....	91
6.1 ACOMETIDA Y CENTRO DE MEDICIÓN .....	92
6.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED INTERNA.....	92
6.2.1Ejemplo1 .....	93
6.2.2 Ejemplo2 .....	95
6.2.2.1 Cálculo de ventilación en la cocina .....	96
6.2.2.2 Cálculo de ventilación en el local .....	98
6.2.2.3 Trazado y dimensionamiento de la red .....	98
<b>7. INSTALACIONES ESPECIALES</b> .....	100
7.1 UNICA ETAPA SIN CÁLCULO DE PÉRDIDAS .....	100
7.2 CASA DE CAMPO A UNA Y DOS ETAPAS.....	101
7.2.1 Cálculo en baja presión. Expresión de Renouard .....	102
7.2.2 Cálculo en media presión. Expresión de Müller .....	102
7.3 CHALET A UNA Y DOS ETAPAS.....	103
7.3.1 Cálculo en baja presión. Expresión de Renouard .....	104
7.3.2 Cálculo en media presión. Expresión de Müller .....	104
<b>8. CONEXIÓN DE GASODOMÉSTICOS</b> .....	105
8.1 VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN.....	105
8.2 CAPACIDAD DE LA RED .....	106
8.3 DISTANCIAS PERMITIDAS .....	106
8.4 MATERIALES PARA LOS CONECTORES .....	107
8.4.1 Conectores rígidos.....	107
8.4.2 Conectores flexibles.....	107
8.4.3 Conectores semirrígidos .....	108
8.5 PURGA .....	108
8.6 PUESTA EN SERVICIO.....	108
8.7 FACTORES DETERMINANTES EN LA SELECCIÓN DE UN CALENTADOR .....	109

8.7.1 Calentadores de paso .....	109
8.7.2 Calentadores de acumulación.....	110
8.7.3 Calentadores de alta recuperación .....	110
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>133</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>134</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Excavación para red externa .....	21
Figura 2. Orificio de venteo .....	24
Figura 3. Regulador de única etapa.....	24
Figura 4. Centro de medición individual.....	26
Figura 5. Tubería de acero rígido.....	30
Figura 6. Tubería de acero flexible corrugado .....	30
Figura 7. Tubería Pe/Al/Pe .....	32
Figura 8. Unión Abocinada .....	33
Figura 9. Elaboración de un bocín .....	34
Figura 10. Accesorios con anillo de ajuste.....	35
Figura 11. Termofusión a tope .....	35
Figura 12. Termofusión a Socket.....	36
Figura 13. Termofusión con silletas .....	36
Figura 14. Electrofusión .....	37
Figura 15. Artefactos tipo A .....	39
Figura 16. Calentador tipo B2 (Tiro forzado).....	39
Figura 17. Ducto concéntrico .....	40
Figura 18. Distancias para ducto de evacuación .....	43
Figura 19. Chimenea colectiva en mampostería.....	44
Figura 20. Ducto circular colectivo .....	46
Figura 21. Distancia mínima entre ductos .....	48
Figura 22. Extremos terminales para sistemas de evacuación forzada .....	49
Figura 23. Red empotrada .....	55
Figura 24. Esquema de una red interna a 3 puntos .....	63
Figura 25. Trazado externo para conjunto de 20 viviendas (ejemplo GLP) .....	63
Figura 26. Regulador para GLP con presión ajustable .....	65
Figura 27. Trazado de una red en malla .....	68
Figura 28. Tanque de almacenamiento par 511 galones.....	69
Figura 29. Multiválvula para tanque estacionario.....	69
Figura 30. Placa de especificaciones en tanque de 511 galones .....	70

Figura 31. Distancias mínimas para tanques de almacenamiento.....	70
Figura 32. Esquema de red interna a 4 puntos.....	78
Figura 33. Expresión de pole (H) en Excel.....	78
Figura 34. Expresión de pole pérdida en accesorios.....	79
Figura 35. Distribución en Excel.....	81
Figura 36. Distribución en una etapa.....	83
Figura 36.1. Cálculo de pérdidas única etapa.....	83
Figura 36.2. Centro de medición para 5 apartamentos.....	83
Figura 37. Máxima presión de operación permisible.....	84
Figura 38. Distribución en dos etapas.....	85
Figura 39. Cálculo de pérdidas primera etapa 5 apartamentos.....	85
Figura 40. Esquema de red matriz en parqueadero.....	87
Figura 41. Cálculo de pérdidas red matriz por parqueadero.....	88
Figura 42. Centro de medición en parqueadero 8 apartamentos.....	88
Figura 43. Esquema red interna 3ª etapa.....	89
Figura 43.1. Cálculo de pérdidas.....	90
Figura 44. Esquema red comercial 4 puntos.....	93
Figura 44.1 Cálculo de pérdidas. Expresión de Pole.....	94
Figura 45. Plano de un local comercial.....	96
Figura 46. Trazado de red comercial para GLP con sistemas de ventilación.....	99
Figura 47. Esquema de red interna en vivienda de escasos recursos.....	101
Figura 48. Esquema de red interna en cas de campo.....	101
Figura 49. Esquema regulador al interior de la vivienda.....	103
Figura 50. Esquema red en polietileno para GLP.....	103
Figura 51. Distancias mínimas para gasodomésticos.....	107

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A DUCTOS CIRCULARES METALICOS INDIVIDUALES .....	111
ANEXO B TABLAS PARA ESTIMACIÓN DE LONGITUD MÁXIMA.....	112
ANEXO C DUCTOS CIRCULARES COLECTIVOS.....	117
ANEXO D SOLUCIÓN DE SISTEMA DE 4 MALLAS .....	118
ANEXO E RESULTADO DE PRUEBA DE CAMPO .....	127
ANEXO F CONVERSIÓN DE UNIDADES.....	130
ANEXO G RECOMENDACIONES.....	131

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Alternativa práctica para el dimensionamiento de chimeneas colectivas de mampostería para artefactos del tipo B1 instalados en mas de una planta o nivel .....	45
Tabla 2. Designación de medidores.....	53
Tabla 3. Diámetros comerciales de tuberías para gas.....	59
Tabla 4. Factor de demanda o simultaneidad .....	61
Tabla 5. Longitud equivalente en accesorios .....	62
Tabla 6. Resultado de cálculo en media presión .....	64
Tabla 7. Factor de vaporización para GLP .....	73
Tabla 8. Nivel máximo de llenado del líquido en % tanques superficiales de 0 a 1200 galones GE líquido.....	73
Tabla 9. Nivel máximo de llenado del líquido en % tanques superficiales mayores a 1200 galones GE líquido.....	74
Tabla 10. Nivel máximo de llenado del líquido en % tanques enterrados GE líquido .....	74
Tabla 11. Coeficiente para expresión de pole.....	76
Tabla 12. Coeficiente de pérdidas segunda etapa (punto crítico).....	89
Tabla 13. Consumos estimados para gasodomésticos.....	91
Tabla 14. Cálculo de pérdidas red comercial en Acero 1/2" expresión de Müller ..	95
Tabla 15. Cálculo de pérdidas red comercial en Pe/Al/Pe expresión de Müller ...	95
Tabla 16. Cálculos de red comercial en GLP expresión de Renouard.....	99
Tabla 17. Cálculos en baja presión expresión de Renouard red con transición ..	102
Tabla 18. Cálculo en media presión expresión de Müller red con transición .....	102
Tabla 19. Cálculo baja presión red de polietileno para GLP .....	104
Tabla 20. Cálculo media presión red de polietileno par GLP .....	104

## INTRODUCCIÓN

Los gases combustibles son una herramienta valiosa a nivel residencial, comercial e industrial; sus ventajas como la economía y limpieza los han posicionado a la cabeza de las opciones energéticas en muchos países del mundo.

Inicialmente se pensaba que era una opción altamente peligrosa, pero con el pasar de los años se ha comprobado lo contrario. De todas maneras es comprensible la idea de muchas personas, que aún siguen con la idea de una “bomba de tiempo”; cuando las redes se construyen de manera irresponsable, pueden ocurrir accidentes; al igual como sucede con cualquier otra construcción ó con cualquier otro combustible.

Tener acceso a éste documento y estudiarlo detenidamente proporciona herramientas para comprender, diseñar ó supervisar la construcción y funcionamiento adecuado de las redes de distribución para gas combustible, incluyendo los sistemas de ventilación.

En éste documento no solo están plasmados los conocimientos producto de varios meses de investigación, sino que también cuenta con toda la experiencia conseguida por una persona inquieta que se ha desempeñado en varios oficios derivados del proceso de construcción de redes para gas, desde hace aproximadamente doce años.

Existen documentos reconocidos, con contenido altamente interesante, pero en éste momento ya se encuentran algo desactualizados; por eso la idea de crear un documento que no solo enfatice en como construir y diseñar, sino que también ilustre como se debe llevar a campo.

Usando incluso terminología común (procurando no confundir al lector); comenzamos desde el diseño de una red de distribución externa hasta llegar a la correcta instalación de un gasodoméstico; pasando por un sinnúmero de condiciones que debe cumplir la red para los dos tipos de gas (natural y licuado de petróleo), según las normas y resoluciones mas recientes.

## GLOSARIO

**ACCESORIOS:** elementos utilizados para empalmar tuberías haciendo derivaciones, uniones, reducciones, adaptaciones ó cambios de dirección.

**ALTA PRESIÓN:** presión manométrica superior a 4.8 Bar (69.6PSI).

**ANILLO:** elemento metálico (bronce) en forma de argolla usado en sistemas de acople mecánico para comprimir las paredes de un tubo, ayudado por una tuerca y un elemento que se introduce en el mismo tubo.

**ANILLO DE DISTRIBUCIÓN:** red de distribución externa de donde derivan las acometidas, en lo posible debe formar una malla ó anillo.

**BAJA PRESION:** presión manométrica inferior a 68.9 mbar ó 1 *PSI* (presión manométrica).

**BAR:** medida de presión equivalente a  $10^6$  Barias, 14.5 *PSI*.

**BARIA:** unidad de presión del Sistema Cegesimal, equivalente a una dina sobre centímetro cuadrado.

**BISELAR:** hacer un corte oblicuo en el extremo del tubo, como en el filo de una herramienta.

**BTU:** unidad térmica británica. Cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de una libra de agua de 63 °F a 64°F.

**CABEZA DE ENSAYO:** (cabeza de prueba) elemento conformado por un instrumento medidor de presión (manómetro) y los accesorios necesarios para su acople al sistema que se desea verificar.

**CALENTADOR DE PASO CONTINUO:** artefacto encargado de calentar agua; a medida que va pasando por un espiral de cobre, alrededor de una recámara donde hace combustión el Gas.

**CALENTADOR DE ACUMULACIÓN:** artefacto encargado de calentar agua; el agua se acumula en su interior, luego es calentada por un quemador tipo estufa residencial.

**CAMISA:** tubería utilizada para alojar otra de menor dimensión, con el fin de aislarla o protegerla.

**CAUDAL:** volumen de fluido desplazado por una tubería en determinada unidad de tiempo, ejemplo  $m^3/h$ .

**CARRO ALINEADOR:** elemento mecánico provisto de dos mordazas circulares y una palanca cuyo fin es asegurar y manipular las partes involucradas en una unión por termofusión a tope.

**CENTRO DE MEDICIÓN:** conjunto de elementos involucrados en la medición del consumo, regularmente se compone de elevador, regulador, medidor y los accesorios necesarios para su acople a la red interna.

**CITY GATE:** estación a donde llega el gas antes de distribuirlo a la población para regular la presión, olorizarlo y dotarlo de dispositivos de seguridad (cierre ante sobrepresiones o caídas repentinas de presión) mecánicos o hidráulicos.

**COMBURENTE:** sustancia química que actúa como oxidante de una reacción de combustión. Generalmente, en las reacciones de combustión del gas, el comburente es el oxígeno contenido en el aire.

**COMBUSTIBLE:** sustancia que reacciona químicamente con otra sustancia para producir calor, o que produce calor por procesos nucleares. El término combustible se limita por lo general a aquellas sustancias que arden fácilmente en aire u oxígeno emitiendo grandes cantidades de calor.

**COMBUSTION:** conjunto de reacciones químicas de oxidación que ocurren con desprendimiento de energía.

**ELEVADOR:** elemento de transición encargado de acoplar tubería plástica flexible con tubería roscada, como el caso de polietileno/bronce.

**ESPACIO CONFINADO:** espacio cuyo volumen libre es igual ó superior a  $4.8m^3$  por cada kilovatio de potencia de los gasodomésticos instalados.

**DISPLAY:** dispositivo electrónico destinado a la representación visual de información.

**FLAUTA:** Tubo cilíndrico con perforaciones en serie, que hace las veces de quemador. En centros de medición colectivos, es un conjunto de tubería y accesorios en serie ó de circuito cerrado que se encarga de la distribución de Gas para varios medidores.

**FLUIDO:** sustancia que por su poca cohesión molecular carece de forma propia, cede inmediatamente a cualquier fuerza y se adapta a la forma del recipiente que lo contiene. Los fluidos pueden ser líquidos o gases.

**GAS:** es un fluido que se puede comprimir fácilmente. Es un combustible capaz de generar energía térmica, mecánica y eléctrica, los gases de una misma familia pueden intercambiarse sin necesidad de modificar las instalaciones y aparatos.

**GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.):** mezcla de hidrocarburos compuesta principalmente de propano ( $C_3H_8$ ) y butano ( $C_4H_{10}$ ) generalmente a presión y temperatura ambiente se encuentra en fase gaseosa y sometida a alta presión cambia a fase líquida.

**GAS NATURAL (GN):** mezcla de gases cuyo componente principal es el metano  $CH_4$  (75 al 95%). El resto de los componentes son etano, propano, butano, nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, helio y argón. Antes de emplear el gas natural como combustible se extraen los componentes más pesados, como el propano y el butano.

**IDONEO:** cualidad de ser adecuado y apropiado para algo.

**MANÓMETRO:** elemento en forma de reloj que acoplado a un sistema para suministro, registra la diferencia de presión de un fluido con respecto a la presión atmosférica local.

**MEDIA PRESION:** las comprendidas entre 68.9 mbar ó 1PSI y 4.8 bar ó 69.6 PSI (presión manométrica).

**MEDIDOR:** elemento mecánico conformado por partes metálicas y plásticas, con un orificio de entrada y uno de salida; registra el volumen que se desplaza en su interior.

**NICHO:** cajón ó reja fabricado con metal, cuyo fin es albergar y proteger reguladores y medidores.

**PARAMENTO:** cara exterior de la pared que delimita la parte interna y externa de una edificación. Delimitación del área permitida para la construcción según las leyes vigentes.

**PSI:** unidad de medida del sistema inglés equivalente a  $lb/pulg^2$  (presión).

**PRESION:** es la relación entre una fuerza aplicada y el área sobre la cual actúa; es decir:  $Presión = Fuerza / Área$ , ejemplo  $lb/pulg^2$  (PSI). Ésta área puede ser las paredes internas de una tubería.

**PRESION DE SERVICIO:** es la presión necesaria para el óptimo funcionamiento de los gasodomésticos.

**PRESION MANOMÉTRICA:** presión presente o inyectada en una red y medida con un manómetro.

**PODER CALORIFICO:** es la energía que se desprende en la combustión completa de la unidad de masa o de volumen de un combustible, ejemplo  $BTU/m^3$ .

**POLIETILENO:** material termoplástico que por sus propiedades físicas y químicas es ideal para la fabricación de tuberías destinadas a la conducción subterránea de gas combustible.

**POTENCIA:** eficacia; es decir la velocidad con que se realiza un trabajo.  $Potencia = Trabajo/Tiempo$ .

**PULGADA COLUMNA DE AGUA ("W.C.):** presión equivalente a la fuerza que ejerce una columna de agua de una pulgada de altura sobre determinada superficie; equivale a  $2.54 g/cm^2 = 0.036 PSI = 2.49 mbar$ .

**REFRENTADOR:** aparato manual ó eléctrico que posee un disco giratorio en sus dos caras con el fin de emparejar los extremos de dos piezas de polietileno.

**REGULADOR:** elemento mecánico utilizado para disminuir la presión y adecuarla a la necesidad de la red interna. Puede ser de única, primera, segunda ó tercera etapa.

**SOCKET:** elemento cilíndrico que se introduce ó en el cual se introduce (macho y hembra) una tubería ó accesorio de diámetros similares; para transmitir calor.

**PE/AL/PE:** tubería multicapa (polietileno/aluminio/polietileno) utilizada para conducción de fluidos.

**POLIVÁLVULA:** válvula de operación manual utilizada para abrir ó cerrar el paso del fluido a un sector determinado; cierra en un giro de  $90^\circ$ . Se ubica cerca a las esquinas a unos 60cm de profundidad y posee una tapa de color amarillo a nivel del andén.

**TARRAJA:** elemento circular con cuatro filas de dientes debidamente acomodados para que al ser girada con ayuda de una palanca, forme rosca en un tubo.

**TEFLONADO:** cualquier elemento recubierto con una capa de teflón (como los sartenes) para evitar la adherencia de un material fundido.

**USUARIO:** persona natural o jurídica que hace uso de un servicio.

## 1. DEFINICIONES

### 1.1 RED EXTERNA

La distribución urbana del gas se hace a través de un conjunto de tuberías de distintas dimensiones, debidamente diseñadas para satisfacer la demanda de los usuarios.

Las líneas primarias se deben instalar a una profundidad mínima de 80 cm, las líneas secundarias y de servicio a una profundidad mínima de 60 cm; en cruce de vía la distancia mínima debe ser de 90cm para cualquiera de los casos.

Dentro de la zanja se instala una cinta de señalización color amarillo de 12 a 15 cm de ancho, de 20 a 30 cm por encima del tubo, en letras indelebles de color negro advierte la presencia del fluido y a la vez indica cual es la línea de emergencia.

**Figura 1. Excavación para red externa**



Cualquier tubería que conduce gas se debe proteger contra daño mecánico ya sea encamisándola o agregando otro tipo de señalización superficial (postes). Debe conservar distancias prudentes con respecto a otros servicios, lo recomendado es un mínimo de 20cm en paralelo y 10 cm en cruce.

Se debe tratar con especial cuidado los tramos que poseen uniones conservando un radio de curvatura prudente.

En algunos casos no existe red externa, puesto que el combustible utilizado es el gas licuado de petróleo o gas propano, que se suministra en cilindros (pipetas) y normalmente se instala directamente en el interior de la vivienda.

**1.1.1 Líneas de Transmisión.** Sistema de tuberías utilizadas para transportar grandes volúmenes de gas desde las fuentes de abastecimiento hasta las estaciones reguladoras en la entrada de cada municipio (City Gates); normalmente son tuberías de acero operadas a alta presión. También comprende los sistemas de tuberías utilizadas para la interconexión de dos ó más fuentes de abastecimiento.

**1.1.2 Líneas Primarias ó Troncales.** (Arterias) redes utilizadas para conducir (a media presión) el gas desde la estación reguladora hasta determinados puntos de una localidad. Usualmente son tuberías de polietileno que inician en 6 ó 4 pulgadas de diámetro, van disminuyendo en su recorrido y terminan en 1 pulgada. Deben proveerse de válvulas de seccionamiento ubicadas estratégicamente para facilitar posibles reparaciones.

En el caso de redes abastecidas con G.L.P. los tanques de almacenamiento (llamadas popularmente bombonas ó marcianos) hacen las veces de línea primaria.

**1.1.3 Líneas Secundarias.** (Anillos) cada sector (alrededor de cuatro manzanas) cuenta con una poliválvula que desprende de la red troncal y cuyo fin es suspender o permitir el paso del gas. Se instala a 60 cm de profundidad y un tubo de concreto en forma de ducto vertical permite su operación desde la superficie, en la parte superior del tubo a nivel de andén se coloca una tapa amarilla con la palabra GAS en color azul.

La línea secundaria se extiende hasta las instalaciones individuales de cada vivienda o edificación del sector. Aunque el diámetro más común es  $\frac{3}{4}$  de pulgada, puede ser inferior o superior dependiendo de la demanda del fluido en determinado sector.

Lo ideal es utilizar tubería de polietileno para tramos enterrados (por sus excelentes propiedades físico-químicas), incluso para redes alimentadas con tanques estacionarios de GLP donde los anillos de distribución inician en la válvula de corte ubicada a la salida del tanque de almacenamiento.

**1.1.4 Líneas de servicio ó acometida domiciliaria.** Sistema de tuberías comprendidos entre la línea secundaria y el centro de medición ó regulador de primera etapa, inclusive.

Para el caso de tuberías abastecidas con GLP directamente desde el tanque, la línea de servicio está comprendida entre la salida del mismo hasta el paramento de la vivienda; cuando el sistema cuenta con anillo de distribución la línea de servicio es la comprendida entre el mismo y el regulador de primera ó segunda etapa, ubicado en la entrada de la vivienda.

**1.1.5 Red Matriz.** Red de tubería (normalmente metálica) encargada de transportar gas dentro de una edificación, a media presión según la Máxima Presión de Operación Permisible, desde el regulador de primera etapa hasta el(los) reguladores de segunda etapa. Se construye cuando el centro de medición se ubica dentro de la edificación (parqueaderos por ejemplo) ó cuando no es posible llegar a ellos por tierra.

La presión solo puede ser aumentada hasta 1400 mbar (20,3 PSI) cuando las uniones sean de tipo soldado y la tubería posea un ducto ventilado de material autoextinguible destinado únicamente a su alojamiento, cuyos extremos estén comunicados directamente hacia un lugar seguro en la atmósfera (capa de aire) exterior.

En el caso de instalaciones comerciales, puede considerarse línea matriz a la instalación interna comprendida desde el regulador de primera etapa hasta el regulador de segunda etapa ubicado en los puntos de salida hacia los gasodomésticos.

## **1.2 REGULACIÓN**

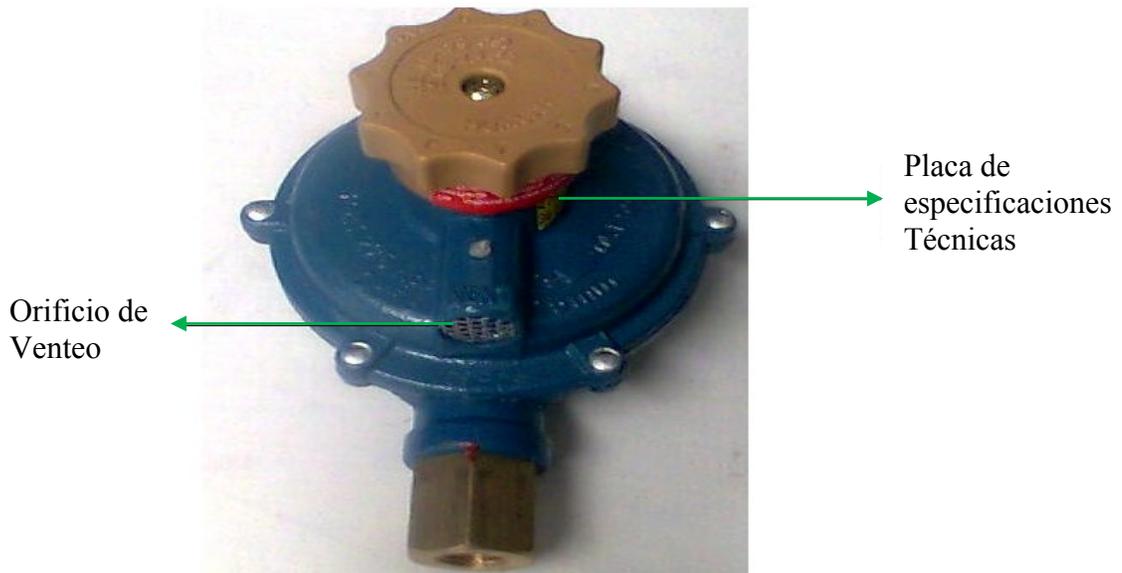
Los gasodomésticos requieren unas condiciones específicas asociadas al tipo de Gas suministrado para su correcto funcionamiento, por eso es necesario el estudio de las condiciones de la edificación para determinar la clase de regulación a utilizar.

Cada artefacto requiere un caudal proporcional a su potencia y una presión asociada al tipo de gas, estos datos los suministra el fabricante; por ejemplo HACEB recomienda entre 17 y 25 mbar para estufas a gas natural y entre 25 y 35 mbar para estufas a GLP; otros fabricantes recomiendan una presión mínima de 15.5 mbar para artefactos a gas natural y de  $28 \pm 5$  mbar para artefactos a GLP. Por lo tanto se debe construir la red con un sistema de regulación que garantice el suministro estipulado.

Los reguladores como su nombre lo indica, tienen la tarea de regular la presión adecuándola a las necesidades del sistema y deben contar con una válvula de corte antes de su entrada. Cada regulador posee unas especificaciones técnicas que determinan su función (única, primera, segunda ó tercera etapa), como son caudal de operación, tipo de gas y límites en la presión de entrada y salida.

La mayoría de reguladores cuentan con un mecanismo de alivio (venteo) para sobrepresiones, que se encarga de liberar parte de fluido a través de un tercer orificio; el regulador que cuente con éste sistema debe ubicarse en el exterior de la vivienda ó en su defecto se debe instalar una tubería para conducir el gas liberado por venteo directamente hacia la atmósfera exterior.

**Figura 2. Orificio de venteo**



**1.2.1 Regulación de Única etapa.** Donde existe un solo regulador entre la fuente de suministro y el gasodoméstico. Normalmente se hace en aquellas instalaciones donde la demanda es baja.

**Figura 3. Regulador de única etapa**



El caso típico son las instalaciones residenciales de gas natural donde tienen artefactos comunes de bajo consumo como estufa y horno que sumados requieren un caudal de aproximadamente  $1m^3/h$ , el regulador más común suministra un caudal de  $2.5 m^3/h$  a una presión de 23 mbar; condiciones suficientes para la demanda de los artefactos.

Si hablamos de GLP el caso típico es la pipeta al interior de la vivienda con el regulador conectado inmediatamente en su salida y de allí un tubo ó manguera que va directo al gasodoméstico.

**1.2.2 Regulación en dos etapas.** Red de suministro que posee dos reguladores entre la fuente de suministro y el gasodoméstico. Se hace en edificaciones donde no es posible cubrir la demanda con etapa única, ya sea por diseño de las viviendas, recorridos muy largos que generan pérdidas elevadas, demandas de fluido muy altas ó condiciones estéticas.

Usualmente se instala una primera etapa entre 140 y 1000 *mbar* para conducirla hasta un punto más cercano del gasodoméstico (al exterior de la residencia) y allí se regula normalmente en un rango de 18 a 35 mbar, dependiendo del tipo de gas.

**1.2.3 Regulación en tres etapas.** Red de suministro en donde se hace uso de tres reguladores entre la fuente de suministro y el gasodoméstico. Debido a condiciones especiales de algunas edificaciones (diseño, tamaño ó demanda) no es suficiente la regulación en dos etapas y se debe incluir una más.

Puede ser que exista una distancia horizontal y una altura considerable que incidan en la presión del fluido, haciendo necesario aumentar la presión en la segunda etapa y anexar una tercera al sistema. Un caso típico es un conjunto de bloques de apartamentos alimentado con Gas natural, donde se hace una etapa inicial entre el exterior del conjunto y el parqueadero, luego una segunda etapa entre el parqueadero y la entrada de cada apartamento y la tercera etapa entre la entrada de cada apartamento y los gasodomésticos.

### **1.3 CENTRO DE MEDICIÓN**

Conjunto de elementos y dispositivos utilizados para realizar la medición del gas que se desplaza a través del sistema de suministro.

Es importante que el centro de medición se ubique al exterior de cada residencia en un sitio de fácil acceso para su lectura y que sea protegido de cualquier daño físico ó químico.

**1.3.1 Centro de medición individual.** Cuando se instala el medidor por separado para cada predio, sin importar el sistema de regulación que posea la red. Además

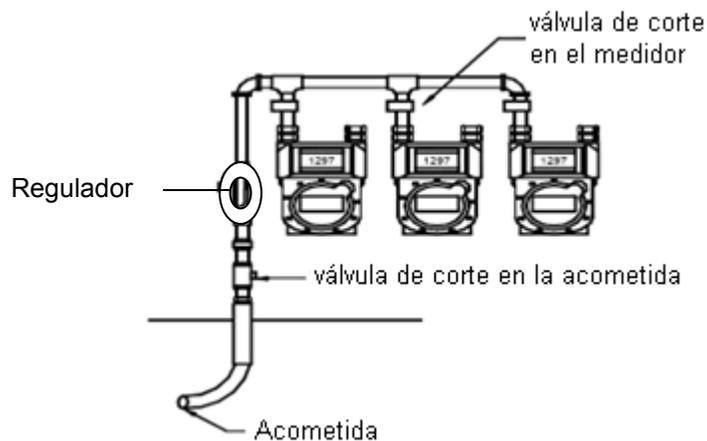
del medidor el centro de medición está compuesto por el conjunto de elementos y accesorios involucrados en el sitio donde se realiza la medición.

Debe existir una válvula de corte en cada centro de medición individual antes del regulador que permita el cierre, desmonte ó mantenimiento.

**1.3.2 Centro de medición colectivo.** Es un sitio donde se realiza la medición del suministro de gas a dos o más usuarios. Puede haber un regulador para cada medidor ó uno solo para todos los medidores ubicados en el lugar. Cada medidor debe contar con una válvula de corte por separado y a su vez una válvula de corte antes de la entrada del regulador.

Todo regulador ó medidor debe contar con acoples de tipo universal que facilite su desmonte.

**Figura 4. Centro de medición colectivo**



## 1.4 RED INTERNA

Es el conjunto de tuberías, elementos y accesorios comprendidos desde la salida del medidor hasta la conexión del gasodoméstico.

**1.4.1 Montante.** Nombre que recibe comúnmente la tubería instalada por cualquiera de las caras exteriores de una edificación para ascender el fluido; está comprendido desde el medidor hasta la entrada de cada vivienda.

El caso típico es un bloque de apartamentos donde se ubican los medidores en la parte baja del área común y de cada medidor sale una instalación individual que sube anclada a la pared hasta alcanzar el apartamento para el cual se dirige.

En algunos casos la red matriz es la misma montante.

**1.4.2 Instalación Residencial.** Red construida para abastecer a un usuario donde los gasodomésticos presentes en la vivienda no tienen ningún propósito comercial, solamente procuran el confort de las personas. En éste tipo de instalaciones normalmente se encuentran estufas, hornos, secadoras de ropa y calentadores de agua.

Dentro de las instalaciones residenciales encontramos las multifamiliares, que vienen siendo las presentes en aquellos conjuntos donde viven muchas familias, igual cada red debe ser individual partiendo desde los medidores de consumo.

La regulación en estas instalaciones puede ser en una, dos ó tres etapas dependiendo de las condiciones de la edificación.

**1.4.3 Instalación Comercial.** Instalación cuyo fin es el suministro a artefactos destinados al comercio, ejemplo: grecas, freidoras, hornos de panadería, estufas industriales (en restaurantes), entre otros.

El consumo en este tipo de redes es elevado por lo tanto el sistema debe ser diseñado con una memoria de cálculo, utilizando la expresión o fórmula mas adecuada. Generalmente en nuestro medio se utiliza la expresión de Müeller para media presión y le regulación se hace en dos etapas; la primera desde el medidor hasta la conexión del aparato a 140 ó 345 *mbar*, allí un regulador de segunda etapa disminuye la presión entre 16 y 23 *mbar*.

Las condiciones de ventilación deben ser óptimas e inquebrantables para cualquier tipo de instalación y más aún para éste tipo de instalaciones, dando cumplimiento a la NTC 3631 en su más reciente actualización.

## **1.5 INSTALACIONES MIXTAS Ó ESPECIALES**

Existen viviendas atípicas donde sería inadecuada la utilización de un solo sistema de tuberías para cumplir con el correcto suministro a los artefactos, haciéndose necesarias las transiciones de un material a otro y en algunos casos la regulación en mas de una etapa.

Suele presentarse en viviendas de campo, viviendas de escasos recursos, chalets donde el piso es la tierra (suelo inestable) y sería incorrecta la instalación de tuberías metálicas rígidas debido a la posibilidad de cargas, movimientos bruscos del terreno y corrosión.

En los tramos que van por tierra se recomienda instalar tubería de polietileno dentro de una zanja de mínimo 30 cm de profundidad y se debe señalar con una cinta amarilla a unos 20 cm por encima de la tubería; al llegar a una pared firme ó piso de concreto se hace la transición a otro sistema de tubería por medio de un elevador cuyo sistema de acople es mecánico y su salida es roscada para que

pueda acoplarse otro sistema: puede ser el mismo roscado, abocinado, tipo anillo de ajuste (accesorios Pe/Al/Pe) ó soldado.

## 2. MATERIALES

Aunque existen muchas clases de materiales utilizados en nuestro medio para la conducción de gases combustibles, esto no quiere decir que sean adecuados.

Los materiales utilizados en los sistemas para suministro deben cumplir con una serie de Normas Técnicas, que pretenden garantizar la resistencia física y química de dichos materiales; un ejemplo de ello es la NTC 332 que establece los criterios para la rosca de las tuberías.

Es muy importante verificar la calidad de los materiales; aunque todo material certificado posee un rótulo (escrito en tinta indeleble y/ó bajo relieve) ya sea a lo largo del producto ó en una placa adicional que contiene fecha de fabricación y NTC aplicable a la fabricación y calidad del producto, la mejor manera de hacerlo es exigir al proveedor copia del certificado de calidad suministrado por el fabricante; si es una marca nueva ó desconocida por el constructor.

Los materiales que se pueden usar para conducción de Gas son los establecidos por la NTC 2505 (cuarta actualización) y deben poseer resistencia mecánica y química a los distintos agentes presentes en su recorrido.

Está prohibido el uso de tubería de hierro fundido para construcción de sistemas para suministro de Gas combustible.

### 2.1 CLASES DE TUBERÍAS

Los materiales que se pueden usar en sistemas para suministro de gas combustible son: Acero rígido, Acero flexible corrugado, Cobre rígido sin costura tipo K ó L (A ó B), Cobre flexible sin costura, Aluminio puro o con aleaciones y tubería Multicapa Pe/Al/Pe.

**2.1.1 Acero rígido.** El acero es hierro con mínimas cantidades de carbono (entre 0.04 y 2.25%). Puede ser al carbono ó galvanizado; el proceso de galvanización consiste en aplicar un revestimiento interno y externo de cinc (inmersión en caliente) para hacerlo resistente a la corrosión. Debe ser como mínimo cédula 40.

