DISEÑO DE REDES INTERNAS PARA SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLE EN EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL, CON BASE EN LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

KEVIN JOHAN ECHEVERRY AMAYA

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIOAMBIENTE

BOGOTÁ, D.C.

2021

DISEÑO DE REDES INTERNAS PARA SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLE EN EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL, CON BASE EN LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

KEVIN JOHAN ECHEVERRY AMAYA

Trabajo de grado para optar el título de:

ESPECIALISTA EN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIOAMBIENTE

Director:

HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIOAMBIENTE

BOGOTÁ, D.C.

2021

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Héctor Alfonso Rodríguez Díaz

Gracias a mi familia, profesores y compañeros, quienes han sido una motivación en mi desarrollo profesional y han contribuido en el logro de esta meta.

Contenido

INTRODUCCIÓN 17

OBJETIVOS 19

1 GENERALIDADES DE LOS GASES COMBUSTIBLES DE USO RESIDENCIAL 20

1.1 ORIGEN 20

1.2 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS 22

1.2.1 Gas natural 22

1.2.2 Gas licuado de petróleo (GLP) 22

1.3 PROPIEDADES 24

1.3.1 Poder calorífico 24

1.3.2 Gravedad específica (G) 24

1.4 DISTRIBUCIÓN 24

1.4.1 Gas natural 25

1.4.2 Gas licuado de petróleo (GLP) 25

2 MARCO NORMATIVO VIGENTE PARA EL DISEÑO DE REDES INTERNAS DE GAS DE USO RESIDENCIAL 26

3 PARTES DEL SISTEMA QUE COMPONEN UNA RED INTERNA DE GAS COMBUSTIBLE PARA USO DOMICILIARIO. PARÁMETROS TÉCNICOS PARA SU DISEÑO 30

3.1 APARATOS GASODOMÉSTICOS 30

3.2 SISTEMA DE CONDUCCIÓN 32

3.2.1 Tuberías 32

3.2.1.1 Material 32

3.2.1.2 Diámetros 32

3.2.1.3 Disposición de la tubería 34
3.2.1.3.1 Tuberías enterradas 34
3.2.1.3.2 Tuberías embebidas 37
3.2.1.3.3 Tuberías por conductos o camisas 40
3.2.1.3.4 Tuberías a la vista (adosadas o colgadas) 43
3.2.1.4 Recomendaciones generales para el trazado de tuberías 44
3.2.2 Accesorios 47
3.2.2.1 Accesorios para tubería de acero 47
3.2.2.2 Accesorios para tubería de cobre 48
3.2.2.3 Accesorios para tubería de polietileno 48
3.2.2.4 Accesorios de transición PE-Acero y PE-Cobre 49
3.2.3 Válvulas de control 49
3.2.3.1 Válvula principal 50
3.2.3.2 Válvula de corte 50
3.2.3.3 Válvula de paso para reguladores 50
3.2.3.4 Válvula de paso para gasodomésticos 50
3.2.4 Centros de medición y regulación 55
3.2.4.1 Equipos de medición 55
3.2.4.1.1 Caudales predeterminados de los medidores 55
3.2.4.1.2 Ubicación y protección de los centros de medición 58
3.2.4.2 Equipos de regulación 59

3.2.4.2.1 Tipos de regulación 59
3.2.4.2.1.1 Regulación de única etapa 59
3.2.4.2.1.2 Regulación en dos etapas 60
3.2.4.2.1.3 Regulación en tres etapas o regulación asociada 62
3.2.4.2.2 Selección de los reguladores 64
3.2.4.2.3 Ubicación de los reguladores 65
3.3 SISTEMA DE VENTILACIÓN 66
3.3.1 Espacios confinados y no confinados 67
3.3.1.1 Espacio confinado 67
3.3.1.2 Espacio no confinado 67
3.3.2 Ventilación de espacios confinados 68
3.3.2.1 Ventilación de espacios confinados desde el exterior 68
3.3.2.1.1 Método 1. Dos aberturas permanentes 69
3.3.2.1.2 Método 2. Una abertura permanente 75
3.3.2.2 Ventilación de espacios confinados desde otros espacios de la misma construcción 75
3.3.2.3 Combinación de aire proveniente del interior y exterior 77
3.3.2.4 Métodos alternos para la ventilación de espacios confinados 78
3.3.3 Ventilación en sótanos o semisótanos 78
3.4 SISTEMA DE EVACUACIÓN 79
3.4.1 Evacuación de los productos de combustión de los gasodomésticos 79
3.4.1.1 Especificaciones para el dimensionamiento, la construcción e instalación de sistemas de evacuación 80