En nuestro medio es muy conocida la tubería de acero galvanizado, para distinguirla de la tubería para agua basta con mirar el espesor de pared, peso y recubrimiento interno de cinc (color gris azulado).

Unas de sus ventajas mas notables son la elevada resistencia al impacto y a la temperatura (punto de fusión 1400 °C), la conductividad eléctrica es baja en comparación con el cobre ó aluminio, también es una tubería muy comercial.

Entre sus desventajas: es algo sensible a la corrosión y su instalación es bastante dispendiosa en comparación con otras tuberías (se elevan los costos).

**Figura 5. Tubería de acero rígido**

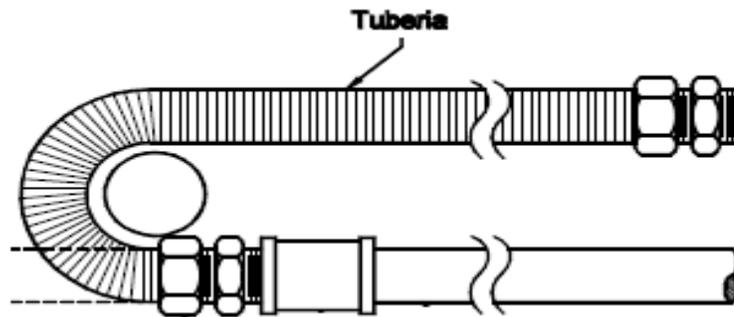


**2.1.2 Acero flexible corrugado.** Es una tubería inoxidable de fácil manejo, pero a la vez más delicada que la tubería rígida, puesto que para hacerla flexible sus paredes deben ser mucho más delgadas. Pese a denominarse inoxidable no se debe instalar en exteriores ni en contacto con la tierra.

Es una tubería de uso muy escaso, ya que existen en el mercado tuberías flexibles con mayor resistencia a la corrosión y al daño mecánico.

No se debe abusar de sus propiedades, su doblamiento en forma moderada (sin torceduras, lento y sin estiramiento) conserva su resistencia. De ser necesario se debe encamisar en tramos expuestos a agentes físicos ó químicos.

**Figura 6. Tubería de acero flexible corrugado**



**2.1.3 Cobre rígido sin costura.** Es una tubería muy segura, alta resistencia a la corrosión (aunque sensible al amoníaco) y a la temperatura (punto de fusión 1083

°C), buena resistencia al impacto (aunque menor que el acero rígido); el acople entre tubería y accesorios se hace por medio de traba química (soldadura en frío) ó por soldadura capilar (fundida en caliente) que es más segura que los acoples mecánicos.

Sus paredes interiores lisas junto con el acople soldado, hacen que las pérdidas de carga sean reducidas.

Para el acople con accesorios ó tuberías del sistema roscado, existen unos adaptadores machos y hembras, que son del mismo material, por lo tanto se sueldan por un lado a la tubería de cobre rígido y por el otro se enrosca el accesorio que se necesite (válvulas de bronce, conectores, racores de bronce, entre otros).

**2.1.4 Cobre flexible sin costura.** Una de las tuberías más comunes en nuestro medio, alta resistencia a la corrosión (aunque sensible al amoníaco), se comercializa en chipas (rollos) de 15 m, su diámetro es reducido en comparación con el mismo en otras tuberías.

El hecho de ser flexible anula el uso de codos y reduce las pérdidas de carga; su sistema de acople es abocinado, los accesorios para tal fin suelen ser de bronce aunque la NTC permite otros materiales como aleaciones con aluminio, latón (aleación de cobre y cinc), entre otros.

Se debe tener en cuenta que las tuberías de cobre son un excelente conductor eléctrico, por eso se debe evitar su contacto con líneas de energía ó encamisarla si esto no es posible.

La tubería flexible instalada a baja altura y en otros sitios donde pueda sufrir daño mecánico debe ser protegida con una camisa de material autoextinguible capaz de reducir todo riesgo.

*Nota: la unión entre cobre y acero produce par galvánico, por lo tanto no se debe hacer. De requerirse una unión entre éstos dos materiales se debe hacer una transición con otro material como bronce, latón, etc.*

**2.1.5 Aluminio.** Las tuberías de aluminio y aleaciones con aluminio pueden ser muy flexibles o semirrígidas dependiendo de los componentes adicionales. Sus sistema de acople es abocinado y sus diámetros similares a la tubería de cobre flexible.

Aunque es una tubería económica y fácil de instalar, no es común su uso debido a la sensibilidad a los agentes químicos que causan corrosión, su punto de fusión es 660 °C que es muy poco a comparación del acero ó el cobre; aunque en menor

proporción que el cobre también es buen conductor eléctrico, el aluminio flexible es demasiado blando y se estrangula con facilidad.

**2.1.6 Tubería PE/AL/PE.** La mas novedosa entre las tuberías avaladas por la NTC 2505 en su cuarta actualización, se puede decir que el fin de ésta actualización fue permitir el uso de esta tubería.

Es una tubería multicapa compuesta por dos capas de polietileno liso de media ó alta densidad, una capa intermedia de aluminio y un pegante especial encargado de unir las entre sí.

**Figura 7. Tubería Pe/Al/Pe**



Tiene la desventaja de resistir tan solo entre -20 y 40 °C, pero en cambio tiene muchas ventajas como son: elevada resistencia a la corrosión; economía (aproximadamente 1/3 en comparación con el cobre flexible); su instalación es muy rápida; no conduce electricidad; es muy liviana; se consigue en rollos de 200 m. que disminuye el uso de uniones; se acopla fácilmente a otros sistemas por medio de elementos de transición como racores ó incluso las mismas tees y válvulas; existe color amarillo que la hace mas fácil de referenciar y blanco lo que puede resultar mas estético en instalaciones a la vista; entre otras ventajas.

## **2.2 SISTEMAS DE ACOPLE**

Para el acople de tuberías existen varios sistemas: sistema roscado, sistema abocinado, termofusión, electrofusión, sistema tipo anillo de ajuste, soldadura capilar y por traba química.

**2.2.1 Sistema roscado.** Aunque otros sistemas poseen rosca, se llama sistema roscado a aquel donde el sellado se realiza única y exclusivamente en los filetes (dientes) de la rosca.

Pese a la protección que puede tener una tubería ante los agentes químicos, al momento de efectuar la rosca se crea un área sensible y por esto se debe tener especial cuidado con ella, es decir se debe aplicar anticorrosivo.

**2.2.1.1** Elaboración de la rosca. Se asegura el tubo en una prensa de cómodo manejo (sobre un trípode) a unos 15 cm del punto de corte y se corta de la manera más recta posible (no es recomendable el uso de segueta), con un cortador de rodaja, se introduce en el tubo una tarraja correspondiente al diámetro de la tubería, se hace presión y se procede a dar vuelta hasta conformar la rosca; durante el proceso es necesario lubricar con aceite.

**2.2.1.2** Acople de tuberías y accesorios. Es necesario la utilización de sellantes o cinta teflón, con la condición que cumpla con las normas técnicas citadas en la misma NTC 2505; los sellantes mas usado en Colombia son el Unifix y Loctite de fuerza media y fuerza alta; el sellante fuerza media se debe usar en sitios donde puede ser necesario el desarme (en válvulas, conectores, centros de medición, entre otros).

Antes de realizar los giros de acople se debe limpiar las dos partes a unir y en el caso del sellante se debe aplicar de forma suficiente mas no exagerada en las dos partes; la herramienta que se utilice no debe causar daño mecánico a la tubería y accesorios, como ovalamiento ó avería de rosca.

Se debe tener en cuenta la igualdad de las roscas antes de unirlas, existen varios tipos de rosca similares a simple vista, pero pueden variar en el número de hilos (filetes) por tramo.

**2.2.2 Sistema abocinado.** El sistema abocinado consiste en conseguir hermeticidad en la unión de dos partes cónicas, una cóncava y otra convexa; presionadas por un sistema roscado. La parte convexa se encuentra en los accesorios como racores, conectores rígidos ó flexibles (mangueras); es necesario realizar a la tubería el bocín (campana) que ajuste al accesorio, ayudado con herramienta fabricada para tal propósito.

**Figura 8. Unión abocinada**



**2.2.2.1** Elaboración del bocín. Para tal propósito existe un kit de herramienta compuesto por un cortatubo de rodaja, una prensa pequeña y un abocinador.

Se demarca la zona donde se va a realizar el bocín, se ajusta el cortatubo y a medida que se va girando se ajusta un tanto hasta conseguir el corte; luego se introduce el tubo en el orificio de la prensa correspondiente a su diámetro, se fija girando los tornillos o mariposas de la prensa y con el abocinador puesto en su sitio (encaja en la prensa) y siendo girado se va creando el bocín a través de la presión que genera un elemento metálico en forma de cono.

**Figura 9. Elaboración de un bocín**



El bocín debe tener un tamaño acorde a la superficie del accesorio que va a cubrir; no debe ser muy pequeño ni muy grande. Al momento de realizar la unión se puede usar sellante líquido directamente en las superficies cóncava y convexa, aunque en éste sistema puede lograrse la hermeticidad sin necesidad de sellante.

**2.2.3 Sistema tipo anillo de ajuste.** Esta unión de tipo mecánico se presenta entre tuberías plásticas y accesorios metálicos, como el caso del polietileno para usos exteriores y tubería de PE/AL/PE; puesto que no es posible elaborar bocín ó rosca adecuada en ese material.

Básicamente consiste en accesorios con salida de tres piezas, donde una de ellas posee una rosca exterior y una parte corrugada que se introduce en el interior del tubo, mientras una tuerca va enroscando en la parte exterior y a la vez comprimiendo el anillo (liso ó corrugado) que trasmite la presión a las paredes de la tubería.

**Figura 10. Accesorios con anillo de ajuste**



**2.2.4 Termofusión.** Sistema diseñado para unir tuberías y accesorios de polietileno haciendo uso de la temperatura. Existen tres tipos de soldadura por termofusión, siendo mas usada la unión por manguitos (socket).

La temperatura, tiempo, presión, tiempo de enfriamiento y demás procedimientos de acople deben ser tal cual como lo indique el fabricante del producto.

**2.2.4.1 Unión a tope.** Se logra uniendo de frente las dos piezas (tubo-tubo ó tubo-accesorio). Primero se aseguran y se alinean las tuberías en el carro alineador, se limpian con alcohol, se refrentan (emparejar haciendo uso de cuchillas giratorias), se introduce una plancha eléctrica con dos caras planas teflonadas (el teflón evita la adherencia del material fundido) que calienta las dos superficies a la vez; cumplido el tiempo especificado por el fabricante se procede a retirar la plancha y hacer la unión.

**Figura 11. Termofusión a tope**



Es recomendado solo para tuberías superiores a 2" de diámetro.

**2.2.4.2 Unión por manguitos.** Es un proceso más manual para tuberías de diámetro menor (entre tubo y accesorio); la plancha calentadora es similar pero más pequeña y no posee caras planas sino sockets macho y hembra que se ubica uno detrás del otro para calentar las dos partes a la vez.

El material a unir debe estar completamente limpio (con alcohol), se corta con tijera (para tubo redondo), se calibra la profundidad en el tubo y se bisela haciendo uso del calibrador-biselador, luego se calientan las partes y se unen.

**Figura 12. Termofusión a socket**



**2.2.4.3 Unión con silletas.** Es un sistema diseñado para hacer una derivación en la red (normalmente para colocar una poliválvula), pero sin cortar el tubo. Para tal fin existe un carro porta silletas provisto de manómetro, mordazas (inferiores para asegurar el tubo y superior para asegurar el accesorio); dos barras laterales por donde se desplaza la mordaza que contiene la silleta, ayudado por una barra central que puede moverse haciendo giros de tornillo ó desengancharse para subir y bajar rápidamente.

Al igual que los sistemas anteriores necesita de una plancha calentadora provista de caras teflonadas, pero ésta vez en forma cóncava para calentar el tubo y convexa para calentar la silleta.

Después de asegurado el tubo se raspa con lija gruesa de tela ó cuchillo, se limpia con alcohol; es necesario marcar los cuadrantes de la silleta puesta en el tubo para verificar que luego de hacer desplazamiento conserva el sitio de acople; posteriormente se procede a calentar y unir.

**Figura 13. Termofusión con silletas**



Recomendado sólo para diámetros superiores a 2”.

**2.2.5 Electrofundición.** Especial para reparaciones ó soldaduras en sitios reducidos. La unión también se logra por fundición entre las dos piezas, esta vez con la ayuda de un soldador automático eléctrico.

Los accesorios para electrofundición poseen anillos metálicos internos y dos estradas de corriente que deben quedar hacia arriba; habiendo raspado, limpiado y marcado el área de unión en el tubo, se aseguran las partes para evitar el movimiento, se conectan al dispositivo para luego establecer los parámetros de la soldadura en el display del soldador.

**Figura 14. Electrofundición**



No se debe retirar la herramienta hasta haber completado el ciclo de fundición y enfriamiento.

**2.2.6 Soldadura Capilar.** Básicamente consiste en lograr el sellado en el acople de piezas metálicas (tubo-accesorio), fundiendo otro metal mas blando hacia su interior. La soldadura interna se logra haciendo uso de una pasta fundente aplicada en las dos partes a unir luego de ser lijadas y antes de someterlas al calor.

Con un soplete de gas (acetileno, gas propano, entre otros) ó pinzas eléctricas se calientan las partes a una temperatura capaz de fundir el metal de soldadura (plata o estaño y plata), pero sin alterar el material a unir; se hace contacto de la soldadura, ésta se derite siguiendo el camino marcado por el fundente, para adherirse a las paredes cilíndricas de la unión.

El caso más típico son las tuberías de cobre unidas con soldadura blanda de estaño y plata cuyo punto de fundición es inferior a 500°C.

La soldadura fuerte capilar (de plata) se funde a una temperatura mayor de 500°C y no requiere el uso de fundente.

**2.2.7 Unión por traba química.** Existen sellantes anaeróbicos para soldaduras en frío, que son una traba química avalada por la NTC 2505; pero en la práctica se ha puesto en evidencia que no es del todo segura (se despegas con el calor).

### 3. VENTILACIÓN

Para todos los recintos donde se genere combustión de gases, se requiere el adecuado suministro de aire; no solo para realizar la tarea de comburente a través del oxígeno que contiene, sino también para cubrir las demandas de aire de renovación y dilución.

El aire de dilución es el encargado de diluir hasta niveles seguros los gases tóxicos producto de la combustión, que no han sido desplazados a la atmósfera exterior. El aire de renovación es el encargado de reponer al aire consumido en la combustión de un artefacto.

En el caso de instalaciones comerciales donde el calor producido por los artefactos puede ser constante y muy elevado, se debe instalar un sistema adicional de suministro de aire que disminuya el impacto negativo a las personas, como ventiladores eléctricos de alta capacidad. Estos locales también deben ser dotados de extractores.

Para aplicar los conceptos de ventilación en instalaciones para suministro de gas combustible, es necesario conocer la clasificación de los gasodomésticos.

#### 3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS GASODOMÉSTICOS

Según La NTC 3527 los gasodomésticos se clasifican dependiendo de cómo adquieren el aire para su combustión y cómo evacuan el producto de dicha combustión.

**3.1.1 Artefactos tipo A.** Toman el aire para combustión del recinto en el cual se encuentran instalados y allí mismo se diluye el gas viciado (monóxido de carbono) producto de dicha combustión. No requieren ductos para dicha evacuación. Ejemplo de ello son las estufas, hornos, secadoras de ropa, calentadores de paso de 5.5 *lts/min*, de acumulación, entre otros.

**3.1.2 Artefactos tipo B.** Toman el aire para combustión en el recinto donde se encuentran instalados pero requieren un ducto en forma de exhosto para evacuar el gas viciado directamente en la atmósfera exterior.

Deben estar dotados de dispositivos de seguridad que impidan el funcionamiento del artefacto cuando esté fuera de los rangos de seguridad permisibles; a través de sensores de monóxido, ubicados en la parte superior, sensores de temperatura en la tubería de agua caliente y termostato en la llama.

**Figura 15. Artefactos tipo A**



3.1.2.1 Artefactos tipo B1. Gasodomésticos donde la evacuación del monóxido de carbono se logra por tiro natural, es decir, el ducto tiene pendiente ascendente en todos sus tramos.

3.1.2.2 Artefactos tipo B2. Gasodomésticos donde la evacuación del monóxido de carbono se hace por tiro mecánico, es decir, el artefacto está dotado de un sistema mecánico (ventilador interno) que expulsa el gas viciado a través del ducto; por ésta razón no requiere pendiente ascendente.

**Figura 16. Calentador tipo B2 (tiro forzado)**



**3.1.3 Artefactos tipo C.** Artefactos con circuitos de combustión sellados o de cámara estanca, conectados directamente con la atmósfera exterior, por medio de ductos; por esta razón se pueden instalar en sitios cerrados como baños y alcobas (cuyo espacio no sea confinado).

3.1.3.1 Artefactos tipo C1. Donde existe un sistema de ducto concéntrico, uno para admisión de aire y otro para evacuación de gas viciado.

**Figura 17. Ducto concéntrico**



3.1.3.2 Artefactos tipo C2. Un solo ducto se encarga de la admisión de aire y evacuación de gas viciado.

3.1.3.3 Artefactos tipo C3. Donde existen dos ductos independientes, para la evacuación y admisión.

### **3.2 ESPACIOS CONFINADOS**

Los espacios confinados son aquellos cuyo volumen libre (volumen del recinto, menos volumen de muebles y enceres) se encuentra por debajo de  $4.8m^3$  por cada kilovatio de potencia de los gasodoméstico instalados en el mismo.

En la práctica se acostumbra hallar el volumen del recinto y luego descontar un porcentaje aproximado del 20%.

El cálculo de un espacio para determinar si es o no es confinado se hace de la siguiente manera:

Toma de medidas: largo 8m \* ancho 4m \* alto 2.2m =  $70.4m^3$

Volumen libre:  $70.4m^3 - 20\% = 56.32m^3$

Potencia permisible:  $56.32m^3 \div 4.8m^3/Kw = 11.73 Kw$

Por lo tanto el (los) gasodoméstico(s) instalado en el recinto debe tener una potencia igual ó inferior a  $11.73 Kw$ ; de lo contrario se clasifica como espacio confinado. La potencia del artefacto es suministrada por el fabricante en la placa de especificaciones técnicas presente en la parte interna, inferior ó posterior del mismo.

### **3.3 VENTILACION DE RECINTOS**

Los recintos adyacentes diferentes de alcobas y baños, que se encuentren comunicados por una abertura permanente (sin puerta), pueden sumarse al volumen involucrado en la combustión.

Cuando el volumen de los recintos no es suficiente para satisfacer la demanda de aire de los gasodomésticos instalados en su interior, se debe buscar un método alternativo que suministre la ventilación necesaria.

Es importante conocer que el gas viciado producto de la combustión (monóxido de carbono) es aire caliente y por lo tanto se desplaza en forma ascendente; por eso cuando existen aberturas superiores éstas sirven para desalojarlo, pero a la vez impiden el ingreso de aire nuevo; por lo tanto se requiere adicionalmente abertura inferior si el espacio es confinado.

**3.3.1 Ventilación hacia recintos interiores (por arrastre).** De no ser posible la comunicación directa hacia otros recintos por medio de aberturas fijas de circulación peatonal ó tamaño comparable; ésta comunicación se puede lograr haciendo dos aberturas de ventilación, una superior y otra inferior a una distancia no mayor de 30cm del techo hacia abajo y 30cm del piso hacia arriba respectivamente.

El tamaño de cada rejilla debe ser de  $22\text{cm}^2$  “libres” por cada kilovatio de potencia instalado, siendo  $645\text{cm}^2$  el área libre mínima permitida. La dimensión mínima de dichas aberturas en cualquier caso debe ser igual o superior a 8 cm.

**3.3.2 Ventilación directa hacia la atmósfera exterior.** Para la ventilación de espacios confinados directa hacia el exterior existen tres métodos: rejillas, ductos verticales y ductos horizontales. Todos deben cumplir con la distancia no mayor a 30cm con respecto al techo y el piso.

3.3.2.1 Ventilación por medio de rejillas. El área de dichas aberturas debe ser de  $6\text{cm}^2$  libres por cada kilovatio de potencia nominal instalado en el espacio confinado. La dimensión mínima de las aberturas de ventilación es 8 cm.

Ejemplo: hallar el área de las rejillas de ventilación plásticas para un espacio confinado que posee en su interior una estufa de 10.35 kw.

$$10.35\text{ kw} * (6\text{ cm}^2/\text{kw}) = 62.1\text{cm}^2$$

$$A = L * L \Rightarrow L = A/L \text{ (Se puede asumir una dimensión para rejilla rectangular) =}$$

$$>L = 62.1\text{cm}^2 / 8$$

$$L = 7.76 \approx 8\text{cm}$$

Pero como las rejillas no tienen el 100% de área libre, se toma solo el 60%; por lo tanto las dimensiones aumentan. Una forma práctica es: teniendo en cuenta que para hallar un porcentaje se multiplica por el número en cuestión y se divide en 100; entonces para aumentarlo se multiplica por 100 y se divide en el número en cuestión:

$62.1\text{ cm}^2 * (100/60) = 103.5\text{ cm}^2 \Rightarrow$  podemos asumir una dimensión y hacer el procedimiento anterior ó para rejilla cuadrada (dimensiones iguales) se halla la raíz cuadrada.

$$\sqrt{103.5 \text{ cm}^2} = 10.17 \text{ cm} \approx 11 \text{ cm} \Rightarrow 11 * 11 \text{ cm}$$

3.3.2.2 Ventilación por medio de ductos verticales. El área de dichas aberturas debe ser de  $6 \text{ cm}^2$  por cada kilovatio de potencia nominal instalado en el espacio confinado. Los ductos se deben dotar de sombrerete o codos, de tal manera que impida la entrada de aguas llovidas sin limitar el flujo de aire.

Ejemplo: hallar el área de los ductos de ventilación (circular) para un espacio confinado, que posee en su interior una estufa de 10.35 kw.

$$10.35 \text{ kw} * (6 \text{ cm}^2 / \text{kw}) = 62.1 \text{ cm}^2$$

$$A = \pi r^2 \text{ Ó } A = \pi D^2 / 4$$

$$D = \sqrt{A * 4 / \pi} \Rightarrow D = 8.89 \text{ cm}$$

Como el diámetro comercial de los tubos (PVC) está dado en pulgadas, entonces  $8.89 / 2.54 = 3.5 \approx 4$  pulgadas.

Con un tubo de 4 pulgadas cubriríamos una demanda de aproximadamente 13 Kw. Si la potencia en el espacio confinado supera los 13 Kw se puede instalar más de un tubo de 4 pulgadas en caso de no conseguir una dimensión mayor que cumpla con el área requerida.

Para el caso de edificaciones, se pueden construir ductos comunales de ventilación (verticales) independientes (uno para infiltración de aire y otro para desalojar el gas viciado), que cumplan con todos los requerimientos mencionados en este capítulo.

3.3.2.3 Ventilación por medio de ductos horizontales. En este caso el área de dichas aberturas debe cumplir con  $11 \text{ cm}^2$  por cada kilovatio de potencia instalado en el espacio a ventilar.

**3.3.3 Requerimientos sobre las rejillas.** Si se disponen de rejillas en las aberturas de ventilación, éstas terminan por reducir el área libre; por lo tanto se considera un porcentaje de efectividad dependiendo del material del cual se encuentran fabricadas.

El fabricante suministra el dato sobre la efectividad de dichas rejillas; pero si se desconoce entonces debemos considerar entre un 60 y 75% de efectividad en rejillas plásticas y metálicas, en caso de celosías ó rejillas de madera se considera solo entre 20 y 25%.

**3.3.4 Gasodomésticos que no requieren ventilación adicional en espacios confinados.** Se exceptúan de las consideraciones anteriores únicamente

artefactos dotados con sistemas especiales de seguridad que garantizan la operación sólo con el adecuado suministro de aire de combustión, dilución y renovación.

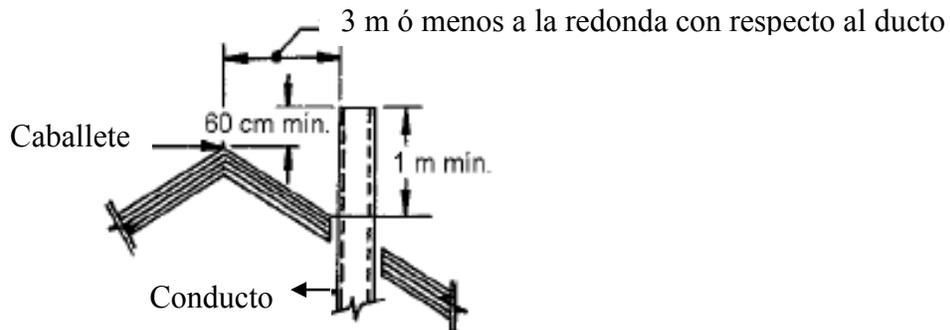
Dichos sistemas incluyen dispositivos de seguridad (verificados y avalados por el fabricante del gasodoméstico). Que impiden el funcionamiento del artefacto cuando los sistemas de ventilación no están operando o lo hacen en forma defectuosa; cortando de inmediato el suministro de gas.

**3.3.5 Ductos de evacuación.** Los ductos de evacuación se utilizan en los gasodomésticos tipo B y tipo C con el fin de conducir aire directamente hacia ó desde la atmósfera exterior. En el tipo B son necesarios debido al alto consumo, que a su vez produce gran cantidad de monóxido de carbono, imposible de diluir por completo en recintos interiores.

Los ductos de evacuación deben estar fabricados en material metálico liso ó de mampostería refractaria capas de resistir temperaturas de hasta 982°C; además debe conservar su hermeticidad. No es permitido el uso de material plástico; para artefactos tipo B1 (por tiro natural) ni es permitido el ducto corrugado.

Los ductos de evacuación deben estar como mínimo 1m por encima del techo y 60cm por encima de la parte mas alta del techo de la vivienda ubicada a 3m a la redonda.

**Figura 18 Distancias para ducto de evacuación**



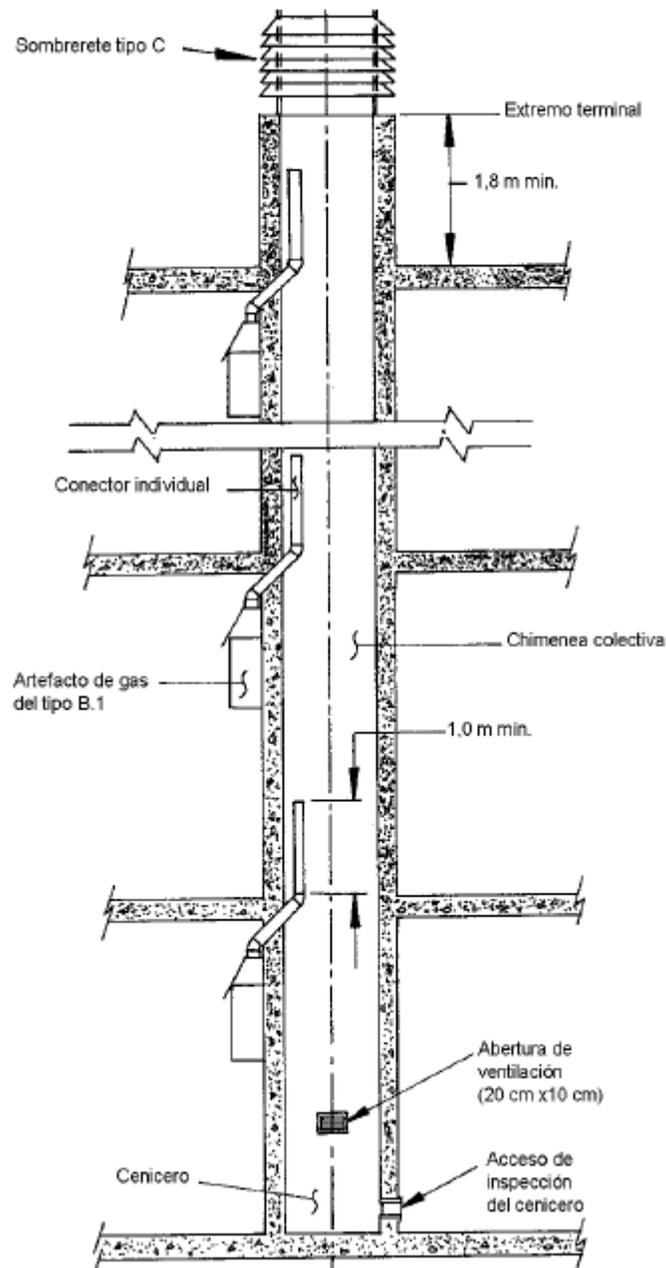
Cuando se trata de instalaciones comerciales los conductos de evacuación deben extenderse 3.0m sobre el punto más alto de la edificación ubicado a 7.5m a la redonda.

Para instalaciones residenciales se puede construir chimenea ó ducto colectivo; en el caso de instalaciones comerciales se debe consultar al fabricante de los artefactos conectados al sistema. Cuando se construyen chimeneas colectivas en mampostería cada ducto individual debe ingresar con un ángulo superior a 45°,

una vez adentro se prolonga mínimo 1 m en vertical; la chimenea debe dotarse de una rejilla con celosía en la parte inferior cuya área libre sea de  $200\text{cm}^2$ .

El extremo terminal se extiende como mínimo 1.8 m por encima del techo o cubierta del edificio; en presencia de muros circundantes se extiende 40 cm por encima de un plano imaginario trazado  $45^\circ$  hacia abajo tomados a partir del muro circundante de mayor altura.

**Figura 19. Chimenea colectiva en mampostería**



Para el dimensionamiento de Chimeneas colectivas se deben consultar las tablas en la NTC 3833.

**Tabla 1. Alternativa práctica para el dimensionamiento de chimeneas colectivas de mampostería para artefactos del Tipo B1 instalados en más de una planta o nivel**

Potencia total instalada (*) (MJ/h).	Área potencial (cm <sup>2</sup> ) según el número de artefactos de gas acoplados al sistema en cada nivel	
	Uno	Dos
400 o menos	400	562
Más de 400 hasta 650	527	653
Más de 650 hasta 840	560	686
Más de 840 hasta 1 260	633	759
Más de 1 260 hasta 1 675	691	817
Más de 1 675 hasta 2 510	NR	909
Más de 2 510 hasta 3 350	NR	1 100
Más de 3 350	NR	NR

(\*) Potencia Total instalada agregada o conjunta de todos los artefactos a gas que descargan sus productos de combustión dentro de la chimenea colectiva.

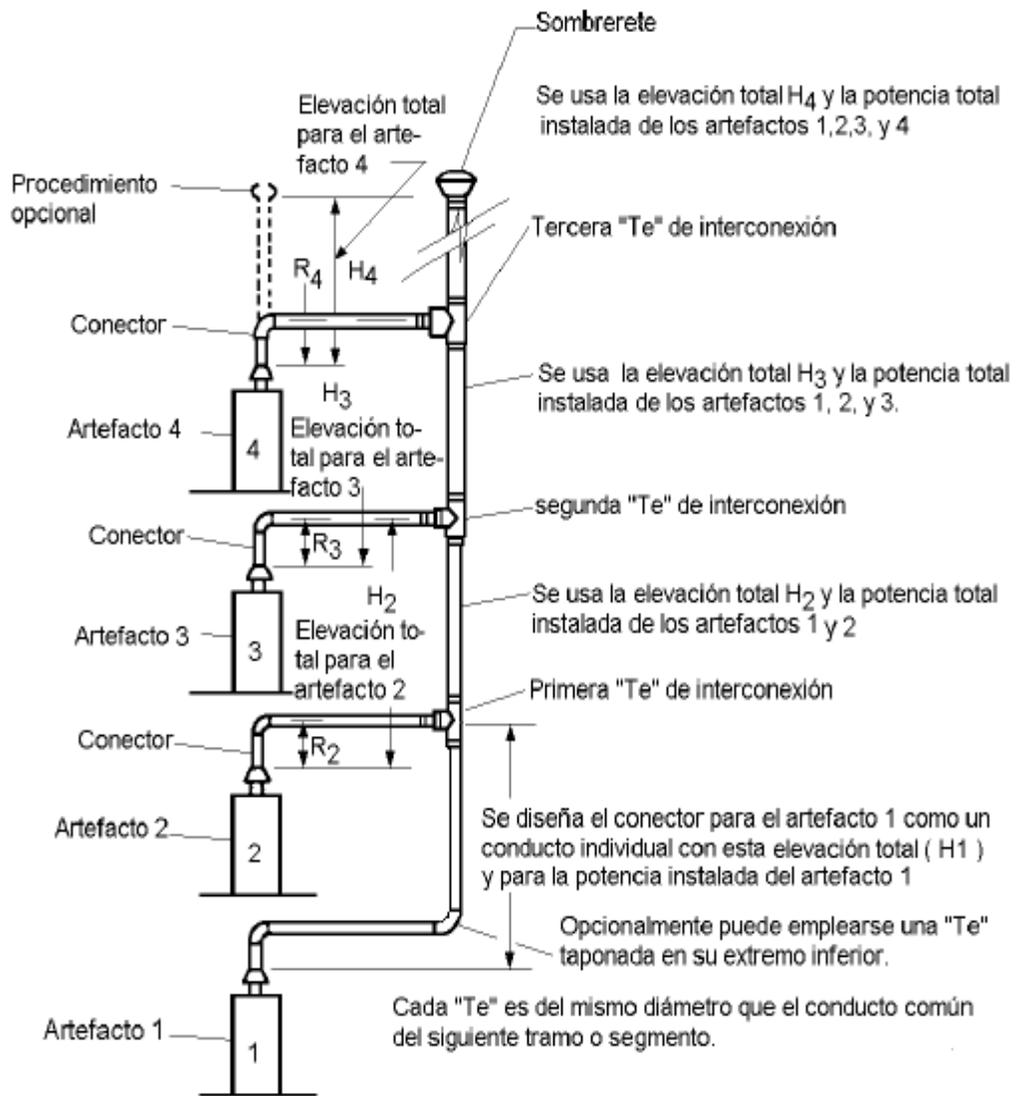
Las tees en los ductos de evacuación colectivos deben ser iguales al tramo de ducto ubicado arriba de ellas.

En la NTC 3833, se encuentran las tablas (ver anexo B) para el dimensionamiento de ductos de evacuación (individuales y colectivos con sus respectivos accesorios), donde se tiene en cuenta la clasificación de los artefactos (B1 o B-2, Tiro mecánico o Tiro natural), elevación total de cada sección (H) y la potencia total de los artefactos (en Mj/h) conectados abajo del tramo a dimensionar.

La distancia total H es igual a la distancia R (distancia entre el collarín del artefacto inmediatamente anterior y el eje del tramo horizontal del mismo, que se dirige hacia el ducto colectivo); más la distancia entre ejes de los tramos de ducto horizontal que delimitan la sección a dimensionar.

Las tablas mencionadas básicamente pretenden que cada sección del ducto posea un área (diámetro) capaz de transportar el gas viciado de los artefactos conectados en niveles inferiores, como lo ilustra la figura.

**Figura 20. Ducto circular colectivo**



Ejemplo: para la figura anterior tenemos una distancia horizontal  $L$  de 2 metros, elevación  $H$  igual en todos los niveles de 2.4 metros y cada calentador (Tipo B1) posee una potencia de 25 Kw (90 Mj/h), su collarín es de 5" de diámetro.

Con  $H$  de 2.4 m,  $L = 2$  m y  $D = 5$ " (127 mm) entramos a la tabla para ducto individual (anexo A) y se encuentra una capacidad de 115 Mj/h; por lo tanto hasta la entrada de la primera Tee usamos diámetro de 5".

Para el diámetro del segundo tramo (vertical) entramos a la tabla de ducto colectivo (Anexo B), en la opción NAT+NAT (tiro natural + tiro natural),  $H = 2.4$ m; en este tramo se tiene en cuenta la potencia de los artefactos 1 y 2 =  $90 \text{ Mj/h} * 2 =$

180 Mj/h; o sea que el diámetro en este tramo se debe aumentar a 7" donde hay capacidad hasta 235 Mj/h, puesto que en la tabla se encuentra que en 5" y 6" no hay capacidad (120 y 172 Mj/h) respectivamente.

Para el diámetro del tercer tramo la potencia es igual a 270 Mj/h (90 Mj/h \* 3) y H es 2.4 m; en la tabla se ubica un diámetro de 8" con capacidad de 306 Mj/h.

En el tramo final la potencia conjunta es de 360 Mj/h (90 Mj/h \* 4), se ubica en la tabla un diámetro de 9" capacitado para 399 Mj/h.

Un método alternativo para calcular ductos colectivos circulares es: teniendo en cuenta que el área del collarín está diseñado para evacuar el producto de la combustión del artefacto mismo a toda potencia (incluso con un factor de seguridad); se suman las áreas de los collarines de los gasodomésticos involucrados en cada tramo y para evitar sobredimensionamiento, se afectan por el mismo factor de seguridad usado para dimensionar redes (Cap. 5 Tabla 8). Con ésta área se halla el diámetro del ducto circular.

Ejemplo: para la misma figura anterior tenemos collarines de 5" (127 mm). En el primer tramo el ducto es igual al collarín del gasodoméstico. Donde:

$$A = \pi * D^2 / 4 \Rightarrow A = \pi * 127^2 / 4 \Rightarrow \mathbf{A = 12667.7 \text{ mm}^2}$$

Para el segundo tramo multiplicamos ésta área por dos artefactos = 25335.37 mm<sup>2</sup> y la afectamos por el factor de simultaneidad => 25335.37 \* 0.8 = 20268.3, a continuación hallamos el diámetro partiendo de la misma fórmula.

$$D = \sqrt{A * 4 / \pi} \Rightarrow D = \sqrt{20268.3 * 4 / \pi} = 160.64 \text{ mm} = 6.32" \approx \mathbf{7"}$$

Para el tercer tramo  $A = 12667.7 \text{ mm}^2 * 3 = 38003.1 * 0.78 = 29642.42 \text{ mm}^2 \Rightarrow$

$$D = \sqrt{29642.42 * 4 / \pi} = 194.27 \text{ mm} = 7.65" \approx \mathbf{8"}$$

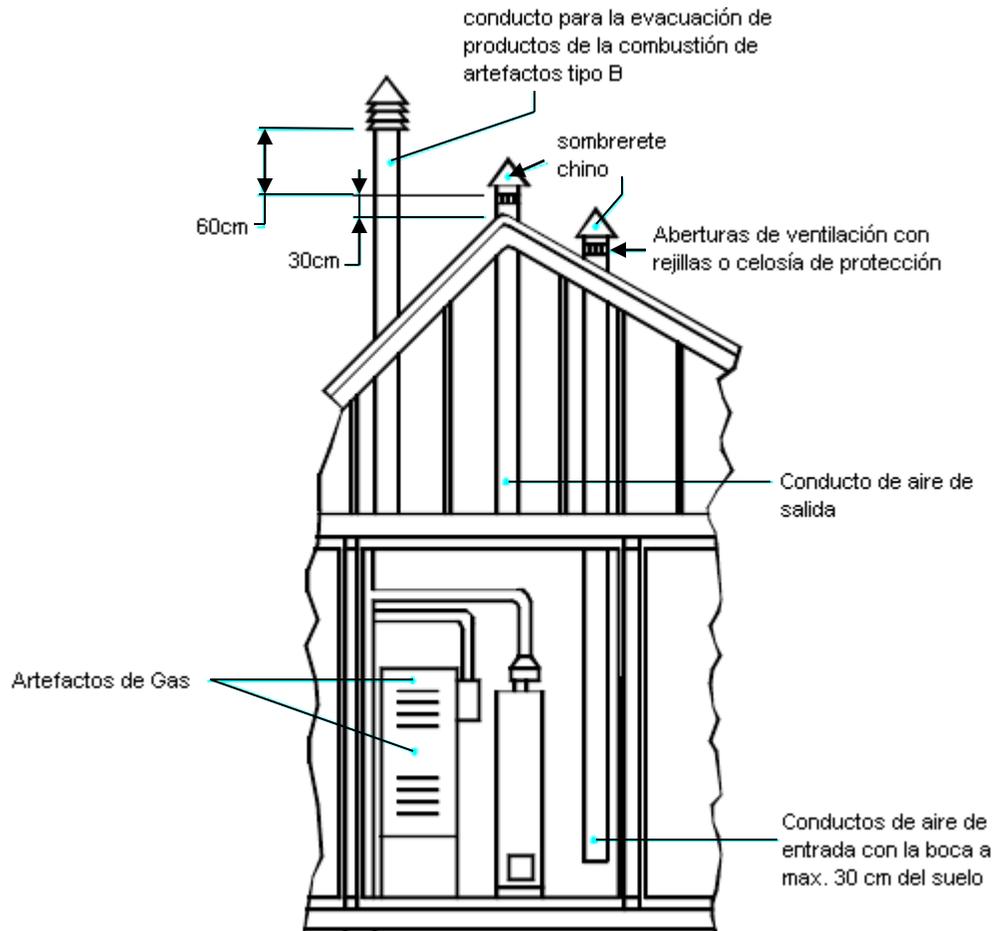
Para el cuarto tramo  $A = 12667.7 \text{ mm}^2 * 4 = 50670.8 * 0.76 = 38509.81 \text{ mm}^2 \Rightarrow$

$$D = \sqrt{38509.81 * 4 / \pi} = 221.43 \text{ mm} = 8.72" \approx \mathbf{9"}$$

**3.3.6 Distancia entre ductos.** En el evento de encontrarse ductos de ventilación y ductos de evacuación en un mismo lugar, se deben guardar distancias prudentes que impidan la infiltración de los productos de combustión a través de los ductos de ventilación y ductos de aspiración de artefactos tipo C.

Los ductos destinados a infiltración de aire para ventilación de un espacio confinado ó los destinados a la toma de aire de un artefacto tipo C, deben sobresalir al menos 30 cm del techo; la salida de monóxido de los artefactos tipo C deben instalarse 30 cm por encima de éstos y los ductos de evacuación de artefactos tipo B 60 cm por encima de cualquiera de los anteriores presentes en el área cercana.

**Figura 21. Distancia mínima entre ductos**



También es de anotar que las bocatomas de aire que funcionan por tiro natural (rejillas y ductos de ventilación) requieren mayor distanciamiento con respecto a extremos terminales para ductos de evacuación, que las bocatomas inducidas por un sistema mecánico.

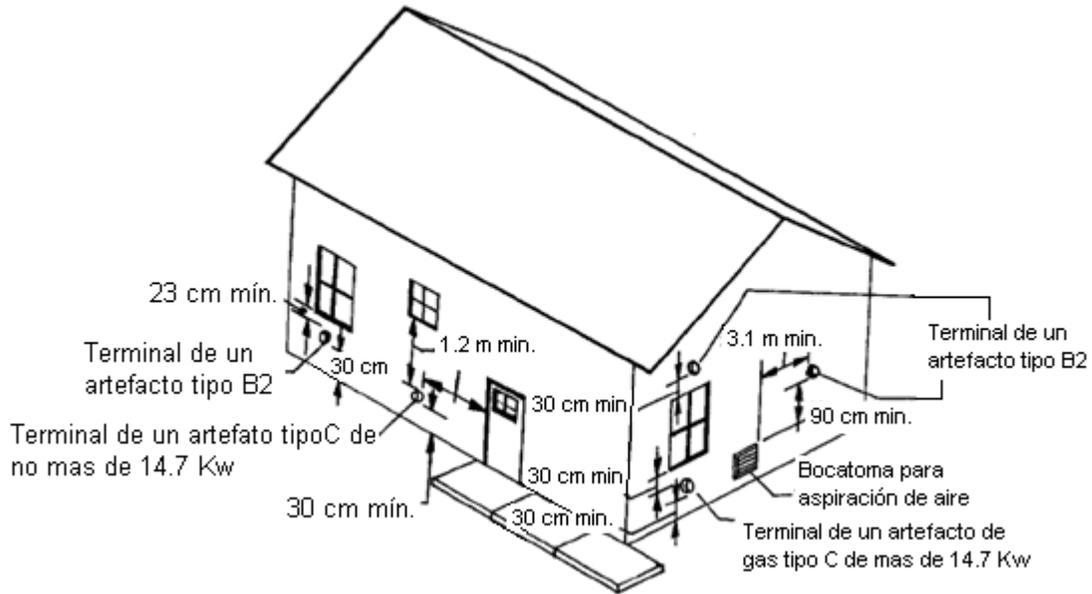
**3.3.7 Ubicación de los extremos terminales para sistemas de evacuación de artefactos tipo B2 y tipo C.** Se debe tener en cuenta que el gas viciado producto de la combustión es aire caliente, una vez fuera del ducto tiende a subir.

Cuando el ducto de evacuación de uno de estos artefactos descargue directamente en paso peatonales, se debe instalar a una distancia mínima de 2.1 m, sobre el nivel del suelo.

El distanciamiento con respecto a una ventana ó puerta, hacia abajo y en sentido horizontal debe ser igual ó superior a 1.2 metros; si se encuentra por encima de éstas la distancia mínima son 30 cm.

Cuando existe una abertura destinada a la aspiración de aire en un radio hasta de 3.1m a la redonda, el extremo de evacuación debe ubicarse como mínimo 90 cm por encima. Excepto cuando se trata de la bocanoma de un artefacto tipo C.

**Figura 22. Extremos terminales para sistemas de evacuación forzada**



*Nota: según la resolución 1509 del 05 de Junio de 2009, los calentadores de paso tipo A (5.5 litros/minuto) instalados en un recinto interior a más de 2000 m.a.s.n.m. requieren también ducto de evacuación (avalado por el fabricante del artefacto).*

*Se considera recinto exterior un patio, azotea, fachada ó similar que tenga una abertura permanente de al menos 2m<sup>2</sup> que comunique directamente hacia la atmósfera.*

### **3.4 LOCALIZACIÓN DE LOS GASODOMÉSTICOS**

Los gasodomésticos se deben instalar en sitios donde no representen ningún tipo de riesgo hacia las personas y sus bienes; retirado de materiales combustibles, en un sitio debidamente ventilado y con una válvula de cierre rápido de fácil acceso.

No debe exponerse a corrientes de aire que pueda intervenir con su buen funcionamiento. Si existen dos o más gasodomésticos en un mismo recinto, se deben conservar distancias prudentes para que el gas viciado del uno, no afecte el funcionamiento del otro.

**3.4.1 Localización de Artefactos tipo A.** Deben instalarse en lugares donde se permita la circulación de aire a su alrededor, para combustión, dilución y renovación; a una altura que permita su fácil manipulación, inspección, reparación y mantenimiento.

En el caso de los calentadores de acumulación, éstos deben estar a nivel de piso ó sobre una base estable completamente resistente a sus cargas estática y dinámica; el más pequeño es de 10 galones, lo que representa aproximadamente 38 kg de agua sin incluir su propio peso.

Pueden instalarse en cualquier lugar no confinado interior distinto a dormitorios, baños, sótanos y otros lugares donde se pueda generar acumulación de Gases.

**3.4.2 Localización de Artefactos tipo B.** Independiente del cumplimiento de la ventilación, no es correcto instalar calentadores que funcionen con GLP en garajes, sótanos o construcciones similares a bajo nivel.

No es permitido instalarlos en dormitorios, baños, closets, armarios y similares ubicados al interior de la vivienda. En caso de encontrarse en el exterior, dentro de un compartimiento que lo proteja de los agentes climáticos, éste debe construirse en material incombustible y permitir su correcta circulación de aire.

Cuando existe puerta para tal compartimiento, la válvula de cierre se ubica fuera del compartimiento.

Pueden instalarse artefactos tipo B en garajes, previo cumplimiento de los requisitos de ventilación y protección contra daño mecánico.

**3.4.3 Localización de Artefactos tipo C.** Por ser artefactos con circuito de combustión sellada comunicado directamente a la atmósfera exterior; son los únicos que se pueden instalar en cualquier sitio de la vivienda, excepto dormitorios clasificados como espacio confinado.

Si funcionan con GLP no se deben instalar en sitios donde una posible fuga permita la acumulación del mismo.

## 4. CONDICIONES GENERALES DE UNA RED INTERNA

para efectos de éste capítulo vamos a hacer referencia sobre aquellas viviendas típicas de uno y dos pisos; donde generalmente se construyen redes con regulación en una sola etapa.

De todos modos los requisitos para el trazado, se darán a conocer en forma general (para cualquier tipo de instalación); basados en la NTC 2505, otras normas y resoluciones complementarias.

Casos donde el consumo y/o las distancias son grandes, puede requerirse dos etapas en la regulación; por lo tanto su diseño será semejante a los sistemas de tuberías contemplados dentro del capítulo 5 (viviendas multifamiliares).

### 4.1 ACOMETIDA Y CENTRO DE MEDICIÓN:

La acometida ó línea de servicio es el conjunto de tuberías y accesorios que inician en la línea secundaria o fuente de abastecimiento (puede ser directamente desde un tanque) y llegan al centro de medición, regulador de única etapa ó simplemente hasta el paramento de la vivienda (caso de algunas instalaciones con GLP).

No es correcto la instalación de tuberías metálicas por tierra, a menos que se encuentren totalmente aisladas, ya sea por medio de un conducto plástico ó un recubrimiento de mortero en todo su alrededor, mínimo 2 cm de espesor.

En la práctica se ha comprobado que pese al recubrimiento, aislamiento ó aplicación de anticorrosivo, la tubería de acero sufre deterioro cuando se instala bajo tierra.

*Nota: Aunque el término acometida también es aplicable a instalación de tuberías internas, en las redes para gas generalmente hace mención a la línea de servicio externa.*

**4.1.1 Acometidas sin anillo de distribución.** Existen viviendas con condiciones ideales como para no instalar la pipeta dentro de la vivienda (casas campestres), donde se instala un cilindro en la parte exterior; de allí se hace una acometida enterrada hasta el paramento de la vivienda ó cocina.

Como la conexión va directa desde la fuente de suministro (pipeta; no se hace anillo de distribución.

**4.1.2 Acometidas con anillo de distribución.** El anillo de distribución se hace cuando la línea primaria es fuente de abastecimiento para un grupo de viviendas; independiente del tipo de gas, lo más recomendable es utilizar tubería de polietileno enterrado, tanto para el anillo como para la acometida.

La acometida inicia en la tee de derivación (donde se une al anillo de distribución) y termina en un elevador (elemento metálico encargado de la transición entre tubería plástica y el sistema roscado); conjunto ó seguido de éste se debe dotar una válvula de corte que en determinado momento impida la entrada de gas a la vivienda.

Seguido de la llave de corte, se instala el regulador de única etapa que se encarga de disminuir la presión de distribución y mantenerla estable (hasta 23 mbar para Gas Natural y 35 mbar para GLP aproximadamente).

Los anillos de distribución para Gas natural en Colombia regularmente manejan 4.14 bares (60 PSI) y el GLP no debe exceder 14,5 PSI. Bajo ciertas condiciones especiales (agentes externos como temperatura ambiente) establecidas en la NTC 3838 puede incrementarse hasta 20.3 PSI.

**4.1.3 Ubicación del centro de medición.** Se debe ubicar en la parte exterior de la edificación, en un nicho ó espacio que lo proteja de cualquier daño mecánico, de la corrosión; donde sea fácil su lectura, reparación, mantenimiento; donde no exista el peligro de fuentes de ignición cercanas.

Los Centros de medición deben ubicarse a una distancia igual o mayor a 5cm, medidos en forma ascendente sobre el nivel del suelo; para el caso de redes alimentadas con GLP, el centro de medición no se debe instalar en sótanos, parqueaderos o recintos a bajo nivel, puesto que éste Gas es mas denso que el aire y en el evento de un escape ó descarga en el venteo del regulador, se puede acumular de manera altamente peligrosa.

4.1.3.1 Condiciones del medidor. El medidor puede ser fabricado y capacitado solo para uno ó para los dos tipos de Gas.

Dado que los medidores son designados por medio de ensayos con aire, para escoger el medidor adecuado, se tiene en cuenta el caudal calculado y se aplica una corrección de Caudal, usando la fórmula de Graham.

$$Q_{aire} = Q_{gas} * \sqrt{G_{gas}}$$

Por ejemplo si necesitamos un caudal de 2.7 m<sup>3</sup>/h en una red de Gas natural con densidad relativa 0.67:  $Q_{aire} = Q_{2.7m^3/h} * \sqrt{0.67}$        $Q_{aire} = 2.21$

La designación del medidor sería G 1.6, ya que en la tabla encontramos una capacidad de 2.5 m<sup>3</sup>/h.

**Tabla 2. Designación de medidores**

MEDIDOR	Q max	Q min
G 0,6	1,0	0,016
G 1	1,6	0,016
G 1,6	2,5	0,016
G 2,5	4,0	0,025
G 4	6,0	0,040
G 6	10	0,060
G 10	16	0,100
G 16	25	0,160
G 25	40	0,250
G 40	65	0,400
G 65	100	0,650
G 100	160	1,000

(Tabla 1 NTC 2728)

El caudal de entrada requerida debe encontrarse impresa en un lugar visible y su mecanismo debe estar sellado de tal manera que impida la alteración del mismo. En este tipo de instalaciones normalmente se usa un medidor cuyo caudal de operación sea 1.6 ó 2.5 m<sup>3</sup>/h.

Al momento de instalarse, el medidor debe quedar nivelado y aislado del contacto con cemento, metal ú otros agentes que puedan causar su deterioro.

4.1.3.2 Condiciones del regulador. Lo ideal en una instalación para Gas, es dotar el centro de medición con un regulador cuyo mecanismo aliviado permita la liberación de sobrepresiones del fluido a través de un orificio de venteo; obviamente debido a éste fenómeno (liberación de Gas) la ventilación del lugar donde está ubicado, entra a jugar un papel muy importante en cuanto a la seguridad.

Cuando se trata de instalaciones domésticas abastecidas con GLP desde el mismo interior de la vivienda, el regulador debe ser completamente hermético, sin mecanismo de venteo (al igual que cualquier red para gas) que pueda ocasionar la acumulación peligrosa de gas combustible al interior de la vivienda.

Si se hace necesario instalar un regulador al interior de la vivienda, éste debe contar con la tubería de conducción al exterior (en un lugar seguro) conectada directamente en el venteo.

El regulador debe operar dentro de los rangos de caudal y presión que especifique el fabricante. De lo contrario la presión y caudal de salida van a estar fuera de rango.

## **4.2 TRAZADO DE LA RED INTERNA**

El trazado de la red interna en ningún momento puede afectar elementos estructurales, si va a atravesar juntas de dilatación debe enrollarse (forma de espiral) de tal manera que absorba el esfuerzo causado por el movimiento de la edificación.

No debe pasar a través de conductos donde se alojen otros servicios; en todo momento las líneas de gas deben ser individuales, no es correcto acoplarse a otro sistema de gas diferente al suministrado.

El trazado de las líneas de gas no deben atravesar baños, dormitorios, ni recintos sin ventilación, a menos que el tramo sea continuo (sin uniones); de lo contrario debe alojarse dentro de un conducto hermético en ese tramo. Se exceptúa de éste requisito la conexión y válvula de corte de los artefactos tipo C.

La distancia mínima sin aislamiento para cruce con otros servicios es de 1cm; en recorridos paralelos es de 3cm y cuando sea una conducción caliente, la distancia mínima es 5cm.

**4.2.1 Red a la vista.** Pueden instalarse a cualquier altura siempre y cuando se apoyen en elementos firmes (vigas, columnas, muros de ladrillo, entre otros) de la vivienda, aislados de compuestos químicos fuertes y aislados de otros servicios.

En caso de encontrarse en zonas donde se expongan a daño mecánico (aplastamiento, perforación, estrangulamiento) es necesario protegerlas con una coraza capaz de resistir el impacto al cual está expuesta (tubería corrugada, canaleta, moldura, entre otras). En caso de instalarse en garajes, la coraza debe ser de metal rígido.

**4.2.1.1 Tuberías metálicas.** El metal suele ser sensible a la corrosión y conducir electricidad, por eso es necesario protegerlas ó aislarlas de otros metales, otros servicios y compuestos que pongan en riesgo la seguridad del sistema.

Si se realizan modificaciones en una red existente, se puede hacer la transición a otro material distinto, solo se evita el par galvánico que se produce por el contacto entre cobre y acero galvanizado.

Las tuberías de metal rígido a baja altura o en sitios donde pueda sufrir golpes, no requiere coraza (las tuberías de flexibles si lo requieren), a menos que la pared contenga cal, yeso u otro compuesto similar.

4.2.1.2 Tuberías plásticas. Son mucho mas resistentes a la corrosión, no requieren tanto cuidado ante la humedad y otros agentes oxidantes que afectan gravemente a las tuberías metálicas; por ésta razón las tuberías de Pe/Al/Pe se pueden enterrar.

La alta temperatura las puede afectar gravemente, por eso se debe evitar la exposición directa (también a través de vidrios) a los rayos solares y otros factores de alta temperatura.

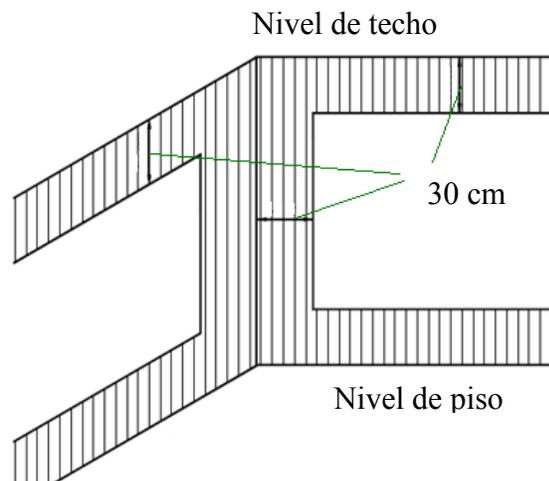
4.2.1.3 Tubería por cielo raso. Se puede instalar siempre y cuando el espacio cuente con aberturas de ventilación comunicadas directamente al exterior. El área en  $cm^2$  de las aberturas debe ser igual o mayor a 10 veces el área de la superficie en planta (del cielo raso) expresada en  $m^2$ .

Si las uniones son del tipo soldado ó el tramo es continuo, las anteriores condiciones de ventilación se pueden obviar.

Es importante tener en cuenta que si el Gas suministrado es GLP, éste es mas denso que el aire y en caso de un escape puede infiltrarse en la vivienda a través de las ranuras que puedan existir en el cielo raso; resulta mas seguro instalarlas dentro de un conducto: hermético hacia el interior de la edificación y abierto hacia el exterior (que sobresalga una distancia prudente), donde pueda ser diluido hasta niveles seguros, en caso de un escape.

**4.2.2 Red empotrada ó embebida.** Es necesario que el trazado de una red oculta se haga a una distancia no mayor a 30 cm de los vértices de la vivienda. De cierta manera esta medida las protege de perforaciones que suelen hacerse con puntillas ó chazos y a la vez facilita su ubicación en modificaciones y reparaciones futuras.

**Figura 23. Red empotrada**



A las tuberías metálicas se les debe aplicar anticorrosivo, sobre todo en las roscas y las tuberías flexibles se les deben encamisar, sobre todo si se trata de acero corrugado ó aluminio puro. La capa de mortero recomendada es de 2cm de espesor como mínimo.

**4.2.3 Red en parqueaderos y recintos de bajo nivel.** Para el caso de parqueadero se debe considerar el riesgo de combinación de gases e ignición, además del daño mecánico al que están expuestas las tuberías; Los tramos hasta 1m de altura se deben proteger con coraza rígida ó en su defecto deben empotrarse.

En los recintos de bajo nivel es necesario instalar una válvula de corte en el exterior.

Una forma muy segura para atravesar instalaciones en parqueaderos es la tubería de polietileno enterrada y otra forma segura es la unión de tipo soldado.

El recinto debe contar con un área de ventilación en  $cm^2$  igual o mayor a 10 veces el área de la superficie en planta (del recinto) expresada en  $m^2$ . Siendo como mínimo de  $200cm^2$  cada abertura.

Si la ventilación se hace con ductos, la sección transversal será igual al área de ventilación calculada anteriormente, afectándola por un factor en función de la longitud de tubería; de la siguiente manera: entre 3 y 10m el factor es 1.5; entre 10.1 y 26m el factor es 2.0; entre 26 y 50m el factor es 2.5.

Ejemplo: calcular el área de ventilación necesaria (para rejilla y para ducto) en un recinto de bajo nivel, por donde atraviesa la red de Gas. Sus dimensiones son: 3 m de ancho \* 10 m de largo.

$$\text{Área del recinto} = 3m * 10 m = 30 m^2$$

$$\text{Área de ventilación} = 30 * 10 = 300 cm^2$$

$$\text{Área de ventilación para ducto} = 300 * 2.0 = 600 cm^2$$

$$\text{Diámetro del ducto} = \sqrt{\frac{A*4}{\pi}} = \sqrt{\frac{600*4}{\pi}} = 27.64 \text{ cm} \approx 11''$$

**4.2.3.1 Suministro de GLP.** . En caso de usar uniones mecánicas (con anillo de ajuste, bocín o rosca) en sótanos y recintos de bajo nivel, el tramo se debe instalar dentro de un conducto metálico abierto al menos por uno de sus extremos, que sobresalga en el exterior mínimo 3m de cualquier abertura de ventilación.

*Nota: en todo momento se deben tomar medidas de prevención teniendo en cuenta la densidad relativa e inflamabilidad del GLP.*

### 4.3 UBICACIÓN DE VÁLVULAS Y PUNTOS DE CONEXIÓN

Todo artefacto de gas debe tener una válvula de paso independiente; ubicada de fácil acceso, nunca por encima del área de influencia de la llama.

La válvula de paso se instala en el mismo recinto donde se encuentra el gasodoméstico, en su defecto se instala en un recinto adyacente muy cercano cuya comunicación carezca de puerta.

El punto de conexión se ubica detrás o a un lado del gasodoméstico, de tal manera que la manguera de conexión permita la movilidad del mismo; se tiene en cuenta el tipo de tubería, su resistencia a la temperatura y su posible contacto con cables eléctricos.

### 4.4 CAPACIDAD DE LA RED

La capacidad de la red es proporcional a la presión de trabajo, densidad relativa del gas, caudal de trabajo y diámetro interno de la tubería.

Cuando existen mas de dos artefactos se debe tener en cuenta que no todos van a operar al mismo tiempo y a su máxima potencia; la forma mas práctica de chequear la simultaneidad es sumando el caudal total de los dos artefactos de mayor consumo, más la mitad de los gasodomésticos restantes.  
 $Q = q_1 + q_2 + (q_3 + q_n/2)$  Expresión de Renouard.

Existen a nivel de Firmas constructoras unas tablas de fácil interpretación (Ver Anexo B) para determinar la longitud máxima de una instalación; teniendo en cuenta el Caudal, presión de salida del regulador y clase de tubería (diámetro interno).

**4.4.1 Gas Natural.** Para la tabulación se tuvo en cuenta: caída de presión 7.5 mbar (regulada a 23mbar y con una presión mínima final de 15.5 mbar). Densidad relativa en la tabulación 0,67. Expresión de Renouard.

**4.4.2 GLP.** Para la tabulación se tuvo en cuenta: caída de presión 10 mbar (35mbar-25mbar). Densidad relativa del Gas en la tabulación 1,6. Expresión de Renouard.

### 4.5 PRUEBA DE HERMETICIDAD

En el mismo instante que se termina de construir la red, se instala un tapón en cada salida de la red y se realiza una prueba que garantice su hermeticidad (después del tiempo de curado del sellante usado en las uniones).

La prueba consiste en inyectar aire o gas inerte en su interior con una presión mínima de 5 PSI y con un tiempo mínimo de 15 minutos, para instalaciones residenciales hasta 2 PSI, 30 PSI durante 1 hora para redes entre 2 - 5 PSI y 60 PSI durante una hora para instalaciones entre 5 – 20 PSI; durante éste tiempo la lectura del manómetro debe permanecer estable.

Se prohíbe el uso de agua, oxígeno o cualquier otro combustible para realizar la prueba.

La válvula de paso de cada gasodoméstico se debe operar durante la prueba, de modo se ensaye también su hermeticidad.

El manómetro (calibrado) usado para tal fin debe operarse entre un 25 y un 75% de su capacidad de lectura; preferiblemente manómetro con glicerina. En caso de prueba con resultado negativo, la fuga se detecta con agua jabonosa, se repara y se repite el proceso.

Cuando se hace una red durante la etapa constructiva de la vivienda o de manera muy anticipada a su puesta en servicio, es recomendable dejarla cargada de aire, con el fin de detectar posibles daños en el instante mismo que suceden.

Antes de la puesta en servicio de una red vieja, se debe realizar prueba de hermeticidad, independiente de haberla realizado antes.

## 5. INSTALACIÓN EN VIVIENDAS MULTIFAMILIARES

Como su nombre lo indica, las viviendas multifamiliares son aquellas destinadas al habitar de varias familias; por ejemplo un bloque de apartamentos.

Para efectos de éste capítulo, también se tendrán en cuenta las instalaciones en conjuntos residenciales realizados por constructoras, para familias de estratos altos donde los gasodomésticos instalados suelen ser varios y de mayor consumo.

En éstos tipos de instalaciones la regulación puede realizarse en una, dos ó tres etapas; dependiendo del consumo, longitud de la tubería y las condiciones arquitectónicas de la edificación.

Los diámetros utilizados para calcular deben ser los realmente usados, es decir los diámetros comerciales en el País.

**Tabla 3. Diámetros comerciales de tuberías para Gas**

TUBERÍA DE COBRE			
Diámetro Nominal PLG	Diámetro Exterior mm	Diámetro Interior (mm)	
		Tipo K	Tipo L
¼	9.53	7.75	8.00
3/8	12.70	10.21	10.92
½	15.88	13.39	13.84
5/8	19.05	16.56	16.92
¾	22.23	18.92	19.94
1	28.58	25.27	26.04
1 ¼	34.93	31.62	32.13
1 ½	41.28	37.62	38.23
2	53.98	49.76	50.42
2 ½	66.68	61.85	62.61

PE/AL/PE	
Diámetro Nominal PLG	Diámetro Interior mm
1/2	12
3/4	14

COBRE FLEXIBLE	
Diámetro Nominal PLG	Diámetro Interior mm
½	11
5/8	13.8

TUBERÍA DE ACERO SCH 40		
Diámetro Nominal PLG	Diámetro Exterior mm	Diámetro Interior mm
1/2	21.34	15.80
3/4	26.67	20.93
1	33.40	26.64
1 ¼	42.16	35.05
1 ½	48.26	40.89
2	60.33	52.50

TUBERÍA DE POLIETILENO		
Diámetro Nominal mm	Diámetro Exterior pulg	Diámetro Interior Mm
20	¾	15.4
25	¾	<b>20.4</b>
32	1	26.2
63	2	51.4
90	3	73.60
110	4	90.00
160	6	130.80
200	8	163.60

## 5.1 INSTALACIONES MULTIFAMILIARES PARA CONSTRUCTORAS

Las constructoras en nuestro país son empresas dedicadas a la construcción de viviendas en masa, que pueden ser para cualquier estrato. En los estratos bajos suelen construirse casas tipo donde las redes para gas son muy cortas y sencillas (no requieren diseño); por eso es importante tratar el tema para instalaciones en estratos altos, donde la comodidad y la estética entran a jugar un papel importante.

**5.1.1 Proyección del anillo de distribución.** En éste tipo de obras, además del agua, alcantarillado y la energía; suele planificarse la construcción de todo tipo de redes (televisión, teléfono, gas, entre otras) antes de terminar la obra; esto con el fin de no incomodar sus habitantes ni afectar la estética de las viviendas, vías y andenes dentro del conjunto residencial.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de ventajas que brinda el Polietileno enterrado, se recomienda su uso en la distribución exterior del fluido. Incluso en redes alimentadas con GLP, puesto que en determinado momento se puede hacer la conexión a la red de distribución urbana de Gas natural, donde solo se usa el polietileno para tal fin.

**5.1.2 Dimensionamiento. Método de Müller.** Cuando se trata de la distribución urbana de gas natural, son exclusivamente las gaseras, quienes se encargan de los cálculos y proyecciones de dicha red. Al interior de un conjunto si se debe hacer la estimación de diámetros.

La red de Gas natural opera a una presión mucho mas alta que la permitida para GLP (4.14 y 1.4 bar, respectivamente), por esta razón una red calculada para suministrar GLP puede abastecer sin problema en caso de cambiarse a Gas natural.

Si tuviéramos en cuenta el consumo de todos los gasodomésticos al mismo tiempo, el diámetro de la red tendría que ser muy grande; se sabe que todas las personas no tenemos los mismos hábitos y por ende la simultaneidad en el uso del fluido no es del 100%.