3.4.1.1.1 Tipos de evacuación 81

3.4.1.1.1.1 Evacuación directa a fachada 81
3.4.1.1.1.2 Evacuación por vacío interno 86
3.4.1.1.1.3 Evacuación por chimenea 88

4 DISEÑO DE UNA RED INTERNA DE GAS DE USO DOMICILIARIO. ECUACIONES 91

4.1 Caudal nominal de un gasodoméstico 91

4.2 Caudal de diseño de la red interna 92

4.3 Longitud total del tramo de tubería 93

4.4 Presión de diseño (pérdida de presión admisible) 94

4.4.1 Sistemas a media presión 95
4.4.1.1 Ecuación de Müeller 95

4.4.2 Sistemas a baja presión 96
4.4.2.1 Ecuación de Renouard lineal 97

4.4.2.2 Ecuación de Pole 97

4.5 Velocidad del flujo de gas 98

4.6 Sistema de ventilación 99

4.6.1 Evaluación de recintos donde se instalan gasodomésticos 99
4.6.2 Máxima potencia que se va a instalar 100
4.6.3 Área mínima requerida de las rejillas de ventilación 100

5 DISEÑO DE REDES INTERNAS DE GAS COMBUSTIBLE PARA USO RESIDENCIAL. METODOLOGÍA. 101

5.1 Requerimientos del sistema 101

5.1.1 Tipo de edificación 102

5.1.2 Identificación y localización de los aparatos gasodomésticos del sistema 102
5.1.3 Identificación del gas combustible que se va a suministrar 102
5.2 Cálculo del caudal del gas suministrado 103
5.2.1 Cálculo de caudales nominales de los gasodomésticos 103
5.2.2 Cálculo del caudal total de la unidad residencial 104
5.2.3 Caudal de diseño 104
5.3 Diseño del centro de medición 104
5.4 Definición del número de etapas de regulación 105
5.5 Trazado general de la red en planta 106
5.6 Definición del material de la tubería 107
5.7 Esquema de la red en tres dimensiones 107
5.8 Cálculo de la longitud equivalente 108
5.9 Cálculo del diámetro mínimo de los tramos de la red 109
5.9.1 Cálculo de pérdidas de presión en cada tramo 109
5.9.2 Cálculo de velocidad del gas en cada tramo 110
5.9.3 Tabla de memoria de cálculos de la red interna de gas 111
5.10 Cálculo de las áreas de ventilación 113
5.11 Cálculo del sistema de evacuación de productos de la combustión 115
6 CONSIDERACIONES Y ESTÁNDARES DE PRESENTACIÓN DE LOS DISEÑOS DE REDES INTERNAS DE GAS 116
6.1 Disponibilidad del servicio 116
6.2 Requisitos de los planos 118
6.2.1 Tamaño de los planos 118
6.2.2 Contenido del rótulo 119
6.2.3 Espacio para sellos 119

6.2.4 Contenido de los planos tipo planta (2D) 119
6.2.5 Contenido de los planos tipo isométricos (3D) 121
6.2.6 Contenido de los planos de detalles constructivos 121
7 CONCLUSIONES 123
8 RECOMENDACIONES 124
9 BIBLIOGRAFÍA 125
10 GLOSARIO 126
11 ANEXOS 132
11.1 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA ELABORAR EL DISEÑO DE LA RED INTERNA DE SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLE PARA UN CONJUNTO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ 132
11.1.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA 132
11.1.1.1 Tipo de edificación 132
11.1.1.2 Identificación y localización de los aparatos gasodomésticos del sistema 135
11.1.1.3 Identificación del gas combustible que se va a suministrar 137
11.1.2 Cálculo del caudal del gas suministrado 138
11.1.2.1 Caudales nominales de los artefactos a gas 138
11.1.2.2 Caudal de diseño de la red interna 138
11.1.2.3 Caudal de diseño 139
11.1.3 Diseño del centro de medición 141
11.1.4 Definición del número de etapas de regulación 141
11.1.5 Trazado general de la red en planta 142
11.1.6 Selección del material de la tubería 144