El caudal de diseño se consigue sumando el caudal total requerido en las viviendas que se van a alimentar, por un factor de simultaneidad proporcional al número de ellas.

Para conocer el caudal de cada artefacto, se divide la potencia en Kw entre 10.35; ó la potencia en BTU/h se divide en 35412; el resultado se da en  $m^3/h$ . Por ejemplo un calentador marca Classic de 5.5 lts/min tiene una potencia nominal de 10.34 Kw, se divide en la constante 10.35 y el resultado es un Caudal de  $1m^3/h$ .

A continuación se muestra el factor de demanda o de simultaneidad estimado con base en la experiencia; éste es el adoptado por las Empresas Públicas de Medellín (región con costumbres semejantes),sin embargo tiene semejanza a otros factores como el de Bogotá; por lo tanto se puede adoptar sin problema.

**Tabla 4. Factor de demanda o simultaneidad**

No. V	FD						
1	1.00	16	0.59	31	0.51	46	0.47
2	0.80	17	0.58	32	0.51	47	0.46
3	0.78	18	0.57	33	0.50	48	0.46
4	0.76	19	0.56	34	0.50	49	0.46
5	0.74	20	0.55	35	0.50	50	0.46
6	0.72	21	0.55	36	0.49	60	0.45
7	0.70	22	0.54	37	0.49	70	0.43
8	0.68	23	0.54	38	0.49	80	0.42
9	0.66	24	0.53	39	0.48	90	0.41
10	0.65	25	0.53	40	0.48	100	0.40
11	0.64	26	0.53	41	0.48	200	0.38
12	0.63	27	0.52	42	0.47	300	0.36
13	0.62	28	0.52	43	0.47	400	0.33
14	0.61	29	0.52	44	0.47	500	0.30
15	0.60	30	0.51	45	0.47	1000	0.26

Para efectos de cálculo se supone una pérdida por accesorios, equivalente a tramos de tubería. Se desprecia la caída de presión en válvulas, uniones y reducciones.

Long. Equiv. Por accesorio =  $\emptyset$ Tubería (en metros) \* Relación Long/Diámetro.

**Tabla 5. Longitud equivalente en accesorios**

ACCESORIO	RELACION LONGITUD/ DIAMETRO
Codo a 45°	14
Codo a 90°	30
Tee (con flujo a 90°)	60
Tee paso directo (180°)	20

Ejemplo: La longitud equivalente de un codo ½" a 90° de cobre rígido tipo L = 0.01384m \* 30 = 0.415 m.

En tuberías de polietileno inferiores a 1", no se usan codos; en diámetros superiores es muy eventual.

Para distribución a media presión se aplica la expresión de Müeller:

$$Pf = \langle Pi^2 - (Q * G^{0.425} / 4.61 * 10^{-5} * D^{2.725})^{1.74} * L \rangle^{0.5}$$

Donde:

$Pf$  = Presión absoluta al final del tramo en *mbar*

$Pi$  = Presión absoluta inicial en *mbar*

$Q$  = Caudal de diseño en  $m^3/h$

$G$  = Gravedad del Gas en relación al aire (0.67 GN, 1.7 GLP aprox.)

$D$  = Diámetro interno de la tubería en *mm*.

$L$  = Longitud total equivalente (tubería + accesorios) en *m*.

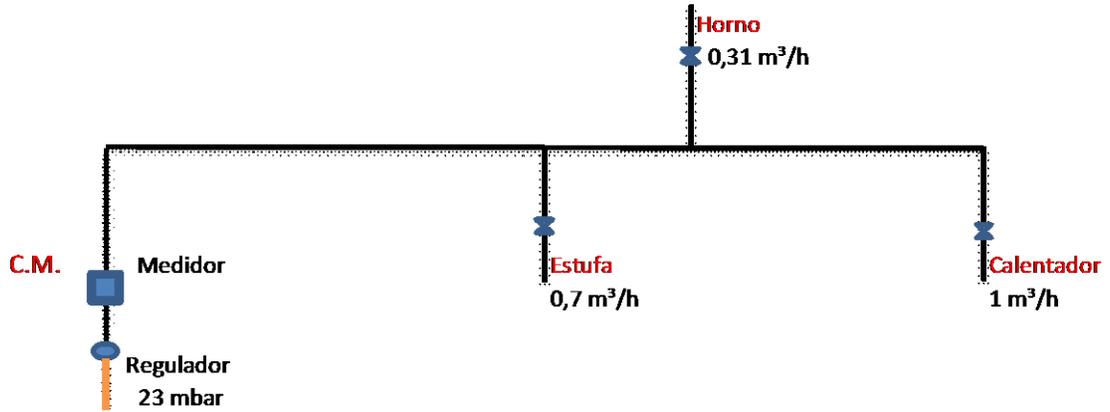
La presión absoluta, corresponde a la presión manométrica que se va a inyectar en la tubería, más la presión atmosférica local. 0.855 Bar (aproximados) para la ciudad de Armenia.

La presión máxima recomendada por la NTC 3838 es de 1Bar (14.5 PSI) para conducción de GLP ó 4.14 Bar (60 PSI) para Gas natural.

5.1.2.1 Ejemplo del método de Müeller. Supongamos un conjunto de 20 viviendas alimentadas con GLP, donde todos los usuarios tienen una estufa, un horno y un calentador.

Las potencias son las siguientes: estufa 7.25 Kw, horno 3.2 Kw, y calentador 10.34 Kw, dividiendo en 10.35 se consigue el caudal de cada gasodoméstico, como lo indica la figura.

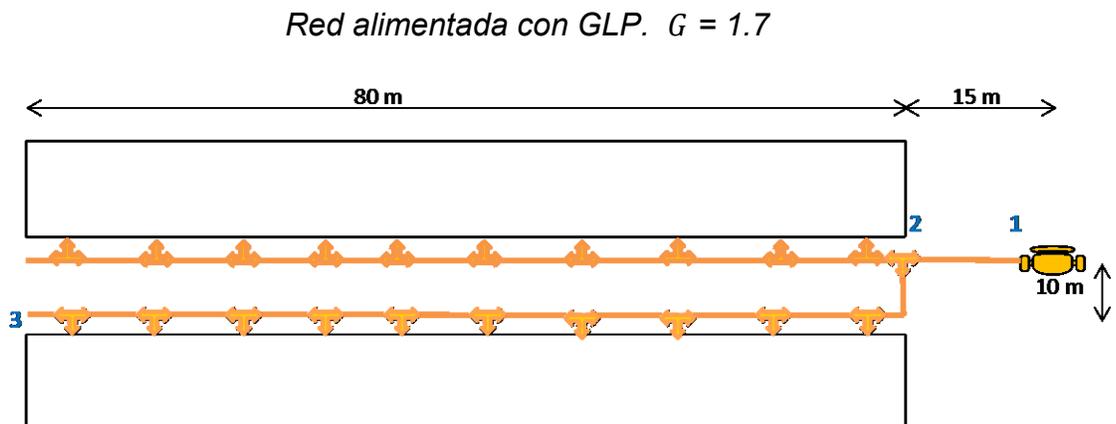
Figura 24. Esquema de una red interna a 3 puntos



En la red externa es una tarea bastante dispendiosa calcular la pérdida en cada tramo teniendo en cuenta que son 20 viviendas; resulta más práctico hallar el punto crítico (vivienda más alejada) y hacer el cálculo de pérdidas solo para ésta, si la presión del fluido es suficiente en la vivienda mas alejada, también lo será para todas las demás, teniendo en cuenta las tees que se encuentran a lo largo de la red (aunque en la mayoría de diseños en polietileno se obvian); además de la disminución en el caudal y cambio en el factor de demanda después de la primera tee.

En un principio el diámetro de la tubería se asume (teniendo en cuenta el diámetro interno comercial) y se chequea que la presión final permita la correcta operación del regulador (conociendo su presión de entrada requerida).

Figura 25. Trazado externo para conjunto de 20 viviendas (ejemplo GLP)



Para el primer tramo (1-2) de 15 metros, inicialmente asumimos un diámetro de  $\frac{3}{4}$ " (20.4 mm); el caudal total de cada vivienda es  $2.01 m^3/h$ . Se multiplica por 20 que

es el número de predios y por el factor de demanda ubicado en la tabla que sería 0.55. El resultado es el Caudal de diseño.

$$Q_d = 2.01 * 20 * 0.55 = 22.11 \text{ m}^3/h$$

Remplazando en la fórmula:

$$P_f = \langle 1855^2 - ((22.11 * 1.7^{0.425}) / (4.61 * 10^{-5} * 20.4^{2.725}))^{1.74} * 15 \rangle^{0.5}$$

$$P_f = 1826.45 \text{ mbar}$$

El segundo tramo (2-3) corresponde al encargado de llevar el fluido hasta la vivienda mas retirada, ubicada a 90 metros desde la tee de distribución.

En el recorrido hasta la última vivienda encontramos 9 tees con paso directo ( $9 * 0.0204 * 20 = 3.67$ ) y 2 con cambio de dirección ( $2 * 0.0204 * 60 = 2.45$ ), para un total de 6.12 metros de longitud equivalente en los accesorios. Por lo tanto la longitud total para aplicar en la fórmula es 96.12 metros.

El caudal de cada vivienda es  $2.01 \text{ m}^3/h$ . Se multiplica por 10 que es el número de predios (en el recorrido crítico) y por el factor de demanda ubicado en la tabla que sería 0.65.

La presión inicial en éste tramo, es la misma presión al final del tramo anterior.

$$Q_d = 2.01 * 10 * 0.65 = 13.07 \text{ m}^3/h$$

$$P_f = \langle 1826.45^2 - ((13.07 * 1.7^{0.425}) / (4.61 * 10^{-5} * 20.4^{2.725}))^{1.74} * 96.12 \rangle^{0.5}$$

$$P_f = 1751.07 \text{ mbar}$$

**Tabla 6. Resultado de cálculo en media presión**

TRAMO	LONGITUD Equiv. En Metros			vivienda No.	FD	Qt m3/h	Qd m3/h	DIAM. mm	P. inic. mbar	P. final mbar	H mbar
	Tubería	Acces.	Total								
1-2.	15	0	15	20	0,55	40,2	22,11	20,4	1855	1826,45	28,55
2-3.	90	6,12	96,12	10	0,65	20,1	13,07	20,4	1826,45	1751,07	75,38

La presión manométrica al final del tramo es igual a la presión absoluta final, menos la presión atmosférica local:  $1751.07 - 855 = 896.07 \text{ mbar}$  (13 PSI).

Por lo tanto para cada una de las viviendas puede usarse cualquier regulador cuyo rango en la presión de entrada admita éste valor. Como el Humcar R 4-6 que vemos en la siguiente figura, su presión de entrada (PE) es de 10 a 125 PSI.

**Figura 26. Regulador para GLP con presión ajustable**



Este regulador tiene un caudal de salida de  $3 \text{ m}^3/\text{h}$  y el caudal requerido en cada vivienda es de  $2.01 \text{ m}^3/\text{h}$ ; por tanto es adecuado para el sistema. Además éste regulador cuenta con un dispositivo que le permite manipular la presión de salida hasta 2.8 PSI; esto puede ser tenido en cuenta para el caso de regulación en dos etapas que veremos mas adelante.

Del ejercicio anterior podemos concluir que el diámetro de  $\frac{3}{4}$ " es más que suficiente para suministro con cualquiera de los dos gases, puesto que el Gas natural es mas liviano que el aire y por ende se desplaza con mayor facilidad (presenta menos pérdidas de carga). Si se quiere proyectar con cualquiera de los dos tipos de Gas, resulta mas conveniente usar reguladores y medidores diseñados para éste evento.

*Nota: en el procedimiento resumido, se calculó un solo tramo con la longitud y el caudal total de las 10 viviendas, aunque a medida que se avanza con el trazado el caudal requerido es menor; esto da garantía de la capacidad del sistema (a mayor caudal, mayores pérdidas); incluso se podrían hacer extensiones futuras sin afectar el correcto suministro.*

**5.1.3 Dimensionamiento por el método de Hardy Cross.** Cuando la red externa se cierra en cada manzana formando un sistema de mallas, se aplican procedimientos similares a los de un circuito eléctrico; puesto que al igual que la corriente eléctrica y el agua, el gas también es un fluido.

El método de Hardy Cross es un proceso iterativo (repetitivo) que hace uso de dos principios de Kirchhoff y para el cálculo de pérdidas se pueden usar las fórmulas de Hazen-Williams para Agua ó las de Müller para Gas.

Los dos principios determinantes en el sistema de mallas son:

- En un nodo donde no hay almacenamiento, la suma de las corrientes que entran es igual a la suma de las corrientes que salen.
- En un circuito cerrado la suma de las caídas de tensión es igual a cero.

En nuestro caso las corrientes serían sustituidas por los caudales y las caídas de tensión serían sustituidas por las caídas de presión.

Dada la complejidad del método, es muy recomendable crear una hoja de cálculo en Excel que facilite los resultados.

Los pasos para resolver el sistema de mallas son los siguientes:

- Se hace el trazado de la red con sus respectivas distancias, ubicando el punto de inyección con su respectivo caudal. Los diámetros de tubería también se asumen.
- Teniendo en cuenta la primera ley de Kirchhoff, se asumen los caudales salientes de cada nodo, incluyendo el caudal que será consumido ó entregado antes de llegar a él. Siguiendo el sentido de las agujas del reloj dentro de cada malla, se denominarán caudales positivos los que lleven ésta misma dirección; caso contrario serán caudales negativos.
- Analizando los tramos de cada malla “por separado” (en el sentido de las agujas del reloj), se hallan las pérdidas de presión por el método de Müller (sin contar derivaciones de acometidas); donde, la presión inicial de cada tramo será la misma presión final del tramo anterior.
- Con las caídas de presión, se hallan los deltas de Caudal que pueden ser negativos ó positivos; estos valores son sumados a los caudales iniciales para hallar un caudal corregido. En caso de tramos comunes entre dos mallas, el caudal para corrección será la diferencia entre los dos deltas de caudal implicados.
- Se deben hacer iteraciones hasta que los deltas de caudal sean muy próximos a cero; tomando como caudales iniciales, los caudales corregidos en la iteración anterior.

*Nota: si después de cinco iteraciones los resultados no se aproximan a cero, es porque existe algún error en las fórmulas; puede ser un signo, un diámetro muy pequeño o simplemente un error de digitación.*

Las fórmulas a usar son las siguientes:

$$\Delta Q = - \frac{\sum H}{n * \sum (\frac{H}{Q})}$$

Donde,

$\Delta Q$  = diferencia de caudal en m<sup>3</sup>/h

$H$  = diferencia de presión en mbar ( $P_i - P_f$ )

$Q$  = caudal inicial en m<sup>3</sup>/h

$n$  = constante procedente de la fórmula de Müeller equivalente a 1.7391  $\approx$  1.74

$$P_f = \langle P_i^2 - (Q * G^{0.425} / 4.61 * 10^{-5} * D^{2.725})^{1.74} * L \rangle^{0.5}$$

Donde,

$P_f$  = Presión final absoluta en mbar

$P_i$  = Presión inicial absoluta en mbar

$Q$  = Caudal en m<sup>3</sup>/h

$G$  = Densidad relativa del Gas (aire = 1)

$D$  = Diámetro interno de la tubería en mm

$L$  = Longitud total equivalente en metros (tubería + accesorios si los hay)

Vamos a ver un ejemplo de los datos iniciales necesarios para resolver un sistema de mallas en un conjunto de cuatro manzanas.

Tipo de Gas suministrado = Natural  $G = 0.67$

Presión de Inyección = 4 bares

Presión atmosférica local = 0.855 bares

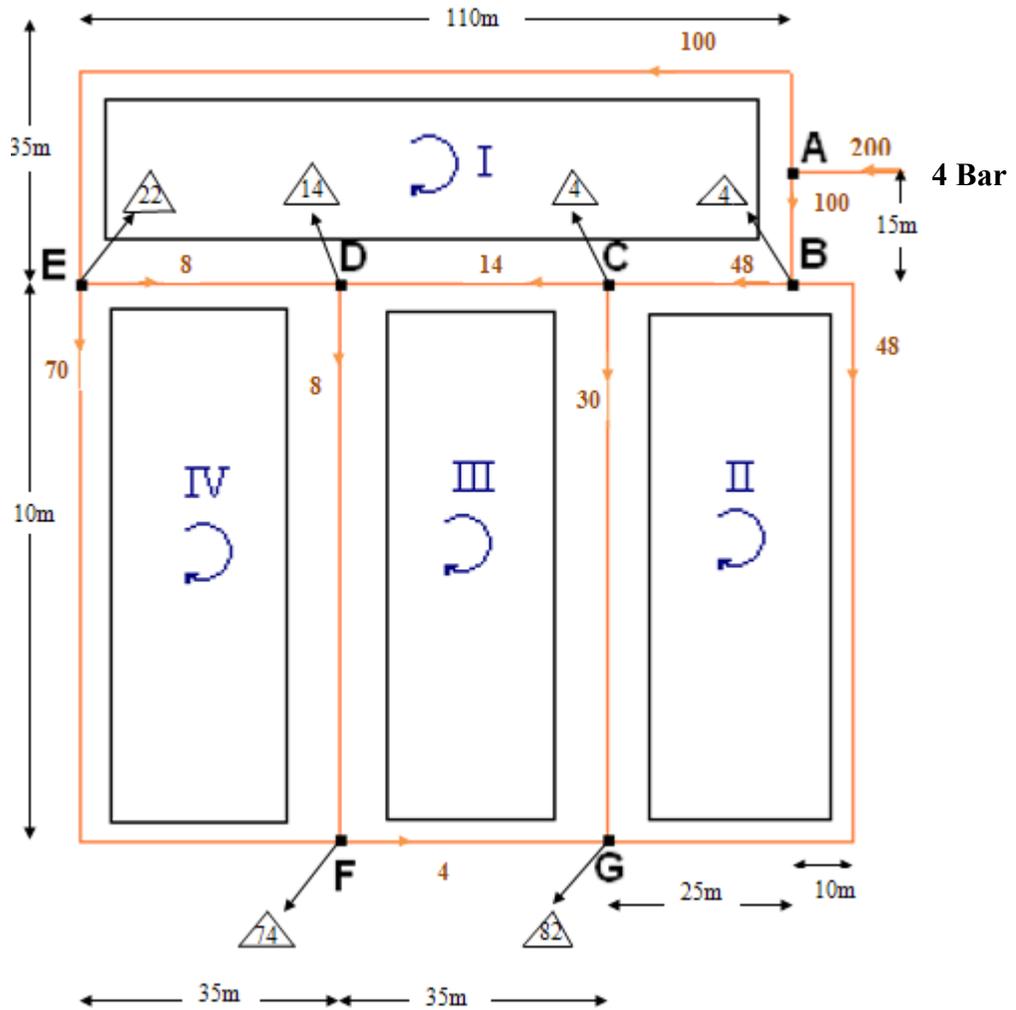
Material = Polietileno de  $\frac{3}{4}$ " (20.4 mm)

Caudal inicial (suficiente para abastecer el conjunto) = 200 m<sup>3</sup>/h

Nótese que los nodos se deben enumerar al igual que las mallas; se debe ubicar el punto de inyección; los valores encerrados son los caudales de entrega en cada nodo; los números color café indican el caudal que se desplaza entre nodos; las flechas color naranja indican el sentido asumido para dichos caudales.

Para asumir el valor y el sentido de los caudales, debemos chequear que la diferencia entre salidas y entradas sea igual a cero.

Figura 27. Trazado de una red en malla



Para una mayor comprensión del método de Hardy Cross, la solución a éste ejercicio se encuentra en el anexo D capítulo 9.

*Nota: algunos diseñadores usan la fórmula de Müller reemplazando el valor de  $4.61 \cdot 10^{-5}$  por 0.13 y  $H = P_i - P_f$  lo reemplazan por  $H = P_i^2 - P_f^2$ . Aunque las pérdidas son insignificantes, al final la corrección de caudales es similar.*

**5.1.4 Tanques de almacenamiento.** En aquellas urbanizaciones ó poblaciones a donde no llega aún el sistema de distribución por red (líneas de transmisión ó líneas primarias), se hace necesario el uso de Tanques de almacenamiento de GLP; básicamente son cilindros recargables cuyo tamaño varia dependiendo de las necesidades de los usuarios.

**Figura 28. Tanque de almacenamiento para 511 galones**



El recipiente debe contar con unos accesorios mínimos de seguridad como los siguientes:

- Válvula de llenado de doble sistema de cierre.
- Indicador de nivel máximo de llenado.
- Manómetro.
- Válvula de alivio ubicada en la zona de vapor.
- Válvula de drenaje ubicada en la parte inferior si el tanque se instala sobre la superficie ó en la parte superior si el tanque va a enterrarse.

Es frecuente encontrar multiválvulas con varios accesorios en conjunto.

**Figura 29. Multiválvula para tanque estacionario**



Para la fabricación de los recipientes el fabricante debe cumplir con el código ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos) y las especificaciones técnicas deben ser suministradas en una placa adherida al tanque.

**Figura 30. Placa de especificaciones en tanque de 511 galones**



**Figura 31. Distancias mínimas para tanques de almacenamiento**

Capacidad individual en galones (m <sup>3</sup> )	Distancias mínimas (véase el numeral 2.2.2 y la Figura 2.2.2)		
	Recipientes semienterrados o bajo tierra	Recipientes sobre el nivel del piso [Nota (d)]	Distancia entre recipientes.[Nota (c)]
Menos de 125 (0,5) [Nota (a)]	10 pies (3 m)	Ninguno	Ninguna
De 125 a 250 (0,5 a 1,0)	10 pies (3 m)	10 pies (3 m)	Ninguna
De 251 a 500 (1,0+ a 1,9)	10 pies (3 m)	10 pies (3 m)	3 pies (1 m)
De 501 a 2 000 (1,9+ a 7,6)	10 pies (3 m)	25 pies (7,6m) [Nota (b)]	3 pies (1m)
De 2 001 a 4 000 (7,6+ a 15,2)	25 pies (7,6 m)	25 pies (7,6 m)	3 pies (1 m)
De 4 001 a 30 000 (15,2+ a 114)	50 pies (15 m)	50 pies (15 m)	5 pies (1,5 m)
De 30 001 a 70 000 (114+ a 265)	50 pies (15 m)	75 pies (23 m)	(*)
De 70 001 a 90 000 (265+ a 341)	50 pies (15 m)	100 pies (30 m)	(*)
De 90 001 a 120 000 (341+ a 454)	50 pies (15 m)	125 pies (38 m)	(*)
De 120 001 a 200 000 (454+ a 757)		200 pies (61 m)	(*)
De 200 001 a 1 000 000 (757 a 3785)		300 pies (91 m)	(*)
Más de 1 000 000 (3 785)		400 pies (122 m)	(*)

(\*) 1/4 de la suma de los diámetros de los recipientes adyacentes.

**Notas:**

- a) En el lugar de consumo, si el valor agregado de la capacidad de una instalación compuesta por varios recipientes con capacidad individual inferior a 125 galones ( $0,5 \text{ m}^3$ ) es superior a 501 galones ( $1,9 \text{ m}^3$ ) o más, la distancia mínima debe cumplir con el valor correspondiente establecido en esta tabla, cuando se considere la capacidad agregada de GLP en lugar de la capacidad de agua por contenedor. En caso de que se presente más de una instalación de este tipo, cada instalación debe estar separada de las demás por lo menos 25 pies (7,6 m). En este tipo de instalaciones no se debe aplicar el criterio de la DISTANCIA MÍNIMA ENTRE RECIPIENTES.
- b) Esta distancia puede reducirse hasta una distancia de 10 pies (3 m) para un recipiente con una capacidad hasta 1200 galones ( $4,5 \text{ m}^3$ ) siempre y cuando el recipiente se encuentre a una distancia mínima de 25 pies (7,6 m) de cualquier otro recipiente de GLP que tenga una capacidad superior a 125 galones ( $0,5 \text{ m}^3$ ).
- c) En el caso de instalaciones compuestas por varios recipientes instalados bajo tierra con capacidad individual superior a 125 galones ( $0,5 \text{ m}^3$ ), los recipientes se deben instalar de tal manera que permitan el acceso en su contorno para facilitar el trabajo de las grúas o dispositivos de elevación.
- d) Con relación a la distancia entre edificios o construcciones y recipientes ASME con capacidades iguales o superiores a 125 galones ( $0,5 \text{ m}^3$ ) se debe aplicar el siguiente criterio: un valor mínimo igual al 50 % del indicado en la columna de la tabla debe ser la separación mínima entre la descarga de la válvula de alivio de presión y cualquier parte de la construcción o edificio que se proyecte por fuera de la pared en más de 5 pies (1,5 m) y ubicada por encima del nivel de la salida de descarga de la válvula de alivio. Esta distancia horizontal se debe medir a partir de un punto determinado por la proyección vertical del borde exterior de la estructura sobresaliente en el plano sobre el cual está instalado el recipiente (véase la Figura 2.2.2.d). En ningún caso la distancia hasta la pared del edificio debe ser inferior a la establecida en la tabla 2.2.2.

**Excepción:** la nota d no es aplicable a instalaciones en las cuales la estructura sobresaliente se encuentre a 50 pies (15 m) o más por encima del orificio de salida de descarga de la válvula de alivio.

(Tabla 2.2.2 NTC 3853-1)

Los tanques de almacenamiento pueden instalarse enterrados o sobre la superficie siguiendo el manual del fabricante; en su defecto las normas colombianas a tener en cuenta para el transporte e instalación de estos sistemas son la NTC 3853 y la NTC 3853-1.

Entre las medidas mínimas de seguridad se encuentra el distanciamiento a posibles fuentes de ignición, hermeticidad del sistema, ventilación constante, distancias a otros factores de riesgo como químicos corrosivos o inflamables, distanciamiento con respecto a la edificación (que es proporcional a la capacidad del tanque); entre otros aspectos preventivos.

Es posible que algunos tanques enterrados requieran de una bolsa de magnesio que reduzca la corrosión y de una línea a tierra; en éste último caso se debe hacer de manera independiente a cualquier otro sistema de aterrizaje.

5.1.4.1 Características del GLP. Se produce en estado gaseoso como resultado de la destilación del petróleo o eliminación de hidrocarburos condensables presentes en el Gas natural. Su componente principal es el Gas Propano; es más explosivo y pesado que el Gas Natural.

Se licua mediante compresión y enfriamiento, por eso al contacto con la piel puede producir quemaduras. Sometido a presión cambia a estado líquido pero al ser liberado vuelve a su estado gaseoso.

Dentro de los recipientes el GLP se presenta en estado líquido ubicado en la parte inferior y en vapor de Gas ubicado arriba; es por ésta razón que los accesorios se deben ubicar en la parte superior del tanque.

Densidad relativa en estado líquido = 0.5 – 0.6 (agua=1)  
 Densidad relativa en estado gaseoso = 1.5 - 1.9 (aire =1)  
 Poder calorífico = 2269 - 2836 BTU/pie<sup>3</sup> = 80000 - 100.000 BTU/m<sup>3</sup>  
 Relación Volumen (aprox.) = 34.57 pie<sup>3</sup>/gal = 0.98 m<sup>3</sup>/gal  
 Presión crítica = 591PSI  
 Temperatura crítica = 117.6 °C

5.1.4.2 Dimensionamiento y tiempo de recarga para tanques de GLP. Se tiene en cuenta las siguientes fórmulas:

$$DMH = dmv * FD * N$$

Donde,

*DMH* = Demanda Máxima Horaria en BTU/h (Caudal de diseño)  
*dmv* = demanda máxima por vivienda en BTU/h  
*FD* = Factor de Demanda ó Coincidencia  
*N* = Número de viviendas

$$H = D * L * C$$

Donde,

*H* = Vaporización del tanque en BTU/h  
*D* = Diámetro del tanque en pulg  
*L* = Longitud del tanque en pulg  
*C* = Factor de vaporización

$$CPD = \frac{BTU/día/Viv. * N}{BTU/pie^3 * pie^3/gal}$$

Donde,

*CPD* = Consumo Promedio Diario en gal/día

N = Número de viviendas

$$TR = \frac{(MLL - 0.3) * CT}{CPD}$$

Donde,

TR = Tiempo de Recarga en días

MLL = Máximo nivel de llenado en %

CT = Capacidad de los Tanques en galones

CPD = Consumo Promedio Diario en gal/día

Nota: tiempo de recarga debe ser igual ó superior a 20 días.

**Tabla 7. Factor de vaporización para GLP**

TEMPERATURA		FACTOR	TEMPERATURA		FACTOR
°F	°C		°F	°C	
70	21	235	15	-9	120
65	18	225	10	-12	110
60	<b>15</b>	<b>214</b>	5	-15	100
55	13	203	0	-18	90
50	10	193	-5	-20	80
45	7	182	-10	-23	70
40	4	172	-15	-26	59
35	2	162	-20	-29	48
30	-1	152	-25	-32	38
25	-4	142	-30	-34	28
20	-7	131	-35	-37	18

**Tabla 8. Nivel máximo de llenado del líquido en %  
Tanques superficiales de 0 a 1200 galones GE líquido**

Gravedad Espec		TEMPERATURA DEL LIQUIDO EN °C										
De	A	-29	-23	-18	-12	-7	-1	4	10	<b>15</b>	21	27
0,496	0,503	73	74	75	76	77	78	79	80	82	83	85
0,504	0,510	74	75	76	77	78	79	80	81	82	84	85
0,511	0,519	75	76	76	77	78	79	81	82	83	84	86
0,520	0,527	76	76	77	78	79	80	81	82	84	85	86
0,528	0,536	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	87
<b>0,537</b>	<b>0,544</b>	77	78	79	80	80	81	82	83	<b>85</b>	86	87
0,545	0,552	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	87
0,553	0,560	79	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
0,561	0,568	79	80	81	82	83	83	84	85	86	87	88
0,569	0,576	80	81	81	82	84	84	85	86	87	88	89
0,577	0,584	81	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89
0,585	0,592	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90

**Tabla 9. Nivel máximo de llenado del líquido en %  
Tanques superficiales mayores de 1200 galones GE líquido**

Gravedad Específica		TEMPERATURA DEL LIQUIDO EN °C										
De	A	-29	-23	-18	-12	-7	-1	4	10	15	21	27
0,496	0,503	78	79	80	81	82	83	85	86	88	89	91
0,504	0,510	79	80	81	82	83	84	86	87	88	90	91
0,511	0,519	80	81	82	83	84	85	86	87	89	90	92
0,520	0,527	81	82	82	83	85	86	87	88	89	91	92
0,528	0,536	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92
0,537	0,544	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93
0,545	0,552	83	84	84	85	86	87	88	90	91	92	93
0,553	0,560	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
0,561	0,568	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
0,569	0,576	85	86	86	87	88	89	90	91	92	93	94
0,577	0,584	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
0,585	0,592	86	87	88	88	89	90	91	92	93	94	95

**Tabla 10. Nivel máximo de llenado del líquido en %  
Tanques enterrados GE líquido**

Gravedad Específica		TEMPERATURA DEL LIQUIDO EN °C										
De	A	-29	-23	-18	-12	-7	-1	4	10	15	21	27
0,496	0,503	80	81	82	83	84	85	87	88	90	91	93
0,504	0,510	81	82	83	84	85	86	87	89	90	91	93
0,511	0,519	82	83	84	85	86	87	88	89	91	92	94
0,520	0,527	82	83	84	85	86	87	88	90	91	93	94
0,528	0,536	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94
0,537	0,544	84	85	85	86	88	89	90	91	92	93	95
0,545	0,552	84	85	86	87	88	89	90	91	92	94	95
0,553	0,560	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
0,561	0,568	86	87	87	88	89	90	91	92	93	94	96
0,569	0,576	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
0,577	0,584	87	88	89	90	90	91	92	93	94	95	96
0,585	0,592	88	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97

Ejemplo: tomando un conjunto de 20 viviendas con anillo de distribución para GLP y Tanque superficial; donde,

Demanda máxima horaria por vivienda = 2.01 m<sup>3</sup>/h = 71178 BTU/h

Consumo estimado por apartamento = 1.2 m<sup>3</sup>/día = 42494 BTU/día

Coefficiente de uso = 0.55

Capacidad del tanque = 511 galones

Temperatura estimada del líquido = 15 °C

Diámetro del tanque = 40.2 pulg  
Longitud del tanque = 92.2 pulg  
Gravedad Especifica según distribuidor = 0.54 (líquido)  
Poder calorífico estimado = 2823 BTU/pie<sup>3</sup>  
Relación Volumen = 34.57 pie<sup>3</sup>/gal

Los resultados serían los siguientes:

$$DMH = 71178 \text{ BTU/h} * 20 * 0.55 = 782958 \text{ BTU/h} (22.11 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$H = 40.2'' * 92.2'' * 214 = 793178.2 \text{ BTU/h} (\text{suficiente para cubrir DMH})$$

$$MLL = 85\% = 0.85 (\text{según tabla 8.})$$

$$CPD = \frac{42494 \text{ BTU/día/Viv} * 20}{2823 \text{ BTU/pie}^3 * 34.57 \text{ pie}^3/\text{gal}} = 8.71 \text{ gal/día}$$

$$TR = \frac{(0.85 - 0.3) * 511 \text{ gal}}{8.71 \text{ gal}} = 32.27 \approx 32 \text{ días}$$

**5.1.5 Ubicación del centro de medición.** Teniendo en cuenta las distancias prudentes con respecto a otros servicios y cualquier agente físico ó químico que pueda afectar la seguridad de las personas y sus bienes; el centro de medición se puede ubicar en cualquier parte exterior de la vivienda donde se facilite su lectura, inspección y mantenimiento.

Si se instala en alguna especie de parqueadero exterior, es mejor empotrarlo en la pared; en su defecto se debe construir una protección en concreto ó acero alrededor del mismo.

La altura mínima del centro de medición con respecto al nivel del suelo es de 5 cm. Para redes alimentadas con GLP, no es correcto instalar el centro de medición en sótanos u otros recintos a bajo nivel, que permitan la acumulación de Gas.

**5.1.6 Trazado de la red interna.** Para el caso de instalaciones en constructoras, lo más recomendable y usual es el uso de acero ó cobre rígido empotrado; por un lado el hecho de ir empotrado brinda estética y por otro lado una red ubicada en una vivienda que apenas se encuentra en su etapa constructiva, está expuesta a un sinnúmero de golpes que podrían afectarla en caso que fuera tubería flexible. Aunque esto no quiere decir que se impida el uso de otra clase de material para éste tipo de instalaciones, cabe resaltar la cultura de algunos obreros de construcción que aplastan o perforan tuberías de gas a propósito para darle paso a otras redes o elementos de la construcción.

Aunque la NTC sólo habla de la distancia mínima de 30 cm con respecto a los vértices, para tuberías ocultas en las paredes; en el piso se encuentran redes de acueducto, eléctricas y desagües con sus respectivas cajas de inspección, que pueden pasar por cualquier lugar, en cualquier dirección; por lo tanto resulta más prudente manejar el mismo criterio y ubicarla en la cercanía de los vértices.

Imaginemos por ejemplo que después de un tiempo, por efecto de un temblor se debe inspeccionar una red interna empotrada (con un detector de gas) y no se encuentran planos; imaginemos también que se detecta una fuga en una red que atraviesa por el centro de una sala con piso en parqué, grano pulido ó cerámica importada. En todos estos casos resulta menos traumático hacer una reparación en un rincón de la sala donde puede ocultarse el respectivo remiendo hasta con los mismos muebles.

5.1.6.1 Cálculo de pérdidas. Aunque por lo general son instalaciones en una sola etapa, debe considerarse el alto consumo y garantizar el adecuado suministro de gas combustible. Mientras en una vivienda de menor estrato se encuentran artefactos de bajo consumo, en una sola vivienda de estrato alto puede existir una estufa de cuatro quemadores, un horno, una secadora de ropa, un calentador de paso y otros artefactos de consumo comparable.

Vamos a ilustrar un ejemplo del cálculo que se debe hacer para escoger la dimensión de la tubería, utilizando la expresión de Pole y la expresión de Renouard.

5.1.6.2 La expresión de Pole. Supone las pérdidas por accesorios, remplazándolos por una longitud equivalente a tramo de tubería, con la misma relación longitud/diámetro usada para la expresión de Müeller.

**Tabla 11. Coeficiente para expresión de Pole**

DIAMETRO EN PULGADAS	COEFICIENTE
3/8 – 1/2	1.65
3/4 - 1	1.80
1 1/4 - 1 1/2	1.98
2	2.16
3	2.34
4	2.42

La expresión de Pole es la siguiente:  $H = L[Q/(0.00304 * C)]^2 G/\phi^5$  Donde:

Q= Caudal en  $m^3/h$

$\phi$  = Diámetro en  $mm$ .

G = Gravedad específica del Gas

H = Perdida de carga en  $mbar$

L = Longitud total equivalente de la red en metros  
C = Factor en función del Diámetro

Lo primero que se debe hacer es un plano de la instalación con sus respectivas longitudes y enumerando el número de accesorios, para lo cual se recomienda crear una tabla adicional, donde se realice la operación por la relación longitud/diámetro.

La pérdida estimada en el medidor es de 2.2 mbar. Por lo tanto, la presión de entrada del primer tramo es la diferencia entre la presión de salida del regulador y la pérdida estimada en el medidor.

El primer tramo comprende la tubería y accesorios desde la salida del medidor hasta la tee de la primera derivación.

El tramo final comprende la tubería y accesorios desde la última tee de derivación hasta el aparato más alejado.

Los tramos intermedios comprenden la tubería y accesorios existentes entre las tees de derivación.

Los tramos comprendidos entre la tee de derivación y el artefacto también se tienen en cuenta para el cálculo de pérdidas.

Lo que se pretende es examinar la presión de salida en cada una de las conexiones de los gasodomésticos. Se procura suministrar la presión de servicio recomendada por el fabricante  $\geq 15.5$  mbar (regularmente).

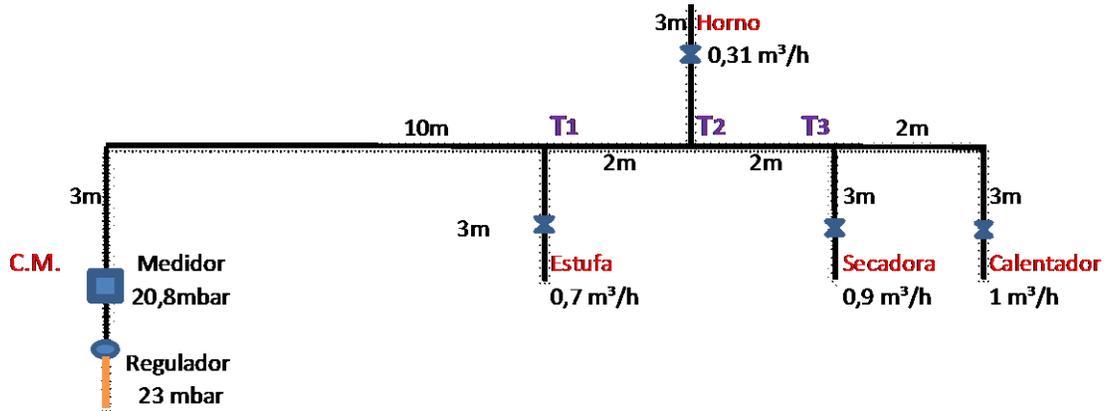
En este tipo de instalaciones donde seguramente no van a trabajar todos los artefactos a la vez (a toda potencia), se recomienda afectar el caudal total (en el primer tramo) por un factor de simultaneidad prudente que evite el sobre costo por dimensiones superiores; puede ser 80%.

Resulta más práctico crear una hoja de cálculo organizada donde se halle la pérdida para cada tramo, teniendo en cuenta la densidad relativa del Gas (0.67 aprox. Para Gas natural, 1.7 aprox. Para GLP) en la región, el caudal requerido en la entrada, la longitud de la tubería y la longitud equivalente de los accesorios (en metros de tubería).

En dicha hoja de cálculo se insertan las fórmulas de tal manera que con solo escribir los datos de cada tramo (como diámetro, longitud, caudal, gravedad del gas, presión inicial) en determinada celdas, automáticamente los resultados aparezcan en otras.

A continuación se ilustrará un ejemplo para una red alimentada con Gas natural.

Figura 32. Esquema de red interna a 4 puntos



Inicialmente se debe asumir el diámetro de la tubería para el tramo CM - T1; si al aplicar la fórmula el resultado en alguno de los tramos es una presión de salida inferior a 15.5mbar; se debe cambiar la dimensión del tramo por uno mayor.

Se asume el diámetro comercial (columna No. 2) para toda la red en tubería de cobre 1/2" tipo L (13.84 mm).

Se aplica la fórmula de Pole

$$H = L[Q/(0.00304 * C)]^2 G/\phi^5$$

Como el resultado en la Presión final (columna No. 13) de algunos tramos no es el esperado, se aumenta la dimensión en el primero, cambiando por la tubería comercial inmediatamente mayor 3/4" (19.94 mm). Al aumentar el diámetro, también se altera el Coeficiente C en el tramo.

Figura 33. Expresión de Pole (H) en Excel

fx =(C4+D4+E4+F4+G4)\*(H4/(0,00304\*1,65))^2\*0,67/B4^5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	TRAMO	DIA	LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE				Q	H	H	H acm	P. i	P. f	
2		mm	Tub.	Co 90°	Co 45°	tee 90°	tee 180°	m3/h	mbar	%	%	mbar	mbar
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	CM-T1	13,84	13,0	0,83	0,00	0,00	0,00	2,33	3,94	18,93	18,93	20,80	16,86
5	T1-Estufa	13,84	3,0	0,83	0,00	0,83	0,00	0,70	0,12	0,71	19,64	16,86	16,74
6	T1-T2	13,84	2,0	0,00	0,39	0,00	0,28	2,21	0,68	4,05	22,98	16,86	16,18
7	T2-Horno	13,84	3,0	0,83	0,00	0,83	0,00	0,31	0,02	0,15	23,12	16,18	16,03
8	T2-T3	13,84	2,0	0,00	0,39	0,00	0,28	1,90	0,50	3,12	26,09	16,18	13,06
9	T3-Secad	13,84	3,0	0,83	0,00	0,83	0,00	0,90	0,20	1,52	27,61	13,06	12,86
10	T3-Calent	13,84	5,0	1,25	0,00	0,00	0,28	1,00	0,34	2,62	28,71	13,06	12,72

SUMA  $= (C4+D4+E4+F4+G4)*(H4/(0,00304*1,8))^2*0,67/B4^5$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	TRAMO	DIAM.	LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE				CAUDAL	H	H	H acum.	P. inic.	P. final	
2		mm	Tub. m	Codos 90°	Codos 45°	tee 90°	tee 180°	m3/h	mbar	%	%	mbar	mbar
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	CM-T1	19,94	13,00	1,20	0,00	0,00	0,00	2,33	7/B4^5	2,63	2,63	20,80	20,25
5	T1-Estuf	13,84	3,00	0,83	0,00	0,83	0,00	0,70	0,12	0,59	3,22	20,25	20,13
6	T1-T2	13,84	2,00	0,00	0,39	0,00	0,28	2,21	0,68	3,37	6,00	20,25	19,57
7	T2-Horn	13,84	3,00	0,83	0,00	0,83	0,00	0,31	0,02	0,12	6,12	19,57	19,45
8	T2-T3	13,84	2,00	0,00	0,39	0,00	0,28	1,90	0,50	2,58	8,58	19,57	16,99
9	T3-Seca	13,84	3,00	0,83	0,00	0,83	0,00	0,90	0,20	1,17	9,74	16,99	16,80
10	T3-Cale	13,84	5,00	1,25	0,00	0,00	0,28	1,00	0,34	2,01	10,59	16,99	16,65

Si el resultado en la presión final de cada tramo es igual o mayor a la presión de servicio requerida, el cálculo es aceptable.

Además de la tabla anterior se puede crear una complementaria en la misma hoja, donde se halle la pérdida de los accesorios; manejando diámetros en metros.

**Figura 34. Expresión de Pole pérdida en accesorios**

$=B14*C14*30$

	tramo	Diam	codo 90° (30)	perdida	codo 45° (14)	perdida	tee 90° (60)	perdida	tee 180° (20)	perdida
14	CM-T1	0,0199	2	1,19	0	0,00	0	0,00	0	0,00
15	T1-Estuf	0,0138	2	0,83	0	0,00	1	0,83	0	0,00
16	T1-T2	0,0138	0	0,00	2	0,39	0	0,00	1	0,28
17	T2-Horn	0,0138	2	0,83	0	0,00	1	0,83	0	0,00
18	T2-T3	0,0138	0	0,00	2	0,39	0	0,00	1	0,28
19	T3-Seca	0,0138	2	0,83	0	0,00	1	0,83	0	0,00
20	T3-Cale	0,0138	3	1,25	0	0,00	0	0,00	1	0,28

Como se puede apreciar la presión de servicio para todos los artefactos es superior a 15.5 mbar, por lo tanto los diámetros asumidos son adecuados.

*Nota: Suele pasar en la práctica que el primer tramo se reemplaza por tubería de 1/2", con el fin de aminorar costos, suponiendo la remota posibilidad que la red llegue a operar de manera simultánea en un valor cercano al 80% mencionado anteriormente.*

*Otra opción que toman los diseñadores, es chequear la red con acero galvanizado cuyo diámetro interno es mayor ó hacer el cálculo con otra expresión aceptada como la de Renouard. También pueden aumentar la presión inicial a 23 mbar.*

5.1.6.3 Expresión de Renouard Lineal. Usada también para cálculo de redes que operan a baja presión, con la diferencia que no supone pérdida por accesorios, pero en cambio afecta la tubería un 20% más de su longitud real.

Para el Caudal de simultaneidad toma el total de los dos artefactos de mayor consumo y la mitad del consumo de los siguientes.

$$Q = q_1 + q_2 + (q_3 + q_n/2)$$

También se tiene en cuenta la presión atmosférica local y además se chequea la velocidad del fluido al final del tramo; no debe superar 20 m/seg.

$$V = (354Q)/(PD^2)$$

La fórmula para hallar la pérdida de presión es:

$$H = (23200dr \cdot Le \cdot Q^{1.82})/D^{4.82}$$

Donde:

$P$  = Presión final medida en *Bar*

$H$  = Pérdida total al final del tramo en *mbar*

$dr$  =Densidad relativa del Gas a utilizar

$Le$  =Longitud real de la tubería multiplicado por 1.20

$Q$  = Caudal en  $m^3/h$

$D$  = Diámetro interno de la tubería en *mm*

Para el mismo ejemplo anterior los artefactos de mayor consumo son el calentador y la secadora, entonces para el primer tramo el caudal de diseño sería:

$$Q = 1 + 0.9 + (0.7 + 0.31/2) \quad Q = 2.41$$

También se recomienda el uso de una tabla dinámica creada en Excel, para facilitar los cálculos.

Si la presión y la velocidad final están dentro de los rangos permitidos, el diseño es aceptable.

Si comparamos éste cálculo con el anterior las diferencias son muchas; la mas notable es el hecho de estimar el correcto suministro con todos los tramos en 1/2".

Figura 35. Expresión de Pole en Excel

E12      fx      =354\*F12/(0,855\*G12^2)

diseño renuard

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
10												
11		TRAMO	L REAL	LEQUIV	VEL m/s	Q m3/h	DIAM	H mbar	dr	H acum	P. Inic	P final
12		CM-T1	13	15,6	5,20	2,41	13,84	3,785	0,67	3,785	20,8	17,015
13		T1-Estufa	3	3,6	1,51	0,7	13,84	0,092	0,67	3,877	17,015	16,923
14		T1-T2	2	2,4	4,54	2,1	13,84	0,455	0,67	4,240	17,015	16,560
15		T2-Horno	3	3,6	0,67	0,31	13,84	0,021	0,67	4,261	16,560	16,539
16		T2-T3	2	2,4	4,11	1,9	13,84	0,379	0,67	4,619	16,560	16,181
17		T3-secad	3	3,6	1,95	0,9	13,84	0,146	0,67	4,765	16,181	16,035
18		T3-calen	5	6	2,16	1	13,84	0,295	0,67	4,914	16,181	15,886

H12      fx      =(23200\*0,67\*D12\*F12^1,82)/(G12^4,82)

diseño renuard

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
10												
11		TRAMO	L REAL	LEQUIV	VEL m/s	Q m3/h	DIAM	H mbar	dr	H acum	P. Inic	P final
12		CM-T1	13	15,6	5,20	2,41	13,84	3,785	0,67	3,785	20,8	17,015
13		T1-Estufa	3	3,6	1,51	0,7	13,84	0,092	0,67	3,877	17,015	16,923
14		T1-T2	2	2,4	4,54	2,1	13,84	0,455	0,67	4,240	17,015	16,560
15		T2-Horno	3	3,6	0,67	0,31	13,84	0,021	0,67	4,261	16,560	16,539
16		T2-T3	2	2,4	4,11	1,9	13,84	0,379	0,67	4,619	16,560	16,181
17		T3-secad	3	3,6	1,95	0,9	13,84	0,146	0,67	4,765	16,181	16,035
18		T3-calen	5	6	2,16	1	13,84	0,295	0,67	4,914	16,181	15,886

Al punto crítico que es el calentador se estima la llegada de 15.886 *mbar*, mientras que con la expresión de Pole solo se estimaban 12.72 *mbar*.

De lo anterior podemos concluir que entre mayor sea el número de accesorios en los distintos tramos de la red, mayor será la diferencia entre los dos métodos de cálculo. Queda entonces la gran incógnita sobre cual método debe adoptar el diseñador.

En primera medida se debe atender las especificaciones y requerimientos de la Gasera local en caso que sea una red prevista para acoplarse al sistema de distribución urbana; de lo contrario se recomienda un análisis concienzudo en procura de un mínimo margen de error.

Por ejemplo, resultaría inadecuado adoptar la expresión de Renouard para una red con muchos codos, como también podría ser sobredimensionado el cálculo con la expresión de Pole para una red de tubería flexible sin codos; como es el caso del cobre flexible y el Pe/Al/Pe.

Algunos diseñadores acostumbran el uso de Renouard lineal para tubería de cobre y Pe/Al/Pe (que son muy usadas en la actualidad), incrementando la longitud equivalente hasta un 25%.

Aunque es poco común, puede darse el caso de una demanda muy elevada, donde resulte mucho más económico la regulación en dos etapas. La primera se calcula con Müller puesto que es distribución en media presión; la segunda se puede calcular por cualquiera de los métodos anteriores, aunque algunos diseñadores usan la expresión de Müller para las dos etapas de una misma red.

La distribución en dos etapas para viviendas unifamiliares, se hace de la misma manera que en una red comercial o multifamiliar.

*Nota: La fórmula de Pole y Renouard no son válidas para la tubería flexible de acero inoxidable corrugada, para el dimensionamiento de la red interna con esta tubería se utilizarán la metodología y tablas la NTC 4579.*

## **5.2 INSTALACIONES MULTIFAMILIARES EN EDIFICIOS**

Las redes para edificios y conjuntos residenciales son un tema muy complejo puesto que en ellos se debe cubrir alturas y/o distancias considerables. Así como puede ser posible el suministro con regulación en una sola etapa; también puede ser necesaria la construcción de una red matriz (que se encargue de la distribución en media presión dentro de los límites permitidos) y por ende la regulación en dos ó tres etapas.

**5.2.1 Distribución en una etapa.** En el caso de edificios donde es posible la llegada de la red de distribución directamente hasta ellos (tubería de polietileno enterrada a media presión) y el consumo es bajo, se puede lograr el suministro adecuado con una sola regulación.

5.2.1.1 Ubicación del centro de medición. Para un caso como el anterior, el centro de medición sería colectivo y se ubicaría en la parte baja del edificio (primer piso) en un área común que cumpla con las condiciones de seguridad expuestas anteriormente (capítulo 4.1.3).

Ejemplo: tenemos un edificio de 5 pisos, el consumo de cada apartamento es de  $1.7 \text{ m}^3/h$ ; sabemos que si la presión en el 5º piso es adecuada, también lo será para los demás apartamentos.

La red interna es de 12 metros y la altura de la montante (tramo vertical comprendido entre medidor y entrada a cada apartamento) para el 5º piso es de 10 metros. El trazado de la red quedaría de la siguiente manera.

Con un regulador RUE 10 ( $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ) se puede atender perfectamente la demanda de los 5 apartamentos en mención.

Figura 36. Distribución en una etapa

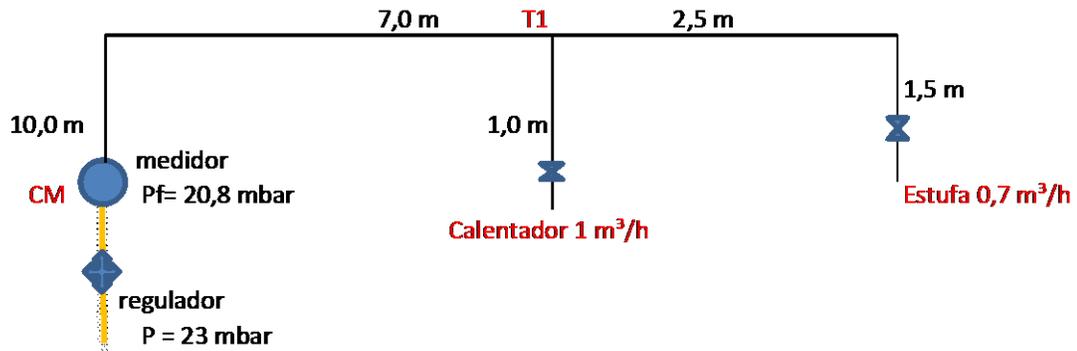


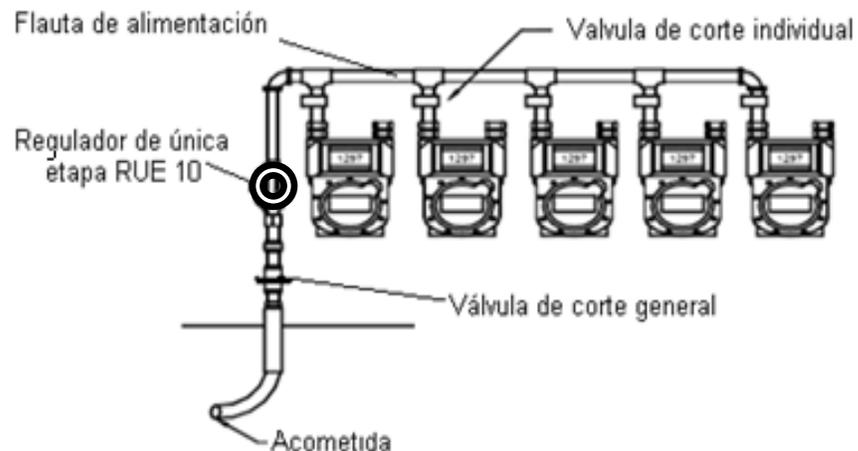
Figura 36.1 Cálculo de pérdidas única etapa

SUMA  $\text{X} \checkmark f_x = (23200 * 0,67 * D12 * F12^{1,82}) / (G12^{4,82})$

diseño renuard

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
10												
11		TRAMO	L REAL	LEQUIV	VEL m/s	Q m3/h	DIAM	H mbar	dr	H acum	P. Inic	P final
12		CM-T1	17,0	20,4	3,67	1,70	13,84	=(23200*0,67*0,025*F12^1,82)/(G12^4,82)	0,67	2,632	20,8	18,168
13		T1-Calen	1,0	1,2	2,16	1	13,84	0,059	0,67	2,691	18,168	18,109
14		T1-Estufa	4,0	4,8	1,51	0,7	13,84	0,123	0,67	2,755	18,168	18,045

Figura 36.2 Centro de medición para 5 apartamentos



**5.2.2 Distribución en dos etapas.** Donde por cuestiones estéticas, distancias grandes u otras razones, no sea conveniente la regulación en una sola etapa; se construye una primera etapa que no siempre es tubería metálica, también puede ser tubería plástica (red matriz). Esta se encarga de transportar y/o distribuir el fluido en el interior de la edificación a una presión comprendida entre 2.03 y 20.3 PSI dependiendo del caso y según lo permita la NTC.

Para mejor comprensión se muestra el siguiente recorte de la NTC 3838 (figura 37).

**Figura 37. Máxima presión de Operación Permisible**

Clase de sistema de tubería y clase de usuario.	Gas Natural		GLP	
	bar	psig	bar	psig
<b>Alta presión: <math>P &gt; 7</math> bar (<math>P &gt; 101,5</math> psig).</b>				
Líneas de transmisión.	100	1 450,4	N.A	N.A
Líneas primarias.	19 <sup>1)</sup>	275,6 <sup>1)</sup>	N.A	N.A
Instalaciones para suministro de gas en edificaciones industriales, derivadas de líneas de transmisión o líneas primarias.	2)	2)	N.A	N.A
<b>Media presión: <math>140</math> mbar <math>&lt; P \leq 7000</math> mbar (<math>2,03</math> psig <math>&lt; P \leq 101,5</math> psig).</b>	<b>mbar</b>	<b>psig</b>	<b>mbar</b>	<b>psig</b>
Líneas secundarias, líneas de acometida y líneas matrices exteriores a la edificación.	7000 <sup>3)</sup>	101,5 <sup>3)</sup>	1 000 <sup>4)</sup>	14,5 <sup>4)</sup>
Instalaciones para suministro de gas en edificaciones industriales, derivadas de líneas secundarias.	2)	2)	1 000 <sup>4)</sup>	14,5 <sup>4)</sup>
Líneas matrices interiores en instalaciones para suministro de gas en edificaciones residenciales y comerciales.	350 <sup>4)</sup>	5,07 <sup>4)</sup>	350 <sup>4)</sup>	5,07 <sup>4)</sup>
<b>Baja presión: <math>P \leq 140</math> mbar (<math>P \leq 2,03</math> psig)</b>	<b>mbar</b>	<b>psig</b>	<b>mbar</b>	<b>psig</b>
Líneas individuales en instalaciones para suministro de gas en edificaciones comerciales.	140	2,03	140	2,03
Líneas individuales en edificaciones residenciales de suministro a artefactos con regulador asociado.	140	2,03	140	2,03
Líneas individuales en edificaciones residenciales de suministro a artefactos sin regulador asociado.	23	0,33	35	0,5

1) Se podrán emplear presiones hasta de 28 bar (406,1 psig) en sistemas de tuberías dotados con dispositivos de seguridad de acción automática, dispuestos en tal forma que el volumen estándar de gas escapado en la eventualidad de una rotura del sistema, sea menor o igual al volumen estándar de gas contenido entre dos válvulas sucesivas del mismo sistema de tuberías operado a 19,0 bar (275,6 psig) a las mismas condiciones de referencia.

2) La presión debe ser pactada entre el usuario y el transportador o el distribuidor.

3) Véase el literal a) del numeral 3.1.

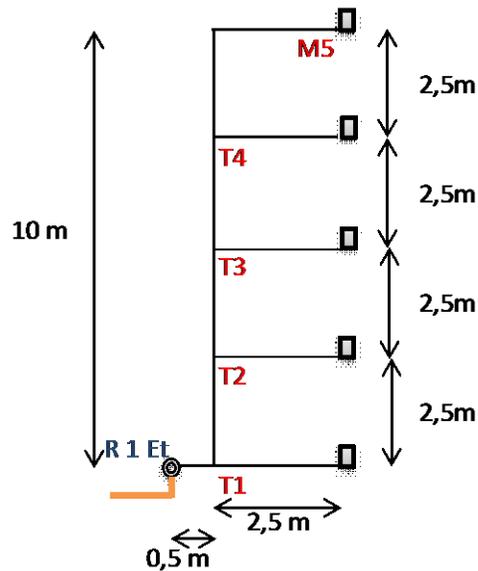
4) Se podrán emplear presiones hasta de 1 400 mbar (20,3 psig) en sistemas de tuberías localizados en el interior de las edificaciones, atendiendo los requisitos señalados en el numeral 3.1, literal i) de la NTC 2505. En el caso de GLP se debe verificar que a las condiciones ambientales críticas para el GLP en la localidad, no se presente condensación de gas en el sistema.

(Tabla 3. NTC 3838)

La primera etapa no se debe calcular con la expresión de Pole ni la de Renouard puesto que son las utilizadas para baja presión. En este caso se usa la fórmula de Müller para media presión.

Vamos a tomar el ejemplo de la red interna anterior, pero suponiendo que no se pudo ubicar el centro de medición colectivo en la parte baja del edificio; haciéndose necesaria la construcción de una red capacitada para la distribución de los 5 apartamentos a la vez.

**Figura 38. Distribución en dos etapas**



Teniendo en cuenta la longitud equivalente de los accesorios, el factor de demanda en los distintos tramos y asumiendo un diámetro inicial de 13.84 mm (cobre tipo L), se procede a calcular la primera etapa de la red a 140 mbar.

Las derivaciones intermedias se pueden obviar, puesto que el punto crítico es el 5º piso.

**Figura 39. Cálculo de pérdidas primera etapa 5 apartamentos**

SUMA  $= (K14^2 - ((I14 * 0,67^{0,425}) / (4,61 * 10^{-5} * J14^{2,725}))^{1,74} * E14)^{0,5}$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
11													
12		TRAMO	LONGITUD Equiv. En Metros		vivienda	FD	Qt	Qd	DIAM.	P. inic.	P. final	H	
13			Tuberia	Acces.	Total	No.	m3/h	m3/h	mm	mbar	mbar	mbar	
14		R-T1	3	1,66	4,66	5	0,74	8,5	6,29	13,84	995	$14)^{0,5}$	5,84
15		T1-T2	2,5	0,83	3,33	4	0,76	6,8	5,17	13,84	989,16	986,18	2,98
16		T2-T3	2,5	0,28	2,78	3	0,78	5,1	3,98	13,84	986,18	984,60	1,58
17		T3-T4	2,5	0,28	2,78	2	0,8	3,4	2,72	13,84	984,60	983,79	0,82
18		T4-M5	5	1,94	6,94	1	1	1,7	1,70	13,84	983,79	975,30	8,48

Para el primer tramo se estimaron 4 codos a 90° (0.01384\*4\*30), para el segundo una tee con cambio de dirección (\*0.0138460\*1), para el tercero y cuarto una tee sin cambio de dirección (0.01384\*20\*2), y para el quinto tramo se estimaron cuatro 4 codos a 90° (0.01384\*4\*30) y una tee con cambio de dirección (0.01384\*60\*1).

Al medidor del quinto piso llega una presión absoluta de 975.30 *mbar*, es decir 120.3 *mbar* (975.30 – 855), allí se instala un regulador que adopte ésta presión y la reduzca a una máxima de 23 *mbar*, para alimentar la red interna a baja presión.

La segunda etapa se calcula de la misma forma como se calcula la distribución en única etapa.

5.2.2.1 Ubicación del centro de medición. Se hace en un área común del edificio cercano al apartamento, donde sea fácil su lectura y mantenimiento; sus condiciones de seguridad son indispensables.

**5.2.3 Distribución en tres etapas.** Existen casos donde los edificios son de mayor altura, las redes individuales tienen mayor demanda, los centros de medición solo pueden ubicarse en un parqueadero y/o las distancias para tal fin se incrementan; entre otras razones.

Una primera etapa (red matriz) garantiza el correcto suministro hasta los distintos centros de medición, pero es posible que la distancia entre ellos y cada vivienda sea muy grande y en vez de aumentar el diámetro de la tubería sea más conveniente anexar una etapa más al sistema.

Puede usarse más de un regulador para la primera etapa; por ejemplo si un conjunto de apartamentos requiere un caudal de 50  $m^3/h$ , se pueden usar dos RPE 25 a la vez (Regulador de Primera Etapa con capacidad de 25  $m^3/h$ ).

El Regulador de segunda etapa (RSE) debe ser uno que adopte como presión de entrada, la presión de salida de la primera etapa; su presión de salida debe ser suficiente para entregar un mínimo de 35 *mbar* al regulador de tercera etapa (para el caso de regulador R2ET). El caudal de trabajo también juega un papel importante, puede ser posible que un solo regulador de segunda etapa abastezca sin problema un grupo grande de usuarios a la vez.

El regulador de tercera etapa adopta la presión de salida de la segunda y la reduce a una presión que garantice el correcto suministro en la red interna; como el R2ET para segunda ó tercera etapa; cuya presión de trabajo está entre 35 y 140 *mbar*, y la presión de salida entre 16 y 23 *mbar*.

Vamos a ilustrar un ejemplo de regulación en tres etapas: un edificio de 7 pisos con 4 apartamentos en cada uno, para ser alimentados con Gas natural, consumo

por apartamento  $2.01m^3/h$ ; desde el punto de vista técnico y estético, la alimentación es posible por el parqueadero que se ubica en la parte baja del edificio.

Como la presión al interior de la edificación en ningún caso puede exceder 20.3 PSI, es necesario ubicar la regulación de primera etapa al exterior de la edificación (antes del parqueadero).

La primera etapa inicia allí y se extiende hasta los centros de medición colectivos (para 7 apartamentos cada uno), donde se ubica el regulador de segunda etapa (antes de los medidores). Este maneja el caudal de solo 7 apartamentos y por eso su capacidad es menor.

Gravedad específica: 0.67

Presión de diseño: 345 mbar (5 PSI)

Presión atmosférica local: 855 mbar

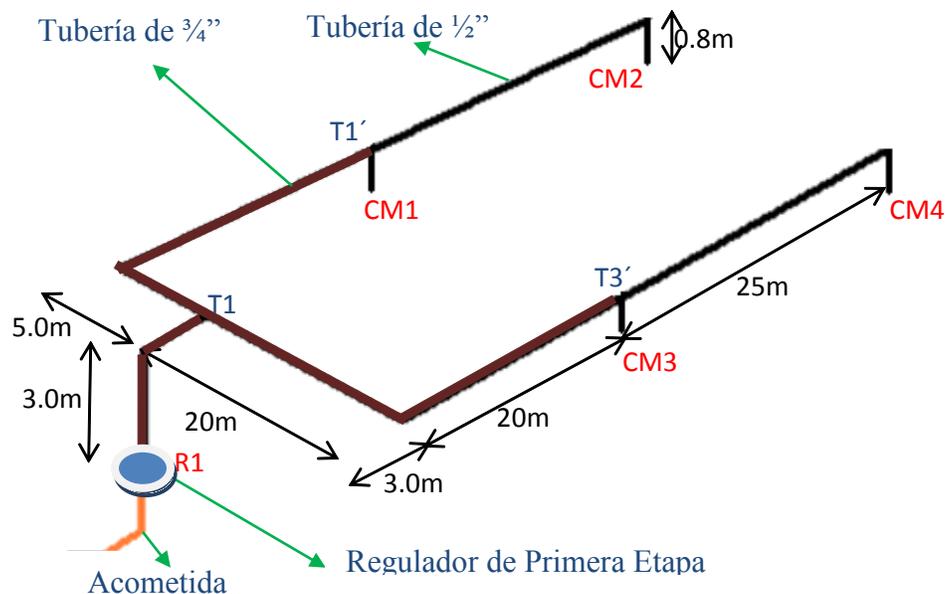
Tubería: Cobre rígido de  $\frac{3}{4}$  y  $\frac{1}{2}$ "

Número Total de apartamentos: 28

Consumo por apartamentos:  $2.01m^3/h$

Se hace un tizado de la red, con sus respectivas distancias y se hacen los cálculos de pérdidas teniendo en cuenta los centros de medición más distantes, con sus respectivos caudales.

**Figura 40. Esquema de red matriz en Parqueadero**



**Figura 41. Cálculo de pérdidas red matriz por parqueadero**

SUMA  $\text{fx} = (K14^2 - ((I14 * 0,67^{0,425}) / (4,61 * 10^{-5} * J14^{2,725}))^{1,74} * E14)^{0,5}$

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
11												
12	TRAMO	LONGITUD Equiv. En Metros			vivienda	FD	Qt	Qd	DIAM.	P. inic.	P. final	H
13		Tubería	Acces.	Total	No.		m3/h	m3/h	mm	mbar	mbar	mbar
14	R1-T1	6,0	1,79	7,79	28	0,52	56,28	29,27	19,94	1200	$= (K14^2 -$	20,916
15	T1-T1'	25,0	1,79	26,79	14	0,61	28,14	17,17	19,94	1179,08	1150,05	29,04
16	T1'-CM2	25,0	1,25	26,25	7	0,7	14,07	9,85	13,84	1150,05	1086,38	63,67
17	T1-T3'	40,0	1,79	41,79	14	0,61	28,14	17,17	19,94	1179,08	1133,46	45,62
18	T3'-CM4	25,0	1,25	26,25	7	0,7	14,07	9,85	13,84	1133,46	1068,81	64,66

Hasta la tee de entrada en los dos primeros centros de medición, la tubería adecuada es de  $\frac{3}{4}$ ", para el resto de la red se usa tubería de  $\frac{1}{2}$ ".