11.1.7 Esquema de la red en tres dimensiones 144
11.1.8 Cálculo de la longitud equivalente 148
11.1.9 Cálculos del diámetro mínimo, la pérdida de presión y la velocidad del gas 149
11.1.10 Cálculo de ventilaciones 153
11.1.10.1 Evaluación de espacios 153
11.1.10.2 Cálculo de rejillas de ventilación superior e inferior para la casa 2 155

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Esquema general de la extracción del gas natural. 21
Ilustración 2. Esquema de la instalación de tubería enterrada. 35
Ilustración 3. Tubería por cárcamo en concreto. 36
Ilustración 4. Distancias mínimas entre las tuberías de gas y las de otros servicios. 37
Ilustración 5. Zonas de trazado de instalaciones de tuberías embebidas. 38
Ilustración 6. Esquema de la instalación de tubería de gas embebida en pisos y muros. 39
Ilustración 7. Tubería a la vista con protección contra daño mecánico. 41
Ilustración 8. Tubería a la vista con protección contra daño mecánico, conductos. 42
Ilustración 9. Tubería vertical adosada a muro. 43
Ilustración 10. Tuberías de acero, cobre y polietileno. 46
Ilustración 11. Accesorios para tubería de acero 47
Ilustración 12. Accesorios para tubería de cobre. 48
Ilustración 13. Accesorios para tubería de polietileno. 48
Ilustración 14. Accesorio de transición de tuberías. Elevador. 49
Ilustración 15. Válvula de paso para estufa sobre el mesón 51
Ilustración 16. Válvula de paso para estufa dentro del mueble, adosada al mueble bajo el mesón. 52
Ilustración 17. Válvula de paso para estufa embebida en muro. 53
Ilustración 18. Válvula de paso para estufa embebida en muro, bajo el mesón. 53
Ilustración 19. Válvula para calentadores de agua. 54
Ilustración 20. Centro de medición y regulación para un usuario, medidor G-1.6. 57

Ilustración 21. Centro de medición y regulación para doce usuarios, medidores tipo G-1.6. 58
Ilustración 22. Regulación de única etapa en el centro de medición y regulación. 60
Ilustración 23. Regulación de primera etapa, media presión. 61
Ilustración 24. Regulación de segunda etapa en el centro de medición y regulación. 62
Ilustración 25. Regulación de primera etapa, media presión. 63
Ilustración 26. Regulación de segunda etapa en el centro de medición y regulación, baja presión. 64
Ilustración 27. Ventilación directa al exterior mediante dos aberturas permanentes, superior e inferior. Fuente: Vanti S.A. ESP. 69
Ilustración 28. Ventilación superior directa a fachada e inferior por conducto vertical bajo el mueble del lavadero. Fuente: Vanti S.A. ESP. 70
Ilustración 29. Ventilación superior e inferior por conducto horizontal en las esquinas a exterior. 71
Ilustración 30. Ventilación superior e inferior por conducto horizontal en las esquinas a exterior. Planta. Fuente: Vanti S.A. ESP. 72
Ilustración 31. Ventilación superior e inferior por conductos verticales a exterior. Fuente: Vanti S.A. ESP. 73
Ilustración 32. Ventilación superior e inferior por conducto colectivo vertical. Fuente: Vanti S.A. ESP. 74
Ilustración 33. Ventilación en puerta desde otro espacio de la misma edificación. Fuente: Vanti S.A. ESP. 76
Ilustración 34. Evacuación directa al exterior del calentador de agua de tiro forzado. 82

Ilustración 35. Evacuación directa al exterior del calentador de agua de tiro natural. ...85
Ilustración 36. Evacuación por chimenea colectiva de aparatos de tiro natural en diferentes pisos de una edificación. Fuente: Vanti S.A. ESP.....90
Ilustración 37. Proyecto conjunto residencial en la ciudad de Bogotá. 132
Ilustración 38. Acercamiento de la edificación bifamiliar, primer nivel de casas 1 y 2. 133
Ilustración 39. Acercamiento de la edificación bifamiliar, segundo nivel de casas N°1 y N°2. 134
Ilustración 40. Ubicación de los aparatos gasodomésticos que se van a instalar en las casas 1 y 2. 136
Ilustración 41. Plano de localización del proyecto. 137
Ilustración 42. Trazado de la red para las casas 1 y 2. 143
Ilustración 43. Trazado en tres dimensiones de la red para las casas 1 y 2.....145
Ilustración 44. . Trazado en tres dimensiones de la casa 1. 146
Ilustración 45. Trazado en tres dimensiones de la casa 2. 147