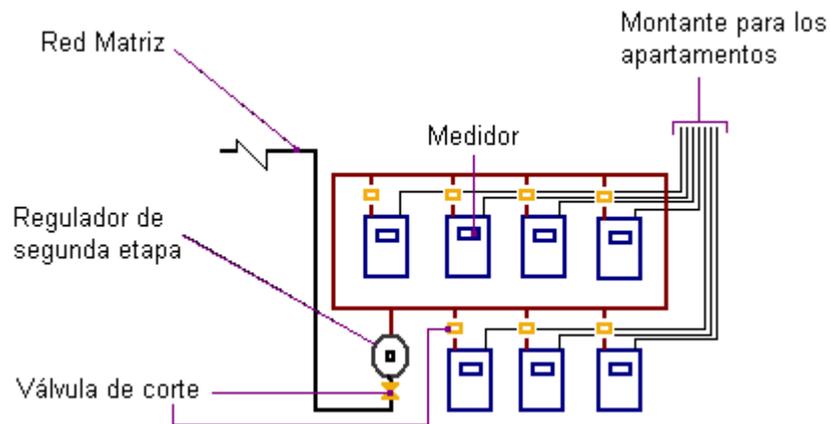
La presión absoluta final en el punto crítico (CM4) es de 1068.81 mbar, es decir 213.81 mbar (3.1 PSI); presión suficiente para abastecer los reguladores de 2ª etapa.

La segunda etapa comprende entre el medidor y algún punto en la red interna (en este caso será a la entrada) de cada apartamento; donde se ubica un tercer regulador que se encarga de adecuar la presión para la red interna.

En el centro de medición se ubica el regulador de segunda etapa, antes de los 7 medidores; por lo tanto su caudal de salida debe ser igual ó mayor a  $9.85 \text{ m}^3/\text{h}$  (RSE 10) y su presión de entrada debe tener un rango que adopte 213.81 mbar.

Se ubica una válvula de corte antes del regulador y antes de cada medidor.

**Figura 42. Centro de medición en parqueadero 8 apartamentos**



El cálculo de pérdidas se puede hacer sólo para el séptimo piso que es el más alejado, si la presión al final de éste es suficiente, lo será para los demás pisos.

La montante se construye preferiblemente en material rígido que soporta mejor el impacto y la acción directa del sol.

Suponiendo una longitud total de 20.0 metros de tubería para llegar hasta el séptimo piso, el cálculo sería el siguiente.

Gravedad específica: 0.67  
 Presión de diseño: 140 *mbar* (2.03 PSI)  
 Presión atmosférica local: 855 *mbar*  
 Tubería: Cobre rígido de ½”  
 Consumo en el apartamento: 2.01  $m^3/h$   
 Total de codos: 5  
 Expresión de Müller

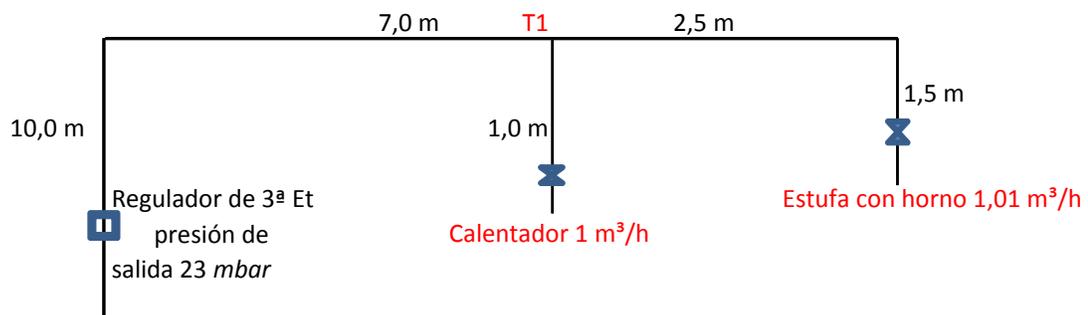
**Tabla 12. Cálculo de pérdidas segunda etapa (punto crítico)**

TRAMO	LONGITUD Equiv. En Metros			vivienda No.	FD	Qt	Qd	DIAM.	P. inic.	P. final	H
	Tubería	Acces.	Total			m3/h	m3/h	mm	mbar	mbar	mbar
CM-R	20,0	2,08	22,08	1	1	2,01	2,01	13,84	995	991,20	3,796

P. Final = 991.20 – 855 = 136.2 *mbar* (1.97 PSI). Esta sería entonces la presión de entrada en el regulador de tercera etapa.

Para la instalación interna podemos hacer la transición a tubería de Pe/Al/Pe de ½” y calcular con la expresión de Renouard (para baja presión).

**Figura 43. Esquema red interna 3ª etapa**



**Figura 43.1 Cálculo de pérdidas 3ª etapa**

H12 $f_c = (23200 * 0,67 * D_{12} * F_{12}^{1,82}) / (G_{12}^{4,82})$												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
		TRAMO	L REAL	L EQUIV	VEL m/s	Q m3/h	DIAM	H mbar	dr	H acum	P. Inic	P final
11		CM-T1	17,0	20,4	4,89	1,70	12	5,235	0,67	5,235	23,00	17,765
12		T1-Calen	1,0	1,2	2,88	1	12	0,117	0,67	5,353	17,765	17,647
13		T1-Estufa	4,0	4,8	2,01	0,7	12	0,245	0,67	5,481	17,765	17,519

La presión final está dentro del rango ideal  $\geq 15.5$  mbar.

5.2.3.1 Ubicación del centro de medición. El centro de medición para distribución en tres etapas, usualmente se ubica al término de la red matriz; en un área común o dentro de un parqueadero. En éste último caso, se debe tener especial cuidado debido al alto riesgo de daño mecánico; es por eso que resulta mas seguro ubicarlo por encima de los 2 metros de altura.

*Nota: en algunos ejemplos del capítulo se tomaron 23 mbar para calcular la red interna y en otros se tomaron solo 20.8, asumiendo una pérdida de 2.2 en la medición.*

*Aunque en la práctica (ensayos en campo, ver anexo E) se comprobó que dicha pérdida en la medición es exagerada, cualquiera de los dos métodos es válido teniendo en cuenta que algunos reguladores tienen presión de salida alrededor de 20 mbar y otros incluso superan los 23.*

## 6. INSTALACIONES COMERCIALES

Las redes para uso comercial, son instalaciones de alto consumo cuyo funcionamiento se hace con ánimo de lucro; por la elevada combustión se hace necesaria la construcción de un sistema de ventilación adicional, con el fin de garantizar el bienestar de los clientes y del personal que allí labora.

Para estimar el consumo de cada artefacto, se tiene en cuenta el dato suministrado por el fabricante; pero en la práctica es muy común la fabricación de quemadores y equipos en talleres particulares que lo hacen de forma empírica.

Basados en la experiencia, las gaseras y firmas contratistas adoptan tablas de consumo que se pueden usar en estos casos.

**Tabla 13. Consumos estimados para gasodomésticos**

GASODOMESTICO	BTU/HORA	KW	M <sup>3</sup> /HORA
quemador doméstico pequeño	5600	1,641	0,158
horno doméstico	12000	3,517	0,339
calentador de paso de 5,5 litros	39500	11,577	1,115
calentador de paso de 10 litros	80000	23,447	2,259
calentador de paso de 11 litros	95000	27,843	2,683
calentador de paso de 13 litros	105000	30,774	2,965
calentador de acum. de 10 galones	13500	3,957	0,381
calentador de acum. 15 - 20 galones	25000	7,327	0,706
calentador de acum. 30-40 galones	30000	8,792	0,847
calentador de acum. 50-60 galones	50000	14,654	1,412
secadora de ropas	35000	10,258	0,988
calentador de ambiente	17000	4,982	0,480
chimenea	28000	8,206	0,791
horno de panadería pequeño	30000	8,792	0,847
horno de panadería mediano	120000	35,170	3,389
horno de panadería giratorio	300000	87,925	8,472
freidora	30000	8,792	0,847
quemador industrial anillo de 30cm	70000	20,516	1,977
quemador industrial anillo de 20-27cm	63000	18,464	1,779
quemador industrial anillo de 15-20cm	28000	8,206	0,791
quemador industrial anillo de 10-15cm	18000	5,275	0,508

FLAUTAS	BTU/H*cm	KW	M <sup>3</sup> /H
1/2"	300	0,088	0,008
3/4"	400	0,117	0,011
1"	600	0,176	0,017
1 1/4"	700	0,205	0,020

## 6.1 ACOMETIDA Y CENTRO DE MEDICIÓN

La acometida para instalaciones comerciales debe transportar caudal suficiente para abastecer grandes demandas, su diámetro mínimo es de ½" IPS (talla tipo Hierro) con 15.4mm en su interior.

El medidor es más grande y capacitado que uno residencial; teniendo en cuenta el caudal de diseño de la red interna, se busca un medidor adecuado.

Los reguladores también son de mayor tamaño que los usados para instalaciones residenciales y pueden ser de única ó de primera etapa. La regulación en una ó dos etapas la define el diseñador, haciendo un cálculo de pérdidas antes de construir la red.

En todo caso el regulador ubicado en el centro de medición debe suministrar el caudal y presión requerida por la red interna; además de ser compatible con las especificaciones técnicas del medidor.

## 6.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED INTERNA

El factor de simultaneidad puede ser muy elevado, incluso del 100%; lo que genera un dimensionamiento exagerado si se hace en una sola etapa.

Por lo general las redes comerciales se diseñan en dos etapas; la primera comprende desde el centro de medición hasta la salida de cada punto (derivación), la segunda comprende desde el mismo regulador de segunda etapa hasta la entrada del artefacto.

La primera etapa que hace las veces de red matriz, se calcula a 140 ó 345 *mbar*, si los reguladores de segunda etapa se ubican en cada salida de la red, no es necesario calcular otra etapa. Como es un sistema de media presión, se usa la fórmula de Müller.

El primer paso es determinar el caudal total de la red para definir el tipo de medidor y el tipo de regulador a utilizar; todo medidor y todo regulador tienen unos límites en cuanto presión de trabajo y caudal de salida.

El segundo paso es levantar un plano con sus respectivas distancias, ubicando los artefactos.

El tercer paso es asumir un diámetro inicial, aplicar la fórmula a los distintos tramos teniendo en cuenta el caudal que van a transportar.

Finalmente se chequea si la presión al final de ellos es satisfactoria.

6.2.1 Ejemplo 1. Donde se dimensiona una misma red en una y en dos etapas.

Artefactos: horno de panadería giratorio, estufa industrial con tres quemadores de 30cm de diámetro, freidora y horno para pizzas con dos flautas de 3/4" \* 60cm de longitud. Tipo de Gas: Natural.

Horno de panadería giratorio =  $8.47 \text{ m}^3/\text{h}$

Estufa industrial =  $1.98 \text{ m}^3/\text{h} * 3 = 5.94 \text{ m}^3/\text{h}$

Freidora =  $0.85 \text{ m}^3/\text{h}$

Horno Pizzas =  $0.011 \text{ m}^3/\text{h} * 60 * 2 = 1.32 \text{ m}^3/\text{h}$

Consumo total =  $16.58 \text{ m}^3/\text{h}$

Gravedad específica = 0.67

Presión atmosférica local = 855 mbar

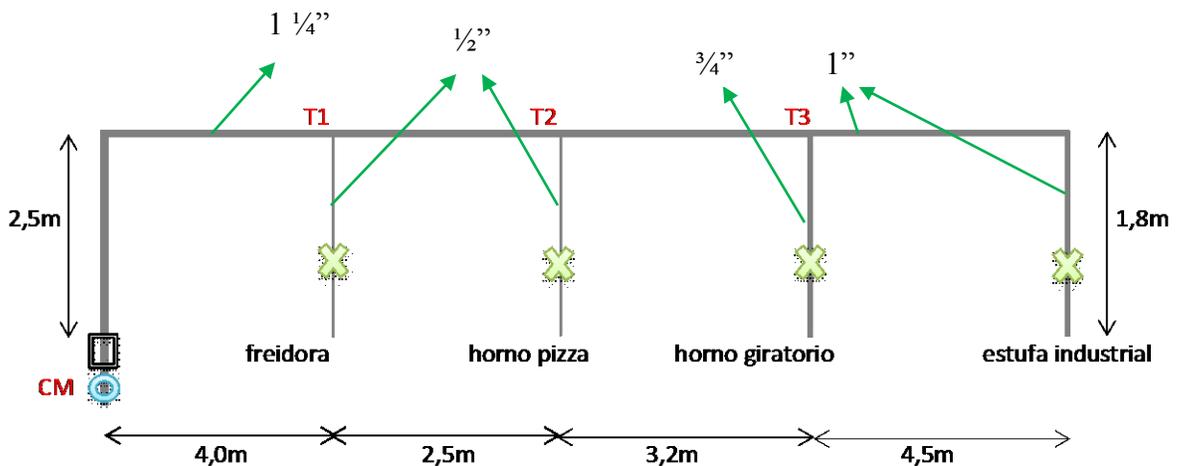
Material Acero Galvanizado

Presión de servicio mínima = 6.2 "wc (15.5 mbar)

Regulación a una etapa (baja presión). Expresión de Pole

Simultaneidad 100%

Figura 44. Esquema red comercial 4 puntos



Además de las tees, se incluyeron 8 codos para el primer tramo (CM-T1), 2 codos para el tercero (T1-T2) y 1 codo para el último tramo.

**Figura 44.1 Cálculo de pérdidas expresión de Pole**

I4       $f_x = (C4+D4+E4+F4+G4) * (H4 / (0,00304 * 1,98)) ^ 2 * 0,67 / B4 ^ 5$

diseño Pole													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		DIAM.	LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE					CAUDAL	H	H	H acum.	P. inic.	P. final
2	TRAMO	mm	Tub. m	Codos 90º	Codos 45º	tee 90º	tee 180º	m3/h	mbar	%	%	mbar	mbar
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	CM-T1	35,05	6,5	8,41	0,00	0,00	0,00	16,58	1,43	0,07	0,07	20,80	19,37
5	T1-freid	15,8	1,8	0,00	0,00	0,95	0,00	0,85	0,05	0,28	0,35	19,37	19,31
6	T1-T2	35,05	2,5	2,10	0,00	0,00	0,70	15,73	0,46	2,37	2,44	19,37	18,91
7	T2-pizza	15,8	1,8	0,00	0,00	0,95	0,00	1,32	0,13	0,68	3,12	18,91	18,22
8	T2-T3	35,05	3,2	0,00	0,00	0,00	0,70	14,41	0,28	1,50	3,94	18,91	17,41
9	T3-h gir	20,93	1,8	0,00	0,00	1,26	0,00	8,47	1,22	7,01	10,95	17,41	16,19
10	T3-est I	26,64	6,3	0,80	0,00	0,00	0,53	5,94	1,80	10,34	14,27	17,41	15,61

Como podemos apreciar, la mayoría de la red se debe hacer en diámetros variados, desde 1/2" hasta 1 1/4", para conservar una presión de suministro adecuada, lo que resulta costoso además de dispendioso.

Ahora hacemos el cálculo a dos etapas. Es decir, se calcula a media presión y se instala un regulador de segunda etapa antes de la conexión de cada artefacto.

El caudal de salida del regulador de segunda etapa también debe tenerse en cuenta; por ejemplo el regulador R2ET tiene una presión de trabajo entre 35 y 140 *mbar*, su caudal de salida es de 4 *m³/h*; sirve para la freidora y horno de pizza, pero no es suficiente para el horno giratorio y la estufa industrial.

En éste caso se podría usar un Regulador OARA 95 cuyo caudal de salida son 12 *m³/h*; como su presión de trabajo está entre 140 y 345*mbar*, resulta necesario usar un regulador de primera etapa cuya presión de salida sean 345*mbar*.

Presión de salida en regulador de 1ª etapa = 345*mbar*  
 Factor de simultaneidad 100%  
 Expresión de Müller

Usando sólo tubería de 1/2" y regulando a dos etapas se pueden conseguir los resultados esperados (caudal y presión).

Por cuestiones comerciales, económicas, y estéticas; resulta más práctica la regulación en dos etapas para un caso como éste.

**Tabla 14. Cálculo de pérdidas red comercial en acero ½” expresión de Müller**

TRAMO	LONGITUD Eq. En Metros			vivienda	FD	Qt	Qd	DIAM.	P. inic.	P. final	H
	Tubería	Acces.	Total	No.		m3/h	m3/h	mm	mbar	mbar	mbar
CM-T1	6,5	3,79	10,29	1	1	16,58	16,58	15,8	1200	1168,88	31,12
T1-freid	1,8	0,95	2,75	1	1	0,85	0,85	15,8	1168,88	1168,83	0,05
T1-T2	2,5	1,27	3,77	1	1	15,73	15,73	15,8	1168,88	1158,29	10,59
T2-h pizza	1,8	0,95	2,75	1	1	1,32	1,32	15,8	1158,29	1158,18	0,10
T2-T3	3,2	0,32	3,52	1	1	14,41	14,41	15,8	1158,29	1149,73	8,56
T3-h gira	1,8	0,95	2,75	1	1	8,47	8,47	15,8	1149,73	1147,06	2,67
T3-es ind	6,3	0,48	6,78	1	1	5,94	5,94	15,8	1149,73	1146,18	3,55

Presión final mínima = 1146.18 – 855 = 291.18 *mbar*

Cuando se quiere hacer una red aún mas económica, se puede usar tubería de Pe/Al/Pe de ¾” y ½”.

Veamos el ejemplo anterior con tubería de Pe/Al/Pe a 345 *mbar*.

**Tabla 15. Cálculo de pérdidas red comercial en Pe/Al/Pe expresión de Müller**

TRAMO	LONGITUD Eq. En Metros			vivienda	FD	Qt	Qd	DIAM.	P. inic.	P. final
	Tubería	Acces.	Total	No.		m3/h	m3/h	mm	mbar	mbar
CM-T1	6,5	3,79	10,29	1	1	16,58	16,58	14	1200	1144,19
T1-freid	1,8	0,95	2,75	1	1	0,85	0,85	12	1144,19	1144,01
T1-T2	2,5	1,27	3,77	1	1	15,73	15,73	12	1144,19	1103,79
T2-h pizza	1,8	0,95	2,75	1	1	1,32	1,32	12	1103,79	1103,38
T2-T3	3,2	0,32	3,52	1	1	14,41	14,41	12	1103,79	1070,29
T3-h gira	1,8	0,95	2,75	1	1	8,47	8,47	12	1070,29	1059,70
T3-es ind	6,3	0,48	6,78	1	1	5,94	5,94	12	1070,29	1056,18

Presión final mínima = 1056.18 – 855 = 201.18 *mbar*

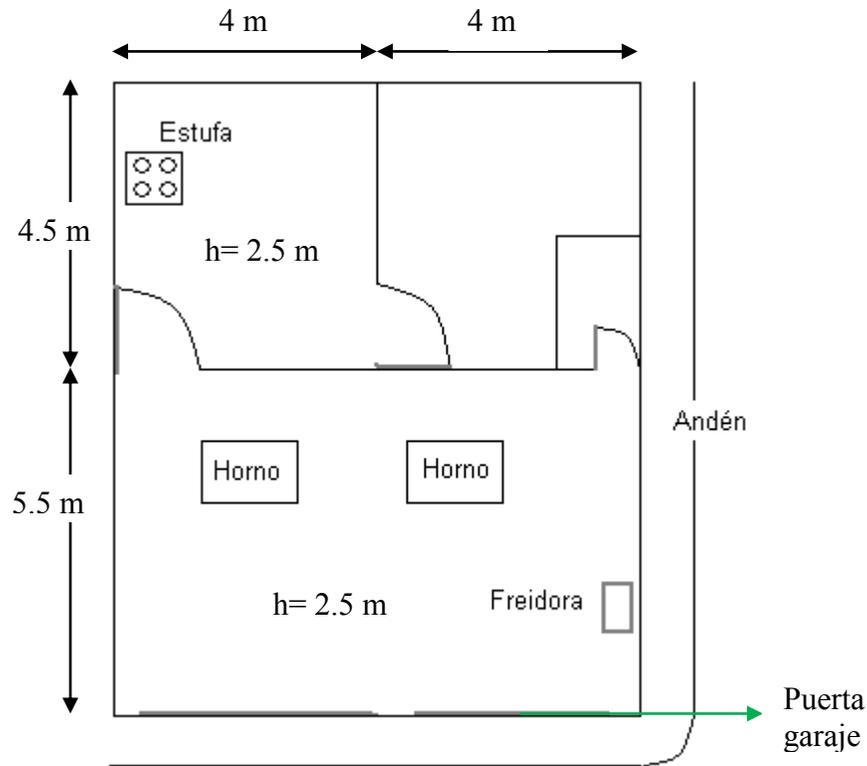
6.2.2 Ejemplo 2. Con un local que además de los artefactos comerciales tiene una estufa residencial en la cocina, el patio es totalmente techado.

Los artefactos son: 2 hornos de dos flautas de 1” de diámetro \* 60 *cm* de longitud cada uno, una freidora, estufa Continental de 4 quemadores con 8.33 Kw de potencia.

Teniendo en cuenta el plano a continuación, hacer el trazado, dimensionar la red y calcular los sistemas de ventilación. Red alimentada con GLP.

*Nota: La NTC 3631 habla de un volumen libre requerido de 4.8 m<sup>3</sup> por Kw instalado; es decir, al volumen del recinto se le descuenta el volumen de enceres de tamaño considerable presentes en dicho lugar. Para efectos prácticos se descuenta un porcentaje al volumen total del recinto (recomendado 20%).*

**Figura 45. Plano de un local comercial**



Entre los recintos existe una puerta, por lo tanto se deben calcular ventilación por separado para local y cocina.

Recordemos que cuando se construyen rejillas ó ductos de ventilación, los extremos ubicados dentro de la vivienda deben estar a una distancia no mayor de 30cm, con respecto al techo y el piso (superior e inferior respectivamente).

6.2.2.1 Cálculo de la ventilación en la cocina. Para determinar la ventilación primero se deben conocer las potencias; si el artefacto no posee la placa donde la indique, se puede hacer uso de la tabla 13.

$$\text{Volumen requerido Estufa} = 8.33 \text{ Kw} * 4.8 \text{ m}^3/\text{Kw} = \mathbf{40\text{m}^3}$$

$$\text{Volumen del recinto} = 4.5\text{m} * 4\text{m} * 2.5\text{m} = 45\text{m}^3$$

$$\text{Volumen libre} = 45\text{m}^3 * 0.8 = \mathbf{36\text{m}^3}$$

El recinto donde se encuentra la estufa es un espacio “confinado” que requiere sistemas adicionales de ventilación. Como la cocina tiene puerta hacia el patio; no se puede contar con el volumen de éste recinto y como a su vez el patio es totalmente techado; se considera un espacio interior.

Las posibilidades para ventilar la cocina son las siguientes:

1. Comunicación de recintos: si no es necesaria y el cliente accede, se puede retirar la puerta ubicada entre la cocina y el patio; lograríamos una comunicación a través de una abertura permanente de tamaño considerable (paso peatonal). Esto hace que podamos sumar el volumen del patio al volumen de la cocina.

$$\text{Volumen del patio} = 4.5\text{m} * 4\text{m} * 2.5\text{m} = 45\text{m}^3$$

$$\text{Volumen libre} = 45\text{m}^3 * 0.8 = 36\text{m}^3$$

$$\text{Volumen total de los dos recintos} = 36\text{m}^3 * 36\text{m}^3 = \mathbf{72\text{m}^3}$$

2. Ventilación por arrastre: construir rejillas de ventilación hacia el patio, cuya área libre sea de 645 cm<sup>2</sup> ó de 22 cm<sup>2</sup> por Kw instalado; cualquiera que sea mayor entre las dos.

$$\text{Área requerida} = 8.33 \text{ Kw} * 22\text{cm}^2 / \text{Kw} = \mathbf{183.26 \text{ cm}^2}$$

$$\text{Área real para compensar efectividad del 60\%} = 183.26 \text{ cm}^2 * 100/60 = 305.43\text{cm}^2$$

En este caso se toma la opción de 645cm<sup>2</sup> que es la mayor.

$$\text{Área real para compensar efectividad del 60\%} = 645 \text{ cm}^2 * 100/60 = 1075\text{cm}^2$$

$$\text{Dimensiones para rejilla cuadrada} = \sqrt{1075\text{cm}^2} = 32.79\text{cm} \approx \mathbf{33 \text{ cm}}$$

3. Ductos de ventilación verticales perforando el techo: el cálculo de ductos verticales directos al exterior se hace multiplicando la potencia total de los artefactos por 6cm<sup>2</sup>.

$$\text{Área requerida} = 8.33 \text{ Kw} * 6\text{cm}^2/\text{Kw} = \mathbf{49.98\text{cm}^2}$$

$$\text{Para ductos cilíndricos Diámetro} = \sqrt{A * 4/\pi} \Rightarrow \sqrt{4 * 49.98\text{cm}^2/\pi} = 8 \text{ cm}$$

La dimensión mínima según NTC 3631 es de 8cm, por lo tanto la dimensión cumple. Se busca el diámetro comercial igual ó superior a éste valor.

$$\text{Los tubos se comercializan en pulgadas} \Rightarrow 8 / 2.54 = 3.15 \approx \mathbf{4''}$$

Se requiere un tubo de 4” de diámetro de aproximadamente 2.5m para ventilación inferior y otro de 4” de diámetro de aproximadamente 70cm para ventilación superior.

6.2.2.2 Cálculo de ventilación en el local. Para determinar la ventilación primero se deben conocer las potencias; como los artefactos no poseen la placa, se puede hacer uso de la tabla 7.

Hornos =  $0.176 \text{ Kw/cm} * 60 \text{ cm} * 2 \text{ flautas} * 2 \text{ H} = 42.24 \text{ Kw}$   
Freidora =  $8.79 \text{ Kw}$   
Potencia Total =  $51.03 \text{ Kw}$

Volumen requerido para el local =  $51.03 * 4.8 = 244.94\text{m}^3$   
Volumen del recinto =  $5.5\text{m} * 8\text{m} * 2.5\text{m} = 110\text{m}^3$

Inmediatamente nos damos cuenta que el espacio es “confinado”, se deben construir sistemas adicionales de ventilación; en éste caso se puede hacer hacia la fachada.

Para el caso de rejillas plásticas, tendremos en cuenta una efectividad del 60%.

Área libre de las rejillas =  $51.03 \text{ Kw} * 6 \text{ cm}^2 / \text{Kw} = 306.18 \text{ cm}^2$   
Área real de las rejillas =  $306.18 \text{ cm}^2 * 100/60 = 510.3 \text{ cm}^2$   
Dimensiones mínimas para rejilla cuadrada =  $\sqrt{510.3 \text{ cm}^2} = 22.59 \text{ cm} \approx 23 \text{ cm}$

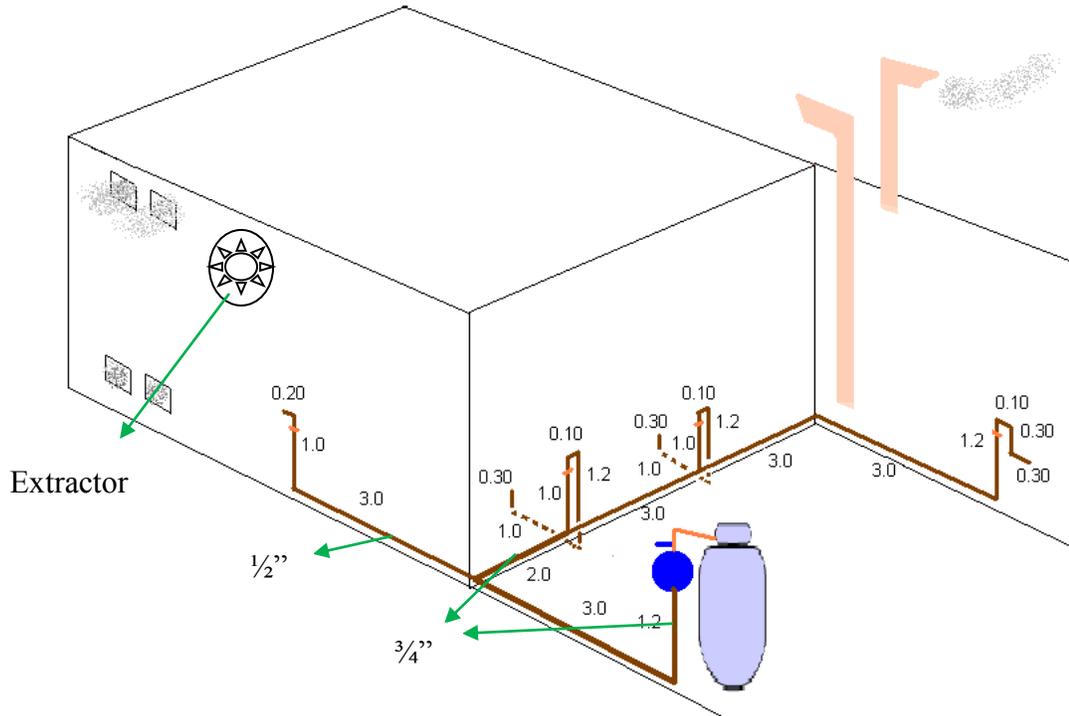
Es posible que en el mercado no se encuentren rejillas de  $23 \text{ cm}$  y que por motivos de seguridad el cliente no permita la colocación de rejillas mas grandes, en éste caso se pueden colocar dos pares de rejillas de  $18*18$  ó  $20*20 \text{ cm}$ , tanto en la parte superior como en la parte inferior del local (comunicando directamente al exterior).

6.2.2.3 Trazado y dimensionamiento de la red. El trazado de la red puede hacerse de distintas formas; la idea es buscar el recorrido más económico pero que igual cumpla con todos los requisitos de seguridad establecidos en la NTC 2505, además de sus normas y resoluciones complementarias.

Para ilustrar éste ejemplo haremos un trazado por un costado de la vivienda; a nivel de guarda escoba y dos salidas empotradas (para los hornos). Lo recomendable es tubería rígida para disminuir el riesgo de daño mecánico.

Gravedad específica =  $1.7$   
Presión atmosférica local =  $855 \text{ mbar}$   
Material = Cobre rígido tipo L  
Presión de servicio mínima =  $10 \text{ "wc} (25 \text{ mbar})$   
Regulación a una etapa (baja presión). Expresión de Renouard Lineal  
Simultaneidad =  $q_1+q_2+(\ (q_3+q_4) \div 2)$   
Presión de salida regulador =  $35 \text{ mbar}$

**Figura 46. Trazado de red comercial para GLP con sistemas de ventilación**



**Tabla 16. Cálculos de red comercial en GLP expresión de Renouard**

TRAMO	L REAL	LEQUIV	VEL m/s	Q m3/h	DIAM	H mbar	dr	H acum	P. Inic	P final
Reg-T1	4,2	5,04	5,11	4,91	19,94	0,771	1,7	0,771	35,00	34,229
T1-freid	4,2	5,04	1,84	0,85	13,84	0,467	1,7	1,238	34,229	33,762
T1-T2	2,0	2,4	4,67	4,49	19,94	0,790	1,7	1,561	34,229	33,439
T2-Horno	3,6	4,32	4,41	2,04	13,84	1,971	1,7	3,532	33,439	31,468
T2-T3	3	3,6	6,16	2,85	13,84	3,018	1,7	4,580	33,439	30,420
T3-horno	3,6	4,32	4,41	2,04	13,84	1,971	1,7	6,551	30,420	28,449
T3-estuf	7,9	9,48	1,75	0,81	13,84	0,805	1,7	5,385	30,420	29,615

Como podemos notar, dos tramos se deben hacer en tubería de 3/4" y los demás en tubería de 1/2". La velocidad máxima y presión mínima estimada son satisfactorias.

En caso de requerir la adecuación de ésta red a Gas natural, solo sería necesario agregar una salida hacia el medidor y se puede suspender el tramo que va de la pipeta a la primera tee; incluso este tramo también se puede adecuar para otro artefacto.

## 7. INSTALACIONES ESPECIALES

Aunque se supone que una instalación interna se hace toda soportada en las paredes o empotrada en el piso de la vivienda, existen casos atípicos donde es necesario atravesar tramos enterrados e incluso hacer transición entre distintos materiales; ya que algunos resultan inadecuados para ciertos casos.

Por ejemplo si tenemos una casa de campo ó chalet, el medidor se debe colocar donde sea fácil su lectura; normalmente se hace en la portada y de allí hasta la edificación puede existir un terreno de longitud considerable.

En éste caso además de hacerse necesario enterrar tubería, también puede ser necesario la regulación en dos etapas; si el consumo es elevado también pueden ser tres.

La normatividad y fundamentos que se usan son los mismos que se han usado anteriormente; lo que se debe estudiar son las propiedades de cada material, sus dimensiones internas y así determinar si es la adecuada para el abastecimiento del sistema.

Si una tubería debe quedar enterrada, lo mas recomendable es la tubería plástica; si son instalaciones expuestas a golpes ó altas temperaturas, es mejor la tubería rígida; si lo que se busca es economizar y las condiciones lo permiten, lo mejor es usar tuberías flexibles.

A continuación se ilustrarán varios ejemplos.

### 7.1 UNICA ETAPA SIN CÁLCULO DE PÉRDIDAS

Existe una vivienda de escasos recursos, 10 metros de fondo, muros de esterilla muy frágiles y piso en tierra. Su consumo es de  $0.3 \text{ m}^3/\text{h}$  (estufa de dos quemadores). Hacer el trazado.