Índice de tablas

Tabla 1. Marco normativo para el diseño de redes internas de gas de uso residencial 26

Tabla 2. Potencia nominal estándar de los artefactos de uso residencial 31

Tabla 3. Diámetros internos de la tubería de acero. 32

Tabla 4. Diámetros internos de la tubería de cobre. 33

Tabla 5. Diámetros internos de la tubería de polietileno. 33

Tabla 6. Distancias mínimas entre tuberías de gas a la vista o embebidas y tuberías de otros usos. 40

Tabla 7. Distancia de anclajes para tuberías adosada a muro y colgada en placa. 44

Tabla 8. Tipos de medidores, caudales máximos, máxima agrupación de usuarios por regulador y diámetros en flautas. 56

Tabla 9. Factor de longitud de conductos de ventilación en sótanos. 78

Tabla 10. Diámetros internos mínimos de conectores de evacuación, en función a la potencia nominal del artefacto. 83

Tabla 11. Máximas presiones de operación permisibles para sistemas de tuberías destinados al suministro de gases combustibles para usos residenciales. 94

Tabla 12. Factor C en función del diámetro para la ecuación de Pole. 98

Tabla 13. Área mínima de abertura por cada kilovatio de potencia nominal de los artefactos instalados en un espacio confinado, según el método de ventilación. 101

Tabla 14. Memoria de cálculos de la red interna de gas. 111

Tabla 15. Detalle del consumo de los aparatos en la casa 1. 135

Tabla 16. Detalle del consumo de los aparatos en las casas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. 135

Tabla 17. Cálculo de caudales nominales de los artefactos. 138

Tabla 18. Consumo por usuario: casa 1 139
Tabla 19. Consumo por usuario: casas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. 139
Tabla 20. Capacidad de los medidores de gas. 140
Tabla 21. Caudal de diseño para usuario: casa 1 140
Tabla 22. Caudal de diseño para usuario: casas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 140
Tabla 23. Caudal de cada medidor y caudal total del centro de medición. 141
Tabla 24. Longitud equivalente de los tramos de la red para la casa 1 148
Tabla 25. Longitud equivalente de los tramos de la red para la casa 2 148
Tabla 26. Cálculo de diámetros mínimos, pérdida de presión y velocidad en la red para la casa 1 151
Tabla 27. Cálculo de diámetros mínimos, pérdida de presión y velocidad en la red para la casa 2 151
Tabla 28. Evaluación de espacios en las casas 1 y 2. 153

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la mayoría de las unidades residenciales requieren gas combustible para el uso doméstico, específicamente para artefactos como estufas, hornos, calentadores de agua, secadoras de ropa, chimeneas, calderas y calefactores, entre otros. Estos aparatos necesitan caudales y presiones determinadas de gas combustible para su adecuado funcionamiento y la mejor manera de suministrarlo es a través de un sistema de tuberías con diámetros y materiales determinados, así como sistemas de regulación y medición que cumplan con la norma técnica colombiana.

Tanto en Bogotá como en Cundinamarca, Boyacá y Santander, para que un proyecto residencial de casas o apartamentos tenga acceso al servicio de gas natural, es necesario diseñar la red de gas y presentarla a la entidad prestadora y reguladora del servicio para su revisión y posterior aprobación, en la que se aseguran de que cumple con los criterios normativos de funcionalidad y seguridad.

El diseño apropiado de una red interna de gas requiere amplios conocimientos en este tema; además, cumplir con la normativa legal vigente y los lineamientos de la entidad prestadora del servicio de la zona. Un adecuado diseño evita reprocesos, retrasos en la instalación y permite un buen servicio del gas combustible.

Infortunadamente, algunos diseñadores desconocen las particularidades y características de este tipo de redes, lo cual se agrava con la falta de experiencia en los lineamientos, restricciones y cálculos que conforman el adecuado diseño de estas

instalaciones. Razón por la cual se hace necesario crear una guía metodológica para el ámbito regional que le sirva como apoyo a los profesionales.

En este documento se propone una metodología para diseñar redes internas de gas combustible de uso residencial, con base en los siguientes aspectos: conceptos básicos de este tipo de redes, principales características de los gases combustibles natural y GLP, interpretación e implementación de la normatividad legal vigente en el país, métodos de cálculos y demás consideraciones que deben tener en cuenta los diseñadores. LA METODOLOGÍA PROPUESTA FUNDAMENTALMENTE SE HA DESARROLLADO CON BASE EN LAS NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS Y LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE VANTI GAS NATURAL S.A E.S.P.

Se detallan lineamientos desarrollados por importantes empresas prestadoras y reguladoras en Colombia, especialmente Vanti Gas Natural S.A. E.S.P., la cual tiene jurisdicción en gran parte de Cundinamarca, Boyacá y Santander.

Adicionalmente, este documento aplica la metodología propuesta en un caso de estudio particular, en el que se explican en detalle las etapas para el adecuado diseño de una red interna de gas.

OBJETIVOS

GENERAL

Elaborar una guía técnica para el diseño de redes internas de gas combustible de uso residencial que cumpla con la norma técnica colombiana.

ESPECÍFICOS

- Proponer una metodología que sirva de apoyo durante el proceso de diseño de redes internas de gas combustible en unidades residenciales.
- Recopilar las normas técnicas vigentes en el país para el diseño de redes internas de gas para uso residencial, así como información relevante sobre las partes del sistema y los procedimientos de su instalación.
- Presentar los requerimientos básicos que exigen las empresas prestadoras del servicio.
- Aplicar la metodología propuesta en un caso de estudio práctico.

1 GENERALIDADES DE LOS GASES COMBUSTIBLES DE USO RESIDENCIAL

1.1 ORIGEN

Hace millones de años, capas sucesivas de microorganismos, mezcladas con partículas arenosas y arcillosas, y restos de organismos vegetales y animales, terminaron por constituir en la Tierra una masa sólida (roca madre) en la cual, a través de un proceso anaeróbico de descomposición extremadamente lento de grasas y proteínas de los organismos vivos, empezaron a formarse el petróleo y el gas natural.

Las proporciones de estos recursos naturales dependían de las presiones y temperaturas (generalmente muy altas) a que estuvieran sometidos. Estos elementos ascendieron a través de fisuras y fracturas entre las capas de terreno permeable (poroso, como las esponjas), hasta quedar atrapados en una cúpula de terreno impermeable o contra una falla o hendidura rocosa. De esta forma, al acumularse se formaron los yacimientos, es decir, las bolsas o reservas que se han descubierto. El gas, menos pesado, ocupa la parte superior de la cavidad, el petróleo la parte intermedia y en la parte baja normalmente se encuentra agua salada.

Después de extraer el gas se realiza un tratamiento para minimizar los contenidos de etano y propano, y a su vez, despojarlo de los componentes que lo contaminan, como sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono, nitrógeno, agua, etc.

Al petróleo extraído también se le realiza un proceso de separación para obtener gas natural seco (metano y etano), líquidos de gas natural (propano, butano, pentano y otros más pesados) y otros componentes como azufre. Posteriormente, se fraccionan los líquidos del gas natural (LGN), en el cual se obtiene gas licuado de petróleo (GLP) y gasolina natural.

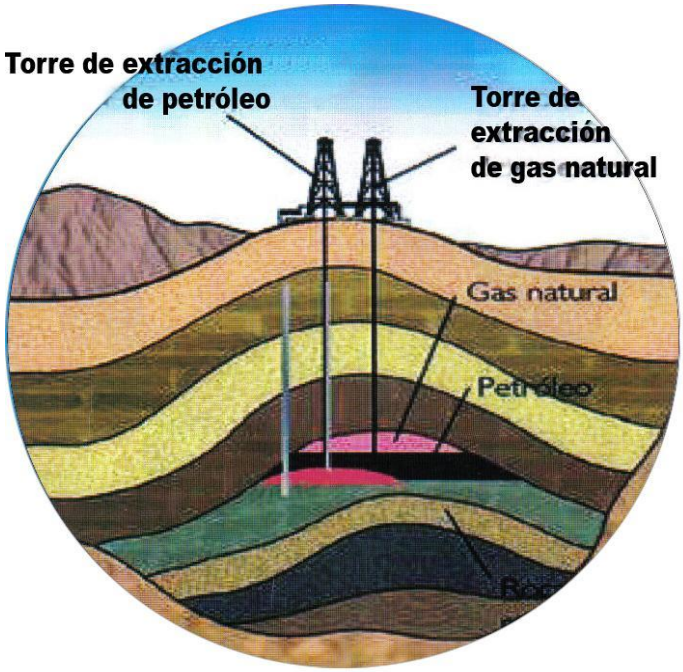


Ilustración 1. Esquema general de la extracción del gas natural.