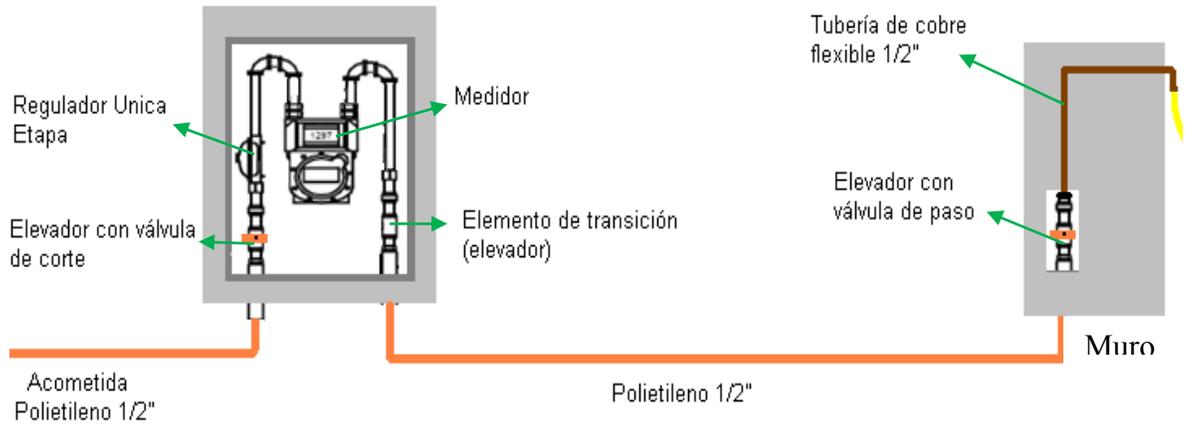
Solución. Una primera solución puede ser tubería metálica enterrada pero con un recubrimiento a todo su alrededor, con una capa de mortero de al menos 2 cm.

Una segunda solución es usar tubería plástica enterrada (polietileno), hasta la cocina y hacer una transición a otro material en la salida hacia la estufa.

Para afirmar el centro de medición, se hace un recubrimiento en material, ya sea concreto ó ladrillo; para la válvula de paso en la cocina, se debe construir un pequeño muro, donde se pueda anclar ó embeber el tramo de tubería que sube.

Por ser una casa pequeña, con un consumo tan bajo, no requiere cálculo de pérdidas.

**Figura 47. Esquema red interna GN vivienda de escasos recursos**

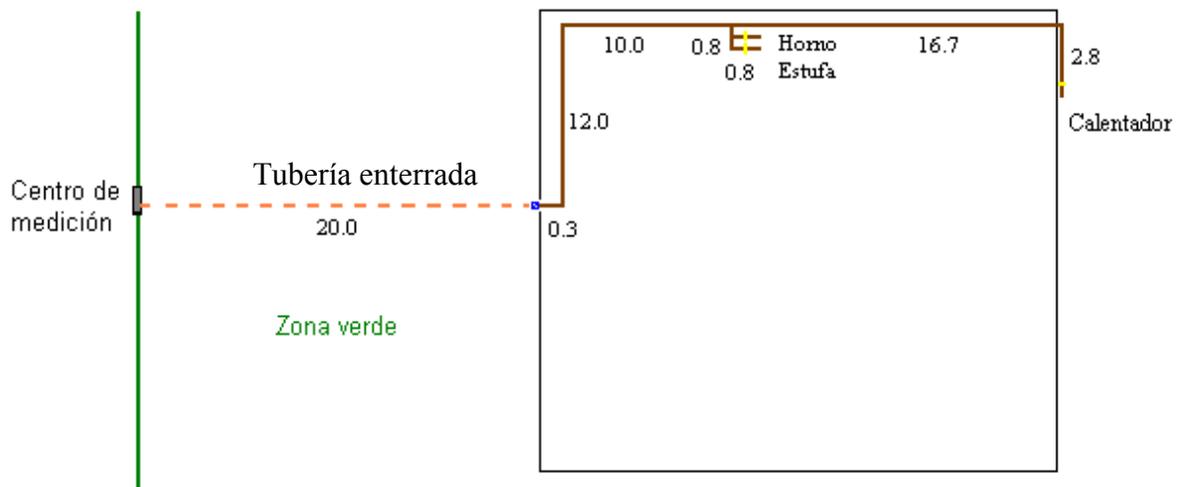


## 7.2 CASA DE CAMPO A UNA Y DOS ETAPAS

Casa campestre con los siguientes equipos: Estufa  $0.69m^3/h$ , horno  $0.34m^3/h$ , calentador  $1.74m^3/h$ ; regulación a una y dos etapas.

Para el tramo en zona verde, se debe tener en cuenta la tubería que sube en sus dos extremos, 0.7m aprox.

**Figura 48. Esquema red interna GN casa de campo**



Densidad relativa del Gas = 0.67  
 Materiales = Polietileno y cobre rígido  
 Presión de servicio mínima = 6.2 "wc (15.5 mbar)  
 Pérdida en el medidor = 0

### 7.2.1 Cálculo en Baja presión Expresión de Renouard

**Tabla 17. Cálculo en baja presión expresión de Renouard red con transición**

TRAMO	L REAL	LEQUIV	VEL m/s	Q m3/h	DIAM	H mbar	dr	H acum	P. Inic	P final
CM-Eleva	21,4	25,68	2,59	2,60	20,4	1,107	0,67	1,107	23,00	21,893
Eleva-T1	22,3	26,76	2,71	2,60	19,94	1,287	0,67	2,394	21,89	20,606
T1-Calenta	19,5	23,4	3,76	1,74	13,84	3,150	0,67	4,257	20,606	17,456

Aún obviando la pérdida en el medidor, los diámetros de la tubería a utilizar son grandes, puede resultar muy costoso.

### 7.2.2 Cálculo en Media presión Expresión de Müller

Veamos la misma vivienda regulando a dos etapas, con tubería de Pe/Al/Pe de ½" desde el medidor (mucho mas económico).

Recordemos que para la fórmula de Müller se requiere la presión absoluta en *mbar*.

Presión atmosférica local 855 *mbar*  
 Presión manométrica inicial = 140 *mbar*  
 Accesorios = 1 Tee paso directo para último tramo.

**Tabla 18. Cálculo en media presión expresión de Müller red con transición**

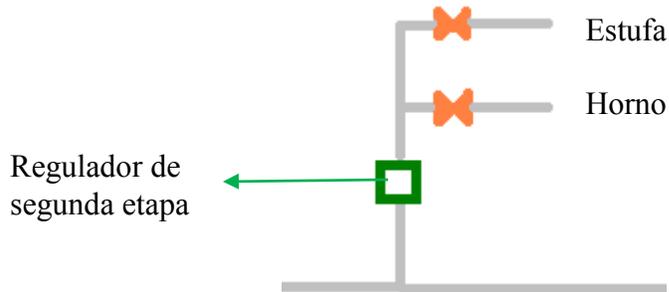
dr	TRAMO	LONGITUD Eq. En Metros			salida	FD	Qt	Qd	DIAM.	P. inic.	P. final	H
		Tuberia	Acces.	Total	No.		m3/h	m3/h	mm	mbar	mbar	mbar
0,67	CM-Elev	21,4	0,00	21,40	2	1	2,77	2,77	12	995	982,30	12,70
0,67	Elev-T1	22,3	0,00	22,30	2	1	2,77	2,77	12	982,30	968,89	13,41
0,67	T1-Cale	19,5	0,24	19,74	1	1	1,74	1,74	12	968,89	963,55	5,34

La presión mínima final = 963.11- 855 = 108.11*mbar*.

Lo que quiere decir que podemos usar un regulador de primera etapa en el centro de medición, cuya presión de salida sea de 140 *mbar*, para luego usar un regulador de segunda etapa (R2ET) en los extremos finales de la red.

Para el horno y la estufa se puede usar un solo regulador (antes de las válvulas de paso), ya que el consumo es bajo.

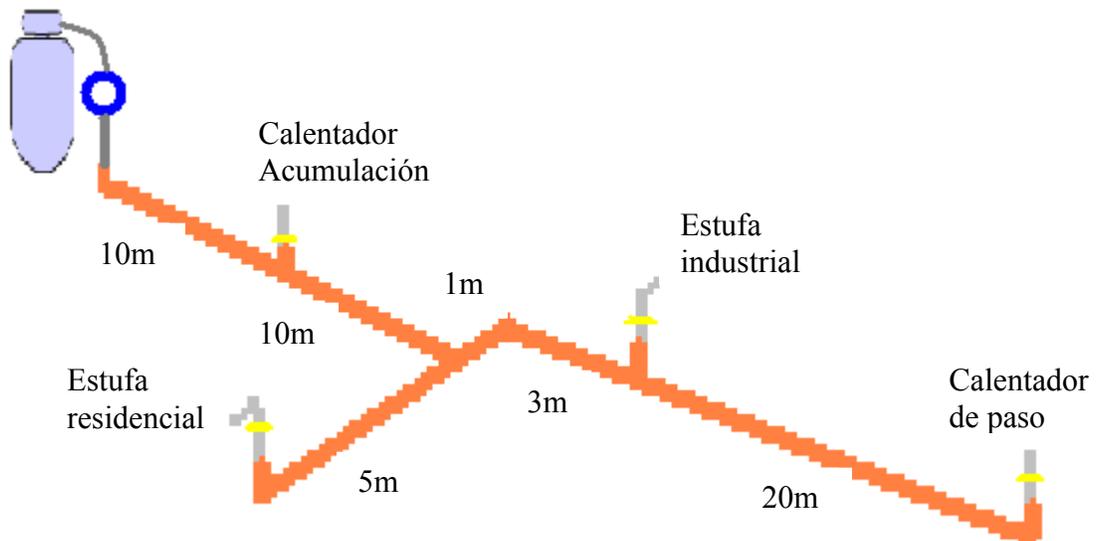
**Figura 49. Esquema regulador al interior de la vivienda**



### 7.3 CHALET A UNA Y DOS ETAPAS

Estufa residencial de 4 quemadores, estufa industrial de tres quemadores (anillo de 25cm de diámetro), calentador de acumulación de 40 galones para surtir los baños y calentador de paso de 13 litros de paso para surtir el jacuzzi. Alimentada con GLP.

**Figura 50. Esquema red en polietileno para GLP**



Densidad relativa del Gas = 1.6  
 Materiales = Polietileno y acero galvanizado  
 Presión de servicio mínima = 10 "wc (25 mbar)  
 Presión atmosférica local = 855 mbar

Simultaneidad = según la fórmula aplicada

Teniendo en cuenta los valores de la tabla 13 tenemos:

Estufa residencial = 4 quemadores \*  $0.158m^3/h = 0.63m^3/h$

Estufa industrial = 3 quemadores \*  $1.78m^3/h = 5.34m^3/h$

Calentador de acumulación =  $0.85m^3/h$

Calentador de paso de 13 litros =  $2.97m^3/h$

### 7.3.1 Cálculo en Baja presión Expresión de Renouard

**Tabla 19. Cálculo baja presión red de polietileno para GLP**

TRAMO	L REAL	L EQUIV	VEL m/s	Q m <sup>3</sup> /h	DIAM	H mbar	dr	H acum	P. Inic	P final
Reg-T1	10,0	12	5,38	9,05	26,4	3,450	1,6	3,450	35,00	31,550
T1-T2	10,0	12	5,12	8,63	26,4	3,160	1,6	6,610	31,55	28,390
T2-Est R	5,0	6	1,10	0,63	15,4	0,181	1,6	3,631	28,390	28,209
T2-T3	4	4,8	8,27	8,31	20,4	4,094	1,6	7,725	31,369	27,275
T3-Cal P	20	24	2,95	2,97	20,4	3,146	1,6	6,777	31,369	28,223

Usando tubería de 1" para los dos primeros tramos,  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ " para los otros tramos, se consigue una presión final satisfactoria.

Debido al alto costo y la posible dificultad que puede presentarse para conseguir la herramienta o el material de 1"; podemos examinar la regulación en dos etapas.

### 7.3.2 Cálculo en Media presión Expresión de Müller

Podemos usar solo tubería de  $\frac{1}{2}$ " a 140, 210 ó 345 mbar; luego colocamos un regulador de segunda etapa en cada salida.

**Tabla 20. Cálculo media presión red de polietileno para GLP**

dr	TRAMO	L Eq. En Metros			salidas No.	FD	Qt m <sup>3</sup> /h	Qd m <sup>3</sup> /h	DIAM. mm	P. inic. mbar	P. final mbar	H mbar
		Tubería	Acces.	Total								
1,6	Reg-T1	10,0	0	10,00	4	0,76	9,79	7,44	15,4	995	975,62	19,38
1,6	T1-T2	10,0	0	10,00	3	0,78	8,94	6,97	15,4	975,62	957,97	17,65
1,6	T2-Est R	5,0	0	5,24	1	1	0,63	0,63	15,4	957,97	957,83	0,14
1,6	T2-T3	4,0	0	4,46	2	0,8	8,31	6,65	15,4	957,97	950,63	7,34
1,6	T3-Cal P	20,0	0	20,46	1	1	2,97	2,97	15,4	950,63	942,27	8,35

Presión mínima final =  $942.27 - 855 = 87.27mbar$  (aceptable).

## **8. CONEXIÓN DE GASODOMÉSTICOS**

Los materiales utilizados para la conexión de equipos a gas, deben cumplir una serie de requisitos establecidos en la NTC; en donde se procura brindar seguridad al usuario.

La conexión es una labor de responsabilidad que debe realizar una persona competente; lamentablemente en nuestra cultura casi siempre se busca la opción más económica. Incluso nos equivocamos pensando que cualquier persona que labora en una empresa dedicada a la distribución ó construcción de redes para Gas, están capacitados para hacer conexiones.

Una persona adecuada para realizar una conexión es aquella que estudia la normatividad aplicable al caso, atiende las especificaciones del fabricante del producto y que además ha conseguido experiencia en campo a través de otras personas dedicadas al oficio.

Los gases combustibles son considerados como seguros, pero si lo manipulamos en la forma equivocada ó de manera irresponsable, es un enemigo potencial; por eso antes de proceder con la conexión de los gasodomésticos, debemos asegurarnos del estado en que se encuentra la red; sobre todo hermeticidad y ventilación.

*Nota: Siempre se debe atender las recomendaciones del fabricante presentes en el manual de instrucciones.*

### **8.1 VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN**

Primero que todo se debe echar un vistazo al trazado de la red, observando sobre todo si existe algún tipo de unión mecánica ó por traba química dentro de una habitación, baño, un sótano ó recinto de bajo nivel con ausencia de un sistema de ventilación que permita la evacuación segura del gas, en caso de un escape.

Si esta condición se cumple, lo mínimo que se debe hacer es informar al residente de dicha anomalía para que se haga la respectiva reparación; en todo caso por personal competente.

Luego de verificar la existencia de uniones indebidas, se debe determinar si el recinto donde se va a realizar la conexión es o no un espacio confinado. En caso de serlo, lo mejor es solucionar de inmediato las condiciones de ventilación, ya sea retirando puertas, fijarles un tope para que no cierren del todo, realizar aberturas, instalar ductos o rejillas de ventilación.

Si un cliente no acepta la construcción de un sistema de ventilación para un recinto confinado, es preferible no instalar el gasodoméstico.

## **8.2 CAPACIDAD DE LA RED**

En el evento de cambiar ó agregar un gasodoméstico a la red, es posible que la presión y/o el caudal de la red ya no sean suficientes para suplir la demanda.

La forma más rápida de hacer una estimación es observar la presión de trabajo y caudal de salida del regulador. Por ejemplo, si se va a instalar un calentador Haceb de 5.5 litros a Gas natural, su presión de suministro debe ser 20 *mbar* y el regulador solo despacha 18 *mbar*. En éste caso debe ser cambiado el regulador por uno cuya presión de salida sea de 23 *mbar*.

De igual manera podríamos requerir una salida adicional para agregar otro gasodoméstico al sistema y exceder el caudal de demanda para el cual está capacitada la red. Por ejemplo si vamos a instalar un Calentador de 13 litros, requiere un caudal cercano a los 3 $m^3/h$  y es posible que el regulador solo esté capacitado para 1.5 ó 2.5 $m^3/h$ .

El diámetro de la tubería también podría ser insuficiente para adoptar un gasodoméstico; en campo resultaría difícil para un instalador hacer un cálculo de pérdidas usando expresiones como la de Renouard o la de Pole y para éste fin algunas gaseras acostumbran dotarlos de tablas de fácil interpretación (Anexo B) que pueden indicar si la red necesita o no de una modificación (diámetro mayor).

## **8.3 DISTANCIAS PERMITIDAS**

Alrededor de un equipo a Gas debe conservarse como mínimo una distancia de 50 $mm$  hacia los lados, con el fin de permitir la circulación de aire y el contacto con otros materiales; a menos que el fabricante diga lo contrario.

Si existe un material combustible la distancia debe aumentarse en proporción al riesgo que éste represente. Para un material ubicado sobre el gasodoméstico, la NTC 3632 recomienda un mínimo de 760 $mm$ .

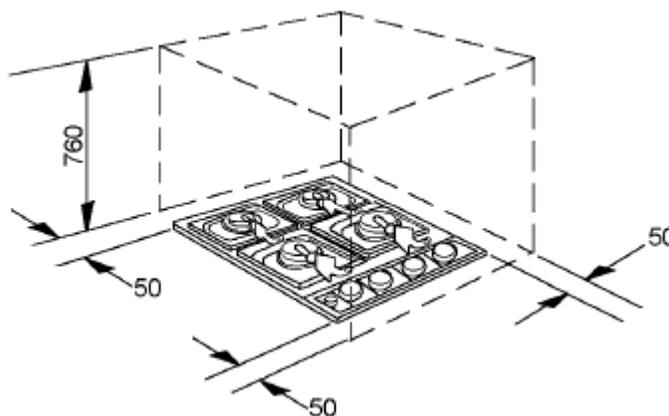
Cuando sea necesario instalar un gasodoméstico por encima de otro la distancia mínima de separación es 40 $cm$ ; esto con el fin de evitar que el gas viciado producto de la combustión del artefacto inferior, influya negativamente en la combustión del gasodoméstico ubicado a mayor altura.

En caso de no poder cumplir con los distanciamientos, se debe instalar algún tipo de pantalla incombustible que garantice la seguridad del usuario y sus bienes.

Para el caso de conexión de estufas, hornos y otros artefactos que requieren movimiento periódico; el conector debe ser del tipo flexible y su longitud no debe ser superior a 1.50 metros.

Los calentadores tipo A, requieren una distancia mínima en la parte superior con respecto a cualquier material (30cm cuando no se conoce lo recomendado por el fabricante); si no la tiene, se produce una devolución de monóxido de carbono que además de ser perjudicial para la salud, ocasiona un mal funcionamiento del equipo.

**Figura 51. Distancias mínimas para gasodomésticos**



#### **8.4 MATERIAL PARA LOS CONECTORES**

Sea cual sea el material con que se va a realizar la conexión, debe ser un material aceptado por la NTC 2505 y demás normas aplicables al caso que allí se mencionen, como la NTC 3632 y la 3561. Se permite acero, cobre, caucho sintético, entre otros.

Para las conexiones se debe proveer al menos un empalme del tipo universal que facilite el monte y desmonte, evitando retorcer el material.

**8.4.1 Conectores Rígidos.** Puede usarse en aquellos equipos fijos que no requieran el desplazamiento (como calentadores de paso). Los materiales pueden ser Acero al carbono, Acero galvanizado y Cobre rígido del tipo K ó L.

No es permitido el uso de hierro fundido.

**8.4.2 Conectores flexibles.** Pueden ser metálicos (acero flexible corrugado) ó plásticos (mangueras de nitrilo) y cumplir con unas condiciones mínimas de seguridad como:

Resistencia química a la acción de derivados del petróleo como el alquitrán, gasolina, gas butano, propano, metano y etano.

Resistencia mecánica al esfuerzo interno; por lo menos debe resistir 50 PSI.

Resistencia Térmica mínimo 90 °C.

Resistencia a cualquier agente externo presente en el ambiente en especial al ozono y dióxido de carbono.

**8.4.3 Conectores semirrígidos.** En caso de ser necesario, puede usarse tubería de cobre o aluminio flexible para realizar conexiones; se debe tener especial cuidado en el aislamiento con respecto a conducciones eléctricas que puedan ocasionar accidente.

Cuando sea necesario el movimiento del gasodoméstico, se debe hacer una espiral con el material, para evitar el estrangulamiento.

## **8.5 PURGA**

Cuando se habla de purgar la tubería se refiere a liberar el fluido inerte junto con toda impureza presente en su interior, que en determinado momento puede llegar hasta el aparato causando obstrucción y mal funcionamiento.

Al momento de realizarla se deben conservar medidas de seguridad para evitar un accidente; se abren puertas y ventanas para lograr la evacuación del gas liberado en el ambiente, se elimina cualquier fuente de chispa ó ignición.

## **8.6 PUESTA EN SERVICIO**

Antes de conectar el artefacto debemos asegurarnos que está adaptado para funcionar con el tipo de gas suministrado; de lo contrario se debe hacer la conversión, cambiando los fistos (comúnmente llamados chicleros) y en algunos casos calibrando la entrada de aire al quemador. Cuando no se puedan cambiar los fistos, también se puede ampliar su salida. Contrario a lo que hacen muchas personas en la práctica, la broca para tal fin debe ser muy exacta; por ejemplo para un quemador residencial estándar la medida es 1.0 *mm*.

Se pone en funcionamiento el gasodoméstico después de hacer el barrido a la tubería, estando seguros que no existe mezcla peligrosa, gas-aire en el ambiente.

Para el sellamiento en la conexión se usan los sellantes permitidos por la NTC 2505, como teflón industrial y sellantes anaeróbicos de fuerza media; no debe usarse sellante de fuerza alta que dificulte en algún momento el desmonte de las piezas.

En la práctica también suele suceder que personas con poco conocimiento usan teflón en la rosca de sistemas abocinados y similares, donde el sellamiento se da por compresión de las paredes cóncava y convexa de los accesorios; cuando la cantidad de teflón es considerable, la rosca se ensancha, no llega a su tope y no se produce la compresión adecuada (hermeticidad) de los materiales.

La llama debe ser estable y de color azul; si es oscilante y amarilla es por falta de aire en la entrada del quemador. Si la llama se desprende del quemador es por exceso de aire en la entrada.

En ambos casos se debe hacer la calibración, abriendo ó cerrando la abertura que existe en la entrada, que en la mayoría de los casos se forma con la ayuda de un anillo de aluminio atornillado al quemador.

## **8.7 FACTORES DETERMINANTES EN LA SELECCIÓN DE UN CALENTADOR**

Los calentadores son artefactos destinados al calentamiento de agua, en este caso haciendo uso del calor liberado mediante la combustión de Gas.

Existen calentadores de acumulación, de paso y de alta recuperación que es un sistema combinado entre los dos anteriores.

Todo calentador requiere de válvulas de corte de Agua y Gas ubicadas a la entrada, de fácil acceso. Después de la válvula de Agua se incluye un cheque vertical (de resorte) u horizontal (de cortina) aliviado (sin hermeticidad absoluta), que en determinado momento impida la devolución de agua caliente hacia la red de agua fría.

Aunque suelen ser fijos también se deben dotar de uniones tipo universal que faciliten su mantenimiento.

**8.7.1 Calentadores de Paso.** Son aquellos que calientan el agua que va pasando a través de una tubería en espiral, presente en su interior alrededor de una recámara (intercambiador de calor) donde hace combustión el Gas.

Se fijan en la pared (colgados con chazos), su forma es rectangular y reducida a comparación de los calentadores de acumulación.

Debido a su principio de funcionamiento, requiere alto caudal y presión de agua (proporcional a su tamaño) y excelente suministro de Gas (caudal y presión).

Los calentadores de paso Tipo B con salida superior a 5.5 litros/minuto y los Tipo C, requieren ducto de evacuación de Humos (monóxido de carbono) hasta el exterior.

Poseen la ventaja de calentar toda el agua que pase a través de él durante aproximadamente 20 minutos continuos, lo que lo hace ideal para llenar una tina o abastecer un jacuzzi.

Su desventaja mas notable es la imposibilidad de cubrir largas distancias (con el agua caliente) conservando una temperatura y presión adecuada; además de no ser adecuado para surtir más de un baño a la vez, la temperatura baja considerablemente.

**8.7.2 Calentadores de Acumulación.** Son aquellos en forma de tanque que acumulan el agua en su interior y un quemador ubicado debajo, se encarga de calentarla. El quemador es pequeño como el de una estufa residencial.

La presión de salida del Agua es más alta que en un calentador de paso requieren de una válvula de sobrepresión, con una tubería dirigida a un sifón o similar. Esto se debe a que en éste tipo de calentadores se produce un efecto de acumulación de fluidos calientes como en una olla a presión.

Por el bajo consumo de Gas no requieren ducto de evacuación; la presión y caudal de entrada tanto del Agua como del Gas pueden ser muy reducidos. Estos factores le dan ventaja ante los calentadores de paso.

Tienen la capacidad de surtir varios aparatos a la vez sin disminución considerable de temperatura y presión. Ideal para cubrir grandes distancias.

Su principal desventaja es su capacidad limitada; es decir, luego de consumir el agua acumulada y requerir mas agua caliente, se debe esperar hasta que vuelva a calentar (40 min. aprox.)

**8.7.3 Calentadores de Alta recuperación.** Tienen la capacidad de acumular grandes cantidades de agua para calentarla poco a poco y a la vez un sistema similar al calentador de paso con un quemador de alta potencia que puede calentar y dar salida al Agua en forma inmediata.

Por ser un sistema combinado (paso y acumulación) es suficiente para cubrir una alta demanda de agua caliente, incluso en simultáneo.

Debido a su alta potencia requieren ducto de evacuación hasta el exterior.

## 9. ANEXOS

### ANEXO A - DUCTOS CIRCULARES METALICOS INDIVIDUALES

H (m)	L (m)	Diámetro nominal mm (Pulg)																	
		76 (3)			102 (4)			127 (5)			152 (6)			178 (7)			203 (8)		
		Potencia Total Instalada - Mj/h																	
		MEC min.	MEC max.	NAT max.	MEC min.	MEC max.	NAT max.	MEC min.	MEC max.	NAT max.	MEC min.	MEC max.	NAT max.	MEC min.	MEC max.	NAT max.	MEC min.	MEC max.	NAT max.
1,8	0,0	0	62	49	0	160	91	0	285	149	0	395	216	0	553	301	0	736	390
	0,6	13	64	44	18	124	95	24	205	136	55	305	306	42	424	288	51	562	374
	1,2	22	52	36	32	99	67	41	161	109	53	239	161	70	333	222	83	452	294
	1,8	26	49	34	38	96	64	50	157	105	62	235	157	82	327	216	96	436	288
2,4	0,0	0	89	53	0	174	99	0	291	163	0	438	248	0	615	337	0	823	438
	0,6	13	60	42	17	115	79	26	188	127	30	227	190	44	385	260	53	509	340
	1,5	22	56	40	34	109	75	44	180	121	56	269	282	74	375	250	88	499	330
	2,4	26	52	37	41	103	70	54	173	115	67	280	174	89	366	239	104	488	320
3	0,0	0	93	56	0	185	105	0	311	175	0	471	269	0	665	364	0	893	475
	0,6	13	64	44	18	124	85	24	205	136	27	305	206	42	424	288	51	562	374
	1,5	24	60	42	34	119	81	43	197	131	55	295	196	72	413	277	85	550	365
	3,1	32	54	38	43	110	74	57	186	121	71	282	185	93	396	258	110	531	348
4,6	0,0	0	99	61	0	201	118	0	345	197	0	529	301	0	755	411	0	1023	554
	0,6	12	73	51	16	143	96	21	238	158	23	357	237	40	501	333	47	667	437
	1,5	23	69	47	32	137	82	41	231	150	52	348	229	67	488	316	80	654	425
	3,1	31	62	43	42	126	86	54	217	142	67	332	219	89	469	304	104	633	407
	4,6	37	56	39	51	118	80	64	206	135	80	317	209	103	452	290	121	612	393
6,1	0,0	0	102	64	0	213	125	0	368	213	0	569	324	0	818	453	0	1115	606
	0,6	11	79	54	15	157	105	19	264	175	21	396	263	35	580	365	43	750	496
	1,5	22	75	51	31	151	101	40	255	169	50	387	254	65	547	355	77	735	485
	3,1	30	67	48	40	140	94	53	241	158	65	370	240	85	526	338	100	712	467
	4,6	36	61	42	49	131	89	62	229	150	77	355	229	99	507	325	117	690	450
6,1	51	55	37	58	122	82	73	217	141	89	340	217	113	489	311	132	889	432	
9,1	0,0	0	105	67	0	225	135	0	394	232	0	619	354	0	899	501	0	1237	685
	0,6	9	85	59	14	175	118	15	296	195	19	456	295	26	646	415	35	871	564
	1,5	22	81	57	30	169	114	38	290	186	47	444	288	61	633	406	73	855	553
	3,1	28	74	53	39	158	108	51	276	180	62	427	275	81	612	391	96	831	535
	4,6	35	67	NR	46	149	101	60	263	172	74	410	263	95	591	378	111	807	517
	6,1	59	61	NR	56	139	95	70	250	162	84	394	250	106	572	362	125	783	499
9,1	NR	NR	NR	77	119	NR	93	226	NR	110	365	231	138	535	336	157	740	468	
15,2	0,0	0	107	71	0	228	141	0	419	245	0	667	383	0	983	546	0	1368	747
	0,6	8	91	64	12	193	129	15	337	217	16	524	331	23	754	469	27	1028	649
	1,5	21	76	NR	26	187	125	37	329	211	45	514	325	58	740	462	69	1012	638
	3,1	27	80	NR	37	177	120	47	315	200	59	497	314	77	718	449	91	966	621
	4,6	62	74	NR	44	167	NR	57	303	190	70	480	304	90	696	436	105	961	603
	6,1	NR	NR	NR	53	157	NR	66	290	189	80	464	293	102	677	423	119	938	566
9,1	NR	NR	NR	73	138	NR	89	264	NR	104	432	273	130	638	396	149	890	550	
30,5	0,0	NR	NR	NR	0	230	NR	0	429	NR	0	701	422	0	1051	591	0	1488	812
	0,6	NR	NR	NR	11	205	NR	13	373	NR	14	597	395	19	876	538	22	1218	738
	1,5	NR	NR	NR	27	199	NR	35	366	NR	42	587	389	55	865	531	63	1203	730
	3,1	NR	NR	NR	35	192	NR	45	353	NR	58	572	381	72	845	520	84	1179	716
	4,6	NR	NR	NR	42	183	NR	53	338	NR	65	557	372	84	825	506	96	1155	702
	6,1	NR	NR	NR	50	175	NR	62	326	NR	75	541	363	95	805	497	111	1131	689
	9,1	NR	NR	NR	NR	NR	NR	82	306	NR	97	509	NR	121	766	473	138	1065	661
	15,2	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	155	451	NR	190	686	427	206	995	606

NR: No Recomendable

## ANEXO B TABLAS PARA ESTIMACIÓN DE LONGITUD MÁXIMA

Gas Natural cobre flexible y Pe/Al/pe (G 0.67-Pi 23mbar)

Caudal (m3/h)	LONGITUD MAXIMA DE TUBERIA			
	1/2" Cu	5/8" Cu	1/2" Pe	3/4" Pe
1,0	42,06		63,97	
1,2	30,18	90,04	45,91	96,50
1,4	22,80	68,01	34,68	72,90
1,6	17,88	53,34	27,19	57,17
1,8	14,43	43,05	21,95	46,14
2	11,91	35,54	18,12	38,09
2,2	10,01	29,88	15,23	32,02
2,4	8,55	25,50	13,00	27,33
2,6	7,39	22,04	11,24	23,63
2,8	6,46	19,26	9,82	20,65
3	5,69	16,99	8,66	18,21
3,5	4,30	12,83	6,54	13,75
4	3,37	10,06	5,13	10,79
4,5	2,72	8,12	4,14	8,71
5	2,25	6,71	3,42	7,19
6		4,81	2,45	5,16

GLP cobre flexible y Pe/Al/pe (G 1.6-Pi 35 mbar)

Caudal (m3/h)	LONGITUD MAXIMA DE TUBERIA			
	1/2" Cu	5/8" Cu	1/2" Pe	3/4" Pe
1,0	23,48		35,72	
1,2	16,85	50,27	25,63	53,88
1,4	12,73	37,97	19,36	40,70
1,6	9,98	29,78	15,18	31,92
1,8	8,06	24,03	12,25	25,76
2	6,65	19,84	10,12	21,27
2,2	5,59	16,68	8,50	17,88
2,4	4,77	14,24	7,26	15,26
2,6	4,13	12,31	6,27	13,19
2,8	3,60	10,75	5,48	11,53
3	3,18	9,49	4,84	10,17
3,5	2,40	7,17	3,65	7,68
4		5,62	2,86	6,02
4,5		4,54		4,86
5		3,74		4,01
6		2,69		2,88

Gas Natural cobre rígido tipo L (G 0.67-Pi 23mbar)

Caudal (m3/h)	LONGITUD MAXIMA DE TUBERIA Cu Rig Tipo L					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
2,5	24,01					
3	17,23	100,15				
3,5	13,01	75,65				
4	10,21	59,33				
4,5	8,24	47,88				
5	6,80	39,52				
5,5	5,72	33,23				
6	4,88	28,36	102,68			
7	3,69	21,42	77,56			
8	2,89	16,80	60,83			
9		13,56	49,09			
10		11,19	40,52	111,59		
12		8,03	29,08	80,08		
14		6,07	21,97	60,49		
16		4,76	17,23	47,44	109,65	
18			13,90	38,29	88,49	
20			11,48	31,60	73,05	
22			9,65	26,57	61,42	
24			8,24	22,68	52,42	
26			7,12	19,61	45,32	
28			6,22	17,13	39,60	
30			5,49	15,11	34,93	132,59

GLP cobre rígido tipo L (G 1.6-Pi 35 mbar)

LONGITUD MAXIMA DE TUBERIA Cu Rig Tipo L					
1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
13,40					
9,62	55,91				
7,27	42,24				
5,70	33,12				
4,60	26,73				
3,80	22,07				
3,19	18,55				
2,72	15,84	57,33			
	11,96	43,30			
	9,38	33,96			
	7,57	27,41			
	6,25	22,63	62,30		
	4,49	16,24	44,71		
	3,39	12,26	33,77		
	2,66	9,62	26,49	61,22	
		7,76	21,38	49,41	
		6,41	17,65	40,79	
		5,39	14,84	34,29	
		4,60	12,66	29,27	
		3,98	10,95	25,30	
		3,47	9,57	22,11	
		3,06	8,44	19,50	74,03

Gas Natural acero galvanizado (G 0.67-Pi 23mbar)

Caudal (m3/h)	LONGITUD MAXIMA DE TUBERIA					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
2,5	45,46					
3	32,62	126,49				
3,5	24,64	95,55				
4	19,32	74,93				
4,5	15,60	60,48				
5	12,87	49,92				
5,5	10,82	41,97				
6	9,24	35,83	114,59			
7	6,98	27,06	86,56			
8	5,47	21,22	67,88			
9	4,42	17,13	54,79			
10	3,65	14,14	45,23			
12	2,62	10,15	32,46	121,79		
14		7,66	24,52	91,99		
16		6,01	19,23	72,15		
18		4,85	15,52	58,23		
20		4,00	12,81	48,07	101,03	
22		3,37	10,77	40,41	84,94	
24		2,87	9,19	34,49	72,50	
26		2,48	7,95	29,82	62,67	
28		2,17	6,94	26,05	54,76	
30			6,12	22,98	48,30	161,11

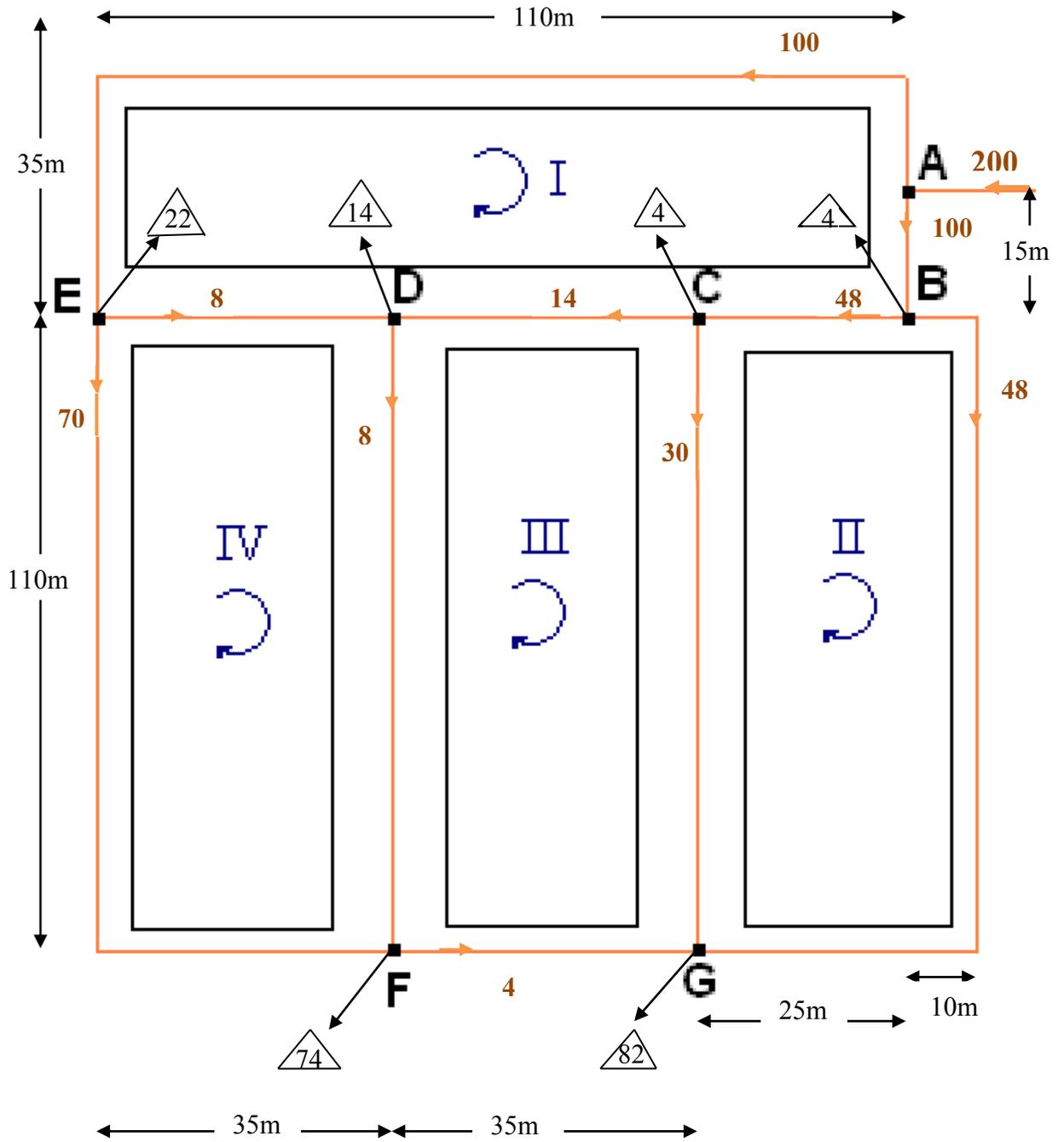
GLP acero galvanizado (G 1.6-Pi 35 mbar)

Caudal (m3/h)	LONGITUD MAXIMA DE TUBERIA					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
2,5	25,38					
3	18,21	70,62				
3,5	13,76	53,35				
4	10,79	41,84				
4,5	8,71	33,77				
5	7,19	27,87				
5,5	6,04	23,43				
6	5,16	20,00	63,98			
7	3,90	15,11	48,33			
8	3,06	11,85	37,90			
9	2,47	9,56	30,59			
10	2,04	7,89	25,25			
12	1,46	5,67	18,12	68,00		
14		4,28	13,69	51,36		
16		3,36	10,73	40,28		
18		2,71	8,66	32,51		
20		2,24	7,15	26,84	56,41	
22		1,88	6,01	22,56	47,42	
24		1,60	5,13	19,26	40,48	
26		1,39	4,44	16,65	34,99	
28		1,21	3,88	14,55	30,58	
30			3,42	12,83	26,97	89,95

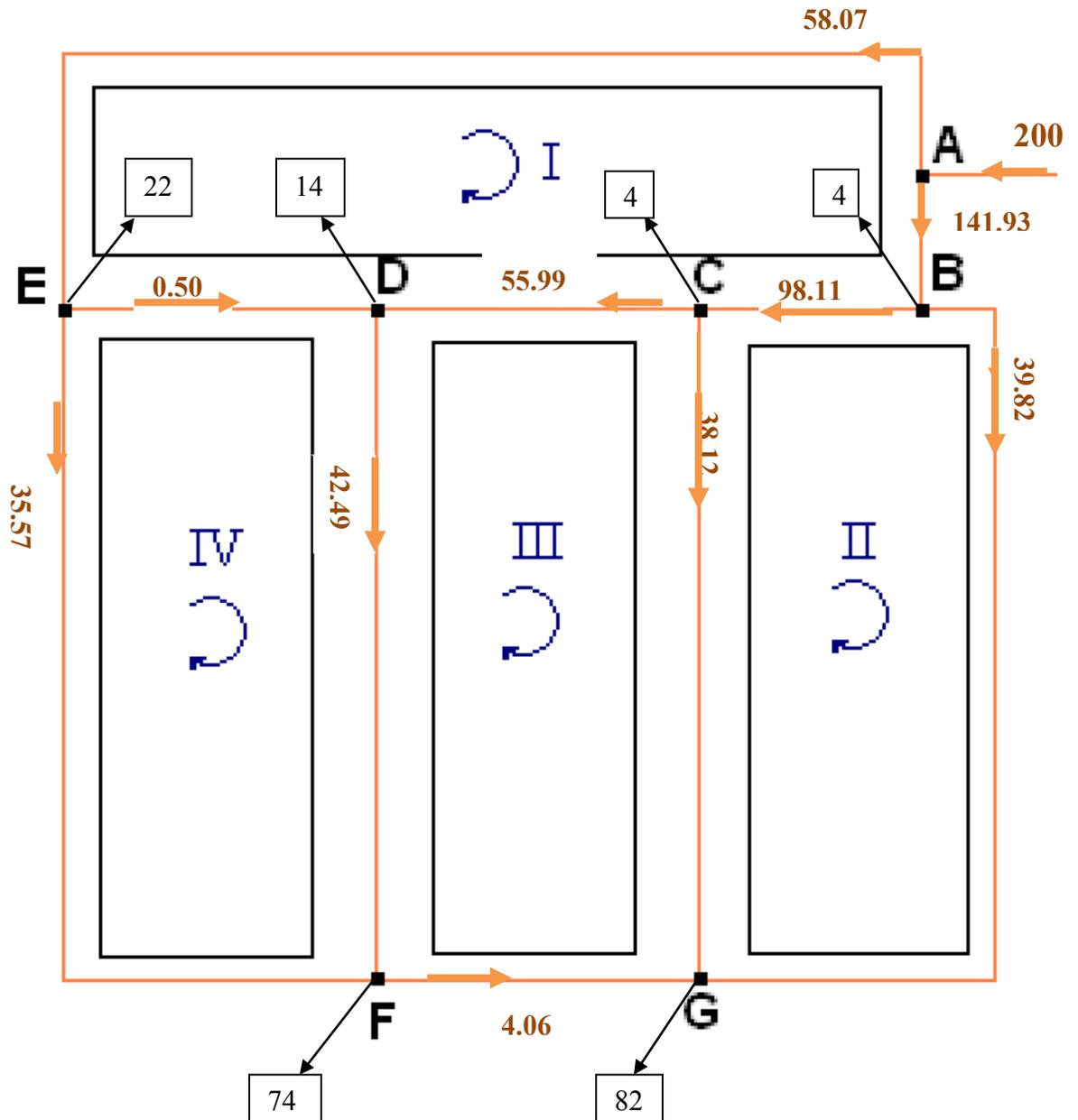
**ANEXO C DUCTOS CIRCULARES COLECTIVOS**

H m		Diámetro nominal mm (Pulg)																							
		76 (3)				102 (4)				127 (5)				152 (6)				178 (7)				203 (8)			
		MEC+		NAT+		MEC+		NAT+		MEC+		NAT+		MEC+		NAT+		MEC+		NAT+		MEC+		NAT+	
MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT		
1,8	NA	NA	NA	97	85	148	122	109	215	170	155	326	282	211	426	331	274								
2,4	NA	NA	NA	107	95	163	136	120	236	188	172	357	290	235	468	367	306								
3,0	NA	NA	NA	116	102	178	149	131	256	205	188	387	315	255	503	398	332								
4,6	NA	NA	NA	132	118	206	173	152	296	240	217	450	371	295	586	468	385								
6,1	NA	NA	NA	143	130	227	193	169	331	237	241	501	415	327	655	526	427								
9,1	NA	NA	NA	160	146	257	221	195	281	313	280	577	484	380	759	617	496								
15,2	NA	NA	NA	176	161	294	257	226	444	372	327	676	577	446	901	744	580								
30,5	NA	NA	NA	185	172	328	292	NR	516	444	NR	792	694	505	1061	921	659								
H m		Diámetro nominal mm (Pulg)																							
		229 (9)				254 (10)				305 (12)				356 (14)				406 (16)				457 (18)			
		MEC+		NAT+		MEC+		NAT+		MEC+		NAT+		MEC+		NAT+		MEC+		NAT+		MEC+		NAT+	
MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT		

**ANEXO D**  
**SOLUCIÓN DE SISTEMA DE 4 MALLAS**



**CONTINUACIÓN  
RESULTADO DE LA CORRECCIÓN  
DE CAUDALES**



## CONTINUACIÓN ILUSTRACIÓN DE UNA TABLA DE CÁLCULO RECOMENDADA

Las mallas se separan y los tramos se denominan siguiendo el sentido de las agujas del reloj; así mismo los caudales serán negativos ó positivos.

El caudal corregido es igual a la suma del caudal inicial y los deltas de Caudal de la iteración anterior.

Presión inicial, presión final y diferencia de presión (H) se dan conforme a los métodos vistos para la expresión de Müeller.

Se recomienda crear las tablas en Excel para hacer mucho más rápido y descomplicado el cálculo; vinculando cada tabla con la anterior para obtener el caudal corregido de manera automática.

Para H/Q se crean varias columnas donde se denominan teniendo en cuenta los números de las mallas implicadas; por ejemplo para el tramo B-C que es común entre la malla 1 y 2, se denomina H12 / Q12.

Esta sería la fórmula usada en Delta Q4 (Casilla I35):  $\Delta Q = -\sum H / (n * \sum (\frac{H}{Q}))$ .

SUMA		=-I29/(1,73913*(J29+K29+L29+M29+N29+O29))													
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
28	8	0	8	20,4	35	4306,671	4304,239	2,4319				0,304			
29								-408,2701	5,9666			0,304		0,870	
30															234
31															
32	$\Delta Q = -\sum H / (n * (\sum H/Q))$		40,058				Delta Q1	40,058							
33			-10,605				Delta Q2	-10,605							
34			0,028				Delta Q3	0,028							
35			32,876				Delta Q4	29+O29))		50,663	40,030	7,182	-10,632	-32,848	

La columna final (alternativa) se crea como medida de seguridad con el fin de conseguir el  $\Delta Q$  por otro lado, consiguiendo aquí parte de la fórmula  $-\sum H/n$  que luego se multiplica por  $1/(\sum H/Q)$ . De esta manera conseguimos  $\Delta Q$  en dos casillas distintas (ejemplo en D35) y su resultado debe ser exactamente igual.

SUMA		=P30*(1/(J29+K29+L29+M29+N29+O29))														
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
28	8	0	8	20,4	35	4306,671	4304,239	2,4319				0,304				
29								-408,2701	5,9666			0,304		0,870		
30															234,755	
31																
32	$\Delta Q = -\sum H / (n * (\sum H/Q))$		40,058				Delta Q1	40,058								
33			-10,605				Delta Q2	-10,605								
34			0,028				Delta Q3	0,028								
35			29+O29))				Delta Q4	32,876		50,663	40,030	7,182	-10,632	-32,848		

Después de terminada la creación de fórmulas en la segunda tabla, ésta se copia y pega debajo para crear la tercera, la tercera se copia y pega debajo para crear la cuarta y así sucesivamente. Si las fórmulas introducidas en la segunda tabla son correctas, de ahí en adelante los resultados serán automáticos.

*Nota: es posible que Excel no admita valores negativos en las fórmulas, por eso se deben chequear los signos de los resultados; es posible que en algunas fórmulas halla que incluir un signo menos (-) para conseguir resultados; como en la siguiente figura donde la casilla D11 es negativa y por ende en la fórmula de la casilla H11 se debe anteponer un signo menos (-).*

Fórmula de Müeller

SUMA											
= (G11^2-F11*((0,67^0,425*-D11)/(0,0000461*E11^2,725))^1,73913)^0,5											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
7	TRAMO	Q in	Delta Q	Q corr	D	L	Pi	Pf	H	H/Qin	H12/Q
8	A-B	100	0	100	20,4	15	4855,000	4779,692	75,3080	0,7531	
9	B-C	48	0	48	20,4	30	4779,692	4737,147	42,5455		0,88t
10	C-D	14	0	14	20,4	35	4737,147	4731,293	5,8531		
11	D-E	-8	0	-8	20,4	35	4731,293	=(G11^2-F11	-2,2135		

En éste caso el resultado de la casilla I11 correspondiente a la pérdida de presión, también es negativo, por eso en vez de insertar la fórmula G11-H11 (Pi-Pf), se escribe H11-G11 (Pf-Pi).

I11									
=H11-G11									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
7	TRAMO	Q in	Delta Q	Q corr	D	L	Pi	Pf	H
8	A-B	100	0	100	20,4	15	4855,000	4779,692	75,3080
9	B-C	48	0	48	20,4	30	4779,692	4737,147	42,5455
10	C-D	14	0	14	20,4	35	4737,147	4731,293	5,8531
11	D-E	-8	0	-8	20,4	35	4731,293	4729,080	-2,2135

Para éste ejemplo las casillas verdes son el resultado de las diferencias de caudal, aquí vemos la fórmula a aplicar para Delta Q1.

SUMA														
X ✓ fx =-I13/(1,73913*(J13+K13+L13+M13+N13+O13))														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
13									-815,1033	10,1190	0,886	0,418	0,277	
14														
15	B-G	48	0	48	20,4	155	4779,692	4555,599	224,0932	4,6686				
16	G-C	-30	0	-30	20,4	110	4555,599	4483,068	-72,5307					2,418
17	C-B	-48	0	-48	20,4	10	4483,068	4467,990	-15,0782		0,314			
18									136,4843	4,6686	0,314			2,418
19														
20	C-G	30	0	30	20,4	110	4737,147	4667,438	69,7087					2,324
21	G-F	-4	0	-4	20,4	35	4667,438	4666,766	-0,6720	-1166,6915				
22	F-D	-8	0	-8	20,4	110	4666,766	4659,709	-7,0566					
23	D-C	-14	0	-14	20,4	35	4659,709	4653,759	-5,9505			0,425		
24									56,0296	-1166,6915		0,425		2,324
25														
26	D-F	8	0	8	20,4	110	4731,293	4724,333	6,9602					
27	F-E	-70	0	-70	20,4	145	4724,333	4306,671	-417,6621	5,9666				
28	E-D	8	0	8	20,4	35	4306,671	4304,239	2,4319				0,304	
29									-408,2701	5,9666			0,304	
30														
31														
32		$\Delta Q = -\sum H / (n * (\sum H / Q))$		40,058				Delta Q1	I3+O13))					

En las casillas verdes de la derecha se ha colocado la diferencia de Caudales que se debe aplicar en la iteración siguiente, para tramos comunes entre mallas.

SUMA															
X ✓ fx =I34-I35															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
31															
32		$\Delta Q = -\sum H / (n * (\sum H / Q))$		40,058				Delta Q1	40,058						
33				-10,605				Delta Q2	-10,605						
34				0,028				Delta Q3	0,028						
35				32,876				Delta Q4	32,876		50,663	40,030	7,182	-10,632	=I34-I35

Por ejemplo O35 se adiciona en la malla 3, tramo F-D; en la malla 4 tramo D-F se adiciona pero con signo contrario, para mayor seguridad se recomienda insertar el valor de la siguiente manera.

C56						
X ✓ fx =-C52						
	A	B	C	D	E	F
51	G-F	-4	0,0277	-3,972	20,4	35
52	F-D	-8	-32,8484	-40,848	20,4	110
53	D-C	-14	-40,0302	-54,030	20,4	35
54						
55						
56	D-F	8	32,8484	40,848	20,4	110
57	F-E	-70	32,8761	-37,124	20,4	145

TRAMO	Q.in	Delta Q	Q.corr	D	L	Pi	Pf	H	H/Qin	H12/Q12	H13/Q13	H14/Q14	H23/Q23	H34/Q34	-H/1,7391
A-B	100	0	100	20,4	15	4855,000	4779,692	75,3080	0,7531						
B-C	48	0	48	20,4	30	4779,692	4737,147	42,5455		0,886					
C-D	14	0	14	20,4	35	4737,147	4731,293	5,8531			0,418				
D-E	-8	0	-8	20,4	35	4731,293	4729,080	-2,2135				0,277			
E-A	-100	0	-100	20,4	165	4729,080	3792,484	-936,5963	9,3660						
								<b>-815,1033</b>	10,1190	0,886	0,418	0,277			468,685
B-G	48	0	48	20,4	155	4779,692	4555,599	224,0932	4,6686						
G-C	-30	0	-30	20,4	110	4555,599	4483,068	-72,5307					2,418		
C-B	-48	0	-48	20,4	10	4483,068	4467,990	-15,0782		0,314					
								<b>136,4843</b>	4,6686	0,314			2,418		-78,478
C-G	30	0	30	20,4	110	4737,147	4667,438	69,7087					2,324		
G-F	-4	0	-4	20,4	35	4667,438	4666,766	-0,6720	-1166,6915						
F-D	-8	0	-8	20,4	110	4666,766	4659,709	-7,0566						0,882	
D-C	-14	0	-14	20,4	35	4659,709	4653,759	-5,9505			0,425				
								<b>56,0296</b>	-1166,6915		0,425		2,324	0,882	-32,217
D-F	8	0	8	20,4	110	4731,293	4724,333	6,9602						0,870	
F-E	-70	0	-70	20,4	145	4724,333	4306,671	-417,6621	5,9666						
E-D	8	0	8	20,4	35	4306,671	4304,239	2,4319				0,304			
								<b>-408,2701</b>	5,9666			0,304		0,870	
															234,755
		$\Delta Q = -\sum H / (n * (\sum H / Q_i))$	40,058				Delta Q1	40,058							
			-10,605				Delta Q2	-10,605							
			0,028				Delta Q3	0,028							
			32,876				Delta Q4	32,876		50,663	40,030	7,182	-10,632	-32,848	





TRAMO	Q. in	Delta Q	Q. corr	D	L	Pi	Pf	H	H/Qin	H12/Q12	H13/Q13	H14/Q14	H23/Q23	H34/Q34	H/1,7391
A-B	141,27	0,6588	141,929	20,4	15	4855,000	4715,617	139,3828	0,9866						
B-C	97,73557	0,3707	98,106	20,4	30	4715,617	4564,358	151,2593		1,5476					
C-D	55,28107	0,7055	55,987	20,4	35	4564,358	4496,221	68,1373			1,2326				
D-E	-0,22196	-0,2816	-0,504	20,4	35	4496,221	4496,202	-0,0190				0,0855			
E-A	-58,73	0,6588	-58,071	20,4	165	4496,202	4136,949	-359,2529	6,1170						
								<b>-0,4924</b>	<b>7,1037</b>	<b>1,5476</b>	<b>1,2326</b>	<b>0,0855</b>			<b>0,2832</b>
B-G	39,53441	0,2880	39,822	20,4	155	4715,617	4552,501	163,1166	4,1259						
G-C	-38,4545	0,3348	-38,120	20,4	110	4552,501	4441,947	-110,5531					2,8749		
C-B	-97,7356	-0,3707	-98,106	20,4	10	4441,947	4388,964	-52,9837		0,5421					
								<b>-0,4202</b>	<b>4,1259</b>	<b>0,5421</b>			<b>2,8749</b>		<b>0,2416</b>
C-G	38,4545	-0,3348	38,120	20,4	110	4564,358	4454,099	110,2588					2,8673		
G-F	-4,01109	-0,0468	-4,058	20,4	35	4454,099	4453,377	-0,7220	-1110,2670						
F-D	-41,503	-0,9871	-42,490	20,4	110	4453,377	4316,435	-136,9416						3,2996	
D-C	-55,2811	-0,7055	-55,987	20,4	35	4316,435	4244,320	-72,1156			1,3045				
								<b>-99,5204</b>	<b>-1110,2670</b>		<b>1,3045</b>		<b>2,8673</b>	<b>3,2996</b>	<b>57,2242</b>
D-F	41,50303	0,9871	42,490	20,4	110	4496,221	4360,625	135,5960						3,2671	
F-E	-36,5081	0,9404	-35,568	20,4	145	4360,625	4225,294	-135,3306	3,7069						
E-D	0,221961	0,2816	0,504	20,4	35	4225,294	4225,294	0,0004				0,0017			
								<b>0,2657</b>	<b>3,7069</b>			<b>0,0017</b>		<b>3,2671</b>	
															<b>-0,1528</b>
	$\Delta Q = -\sum H / (n * (\sum H / Q_i))$		0,028				Delta Q1	0,028							
			0,032				Delta Q2	0,032							
			-0,052				Delta Q3	-0,052							
			-0,022				Delta Q4	-0,022			<b>0,0803</b>	<b>0,0503</b>	<b>0,0839</b>	<b>-0,0300</b>	

## ANEXO E RESULTADOS DE PRUEBAS EN CAMPO

El objetivo principal de las pruebas en campo era corroborar la certeza de los métodos de cálculo, es decir presiones calculadas Vs. obtenidas. Además se examinó la pérdida de carga en el medidor.

Luego de varios ensayos, se escogió como ejemplo el que veremos a continuación:

Vivienda residencial a dos puntos abastecida con Gas natural, cobre flexible de ½", regulador única etapa Humcar R4 y medidor Metrex G 1.6.

Equipos instalados: calentador de paso 1.03 m<sup>3</sup>/h y estufa residencial 0.78 m<sup>3</sup>/h.

Con un manómetro de baja presión capacitado para 35 "WC (87.15 mbar), se toma la presión estática en la salida del medidor y del regulador (ubicado antes del medidor); el resultado es de 9.7 "WC (24.15 mbar) para ambos casos.



Luego con un caudal de salida bajo (equivalente a un quemador residencial) se toma la presión dinámica antes del medidor (salida del regulador). El resultado 9.2 "WC (22.91 mbar).



Con el mismo caudal de salida se toma la presión dinámica en la salida del medidor equivalente a 9.0 "WC (22.41 mbar).



La distancia entre el centro de medición y la tee de derivación es de 5.8m; de la tee hasta la estufa el recorrido es de 4.20m; el recorrido entre la tee (cambio de dirección) y el calentador es de 4.30m. También existe una unión en este tramo.

Diámetro interno efectivo del cobre flexible de  $\frac{1}{2}$ " 10.8 mm.

Se instala el manómetro de baja presión ahora en la conexión de la estufa, donde la distancia total en cuestión = 10.0m; presión estática = 9.7 "WC; se pone en funcionamiento a máxima potencia, lectura = 9.0 "WC (**22.41 mbar**).

Ahora se chequea la presión en la conexión del calentador donde la distancia en cuestión = 10.10m; presión estática = 9.7 “WC; cuando el calentador funciona la presión es de 8.6 “WC (**21.41** mbar).

Por ser una red en tubería flexible (sin codos) a baja presión, calculamos las pérdidas con la expresión de Renouard.

<b>Caudal</b>	<b>Diam.</b>	<b>Long.</b>	<b>Long. Eq.</b>	<b>P. Inicial</b>	<b>Perdida</b>	<b>P. Final</b>
(m3/h)	(mm)	(Metros)	(Metros)	(mbar)	(mbar)	(mbar)
1,03	10,8	10,1	12,12	24,15	2,08	<b>22,07</b>
0,78	10,8	10	12	24,15	1,24	<b>22,91</b>

De lo anterior podemos concluir:

- Efectivamente la presión de salida del regulador difiere a la especificada por el fabricante.
- La pérdida de carga en el medidor es de 0.2 “WC (0.5 mbar).
- Al tener en cuenta esta pérdida en el medidor para la presión inicial, la pérdida calculada Vs obtenida para la estufa es exactamente igual.

<b>Caudal</b>	<b>Diam.</b>	<b>Long.</b>	<b>Long. Eq.</b>	<b>P. Inicial</b>	<b>Perdida</b>	<b>P. Final</b>
(m3/h)	(mm)	(Metros)	(Metros)	(mbar)	(mbar)	(mbar)
1,03	10,8	10,1	12,12	23,65	2,08	21,57
0,78	10,8	10	12	23,65	1,24	<b>22,41</b>

- Para el caso del calentador existe una diferencia de 0.16 mbar (21.57-21.41), pero teniendo en cuenta que existe una tee con cambio de dirección cuya relación longitud/diámetro = 60; la comparación de pérdida calculada Vs obtenida es casi igual.

<b>Caudal</b>	<b>Diam.</b>	<b>Long.</b>	<b>Long. Eq.</b>	<b>P. Inicial</b>	<b>Perdida</b>	<b>P. Final</b>
(m3/h)	(mm)	(Metros)	(Metros)	(mbar)	(mbar)	(mbar)
1,03	10,8	10,75	12,90	23,65	2,21	<b>21,44</b>
0,78	10,8	10	12	23,65	1,24	22,41

- Según la teoría la pérdida en uniones se desprecia para efectos de cálculo; en éste caso vemos que aunque el valor es pequeño, puede ser el motivo de la diferencia.

*Nota: las mediciones se hicieron con un manómetro calibrado. Su funcionamiento fue comparado con otro manómetro propiedad de la interventoría para redes de Gas que labora en el Quindío.*

## ANEXO F CONVERSIÓN DE UNIDADES

Para convertir una unidad a otra, se ubica la unidad a convertir en la columna de la izquierda, luego se desplaza hacia la derecha hasta encontrar la fila de la unidad a la que se desea convertir y finalmente se multiplica por el número encontrado en la celda.

Unidades de Presión						
	Mpa	Bar	Kpa	mbar	PSI	"WC
Mpa	1	0,1	0,001	0,0001	145	0,00004
Bar	10	1	0,01	0,001	14,5	0,0004
Kpa	1000	100	1	0,1	0,145	0,04
mbar	10000	1000	10	1	0,0145	0,4
PSI	690000	69000	690	69	1	27,71
"WC	249000	24900	24,9	2,49	0,036	1

Unidades de Volumen				
	m <sup>3</sup>	lts	pie <sup>3</sup>	gal
m <sup>3</sup>	1	1000	35,3	264,2
lts	0,001	1	0,0353	0,264
pie <sup>3</sup>	0,0283	28,32	1	7,48
gal	0,003785	3,785	0,133	1

Unidades de Potencia y Consumo					
	m <sup>3</sup> /h	Kw	Mj/h	BTU/h	pie <sup>3</sup> /h
m <sup>3</sup> /h	1	10,35	37,26	35412	35,3
Kw	0,097	1	3,6	3421	3,412
Mj/h	0,0268	0,2778	1	950,278	0,9478
BTU/h	2,82E-05	0,00029	0,00105	1	9,97E-04
pie <sup>3</sup> /h	0,0283	0,293	1,055	1002,75	1

## ANEXO G RECOMENDACIONES

1. Para determinar caudal de consumo en artefactos ya instalados, que carezcan del dato del fabricante o hallan sido convertidos a otro tipo de gas; se enciende a toda potencia y se toma el tiempo que tarda el medidor en registrar cierta cantidad de litros (preferiblemente múltiplos de 10). El resultado en litros/segundo, se convierte a m<sup>3</sup>/h.

Ejemplo: Un calentador reglado para GLP, fue convertido a Gas natural mediante perforación de fistos; ahora su consumo es desconocido.

Se pone en funcionamiento el calentador y se toma 35 seg para avanzar 10

$$\text{Its} \rightarrow 10/35 = 0.286 \frac{\cancel{\text{Its}}}{\cancel{\text{seg}}} * \frac{3600 \cancel{\text{seg}}}{h} * \frac{m^3}{1000 \cancel{\text{Its}}} = 1.03 \text{ m}^3/h.$$

2. Por ningún motivo se deben detectar fugas pasando llama en las conexiones; si ya existe una fuga y se acumula gas en el ambiente, el accidente es inevitable.

3. Cuando se va a encender un gasodoméstico, primero se activa la fuente de ignición (chispa o candela) y luego se da paso al Gas. También puede acumularse el combustible y causar accidente.

4. Los calentadores de paso se encienden y se apagan inmediatamente después de abrir y cerrar la llave; si al momento de cerrarla, el calentador demora más de un segundo en apagarse, se puede crear una presión elevada capaz de estallar la parte más débil del sistema. Por tal motivo se debe realizar chequeo y mantenimiento periódico al funcionamiento del calentador.



5. Las tuberías de agua caliente y agua fría también deben conservar una distancia prudente entre sí; sobre todo si la conducción de agua caliente se hace en tubería metálica.

6. Aberturas que puedan cerrarse como ventanas “no cuentan como aberturas de ventilación”. Se han presentado casos lamentables donde ponen en funcionamiento calentadores de paso (en recintos confinados) con las ventanas cerradas; el monóxido de carbono se acumula causando intoxicación.

7. Todo calentador que esté diseñado para conectarse a un ducto de evacuación, debe contar con él; sobre todo si está instalado en el interior de la vivienda.

8. Pese a una temperatura ambiente menor a la resistencia del material, las tuberías plásticas expuestas a los rayos del sol directos ó a través de un vidrio, sufren daño; se deben proteger.

## CONCLUSIONES

- Las redes para conducción de gas son muy seguras siempre y cuando se construyan de la manera correcta, atendiendo las recomendaciones de los fabricantes de materiales y productos certificados; ellos se encargan de todos los estudios previos antes de lanzar un producto al mercado.
- Siempre que se haga una modificación a una red existente, se debe considerar la insuficiencia del sistema para atender la nueva demanda de combustible y aire.
- Pese a tener conocimientos previos en la construcción de alguna obra civil en particular, es la dedicación e investigación la que complementa nuestros conocimientos; mostrándonos otra perspectiva.

Todo no puede ser tan teórico, pero tampoco puede ser tan práctico; el éxito se alcanza cuando se logra el adecuado complemento entre las dos partes.

- Los métodos usados para calcular y diseñar sistemas de ventilación, al igual que los usados para estimar las pérdidas de carga en una red para gas, son producto de mucha dedicación y muchas pruebas de laboratorio. Son absolutamente respetables y somos nosotros los constructores quienes estamos en el deber de aprovecharlos.

## BIBLIOGRAFIA

BEDOYA MONTOYA Carlos Mauricio; GONZALES ZAPATA Juan Felipe, Guía Didáctica para el Dimensionamiento de Redes a Gas, Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 2001.

CANO MEJÍA Guillermo, Apuntes para el Diseño de Redes a Gas, Medellín, 1997.

HACEB, Manual de instrucciones para artefactos de cocción, Medellín 2009.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Compendio Tesis y otros Trabajos de Grado, Bogotá, Legis S.A. 2006.

----- NTC 332 Tubería metálica. Rosca para tubería...Bogotá, 1994.

----- NTC 1746 Tubos y accesorios termoplásticos...Bogotá, 1999.

----- NTC 2505 Instalaciones para suministro de gas destinadas a usos residenciales y comerciales, cuarta actualización, Bogotá, 2005.

----- NTC 3470 Tubos de acero...Bogotá, 1996.

----- NTC 3631 Artefactos de Gas. Ventilación de Recintos...Bogotá, 1994.

----- NTC 3632 Instalación de Gasodomésticos para... Bogotá, 1994.

----- NTC 3643 Especificaciones para la instalación de Calentadores de paso Continuo, Bogotá, 1994.

----- NTC 3728 Redes de Distribución Urbana de Gas, Bogotá, 1996.

----- NTC 3741 Conectores flexibles...Bogotá, 1995.

----- NTC 3833 Diseño de conductos de evacuación, Bogotá, 1995.

----- NTC 3838 Presión de Operación Permisible...Bogotá, 1999.

----- NTC 4579 Tubería corrugada de acero inoxidable...Bogotá, 1999.

GAS NATURAL, Lista de chequeo, Bogotá, 2002.

LÓPEZ CUALLA Ricardo Alfredo, Elementos para Acueductos y Alcantarillados, Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995.

MINISTERIO DE COMERCIO INDUSTRIA Y TURISMO Resol. 14471 de 2002, por la cual se fijan unos requisitos mínimos de calidad e idoneidad.

----- Resol. 0936 de 2008, por la cual se expide le reglamento técnico para gasodomésticos...

----- Resolución 1509 de 2009, por la cual se modifica la resol. 0936 de 2008 que incorporó la resolución 14471 de 2002.

PÉREZ CARMONA Rafael, Agua Desagües y Gas para Edificaciones, Quinta Edición, Bogotá, Ecoe Ediciones, 2005.

[es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia](http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia).

[www.extracol.com](http://www.extracol.com)

[www.pavco.com.co](http://www.pavco.com.co)

[www.tuboscolmena.com](http://www.tuboscolmena.com)