Actualmente Colombia tiene catorce campos de producción de gas natural principales, localizados en cuatro regiones: Costa Atlántica, Santander, Llanos Orientales y Huila-Tolima.

1.2 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

1.2.1 Gas natural

- El gas natural es una mezcla de metano (82%), etano (12%) y propano (2%), entre otros componentes con mínimas cantidades.
- Es químicamente estable, no es toxico y generalmente inodoro.
- El gas natural pesa menos que el aire, razón por la cual tiende a localizarse en las partes altas, facilitando su salida hacia la atmósfera por las rejillas y ventanas.

1.2.2 Gas licuado de petróleo (GLP)

- El GLP es una mezcla de hidrocarburos líquidos, compuesta fundamentalmente por propano (30%), butano (67%), pentano, propileno y otros (3%). Este compuesto es gaseoso a temperatura y presión normales, pero se puede licuar por enfriamiento, compresión o una combinación de ambos procesos, transformándose en líquido.
- De la mezcla de propano-butano licuada por presión resultan líquidos transparentes como el agua, pero más ligeros. La densidad de gas L. P. en estado líquido es aproximadamente de 0,530 kg. Es decir, si un litro de agua pesa 1.000 gr, un litro de gas L.P. pesa 530 gr.
- El gas licuado de petróleo es químicamente estable, no es tóxico y generalmente inodoro.

- En estado líquido, este gas ejerce una presión al interior del recipiente que lo contiene, debido a que está en ebullición, es decir, está tratando de alcanzar un punto de equilibrio en función de la temperatura y de la cantidad de calor que absorbe del medioambiente que rodea al recipiente. En otras palabras, al elevar la temperatura del líquido, la presión aumenta, y al disminuir, baja.

  En consecuencia, siendo la presión una función de la temperatura, se toman como punto de referencia 15 °C (60 °F) para designar la presión interior de los vapores de gas licuado de petróleo.
- Es altamente inflamable y su combustión es muy rápida, generando altas temperaturas.
- Posee gran capacidad de expansión. De estado líquido a gaseoso aumenta su volumen 270 veces, aproximadamente.
- En estado gaseoso, el GLP es más pesado que el aire, razón por la cual en caso de fugas tiende a ubicarse o depositarse en lugares bajos.
- El GLP es un combustible que en determinados porcentajes con el aire forma una mezcla explosiva, presentando un límite de inflamabilidad entre 2,15 y 9,60% de gas en aire para el propano, y entre 1,55 y 8,60% para el butano.

1.3 PROPIEDADES

1.3.1 Poder calorífico

El poder calorífico superior del gas es el número total de KW-h que se producen por la combustión, a presión constante, de una cantidad de gas saturado con vapor, que ocupa 1 m^3 a una temperatura de 15,56 °C y a una presión absoluta de 1,013 mbar, con condensación del vapor de agua producto de la combustión (en condiciones estándar).

- Gas natural (GN) = 37,253 kJ / m^3 = 11,38 kW-h /m^3(S)
- Gas licuado de petróleo (GLP) = 93,996 KJ / m^3 = 26,13 kW-h/m^3(S)

1.3.2 Gravedad específica (G)

Expresa la relación existente entre el peso por unidad de volumen del gas respecto al peso de un volumen igual al aire.

- Gas natural (GN) = 0,67
- Gas licuado de petróleo (GLP) = 1,55

1.4 DISTRIBUCIÓN

Antes de distribuir el gas natural y el gas licuado de petróleo se odorizan adicionando sustancias de un aroma fuerte y típico, ya que en su estado natural no poseen un olor

característico ni distintivo. Esta es una medida de seguridad para alertar sobre eventuales fugas.

1.4.1 Gas natural

El gas natural llega a la estación de servicio, también conocida como “puerta de ciudad”, a través de gasoductos terrestres o marítimos de alta presión, donde es recibido por el distribuidor. Posteriormente se envía a los municipios y circuitos de barrio por la red de distribución primaria (gasoductos y ramales), que son tuberías de acero de entre 4 y 20 pulgadas de diámetro.

A cada circuito se asocia una estación de regulación y medición, donde continúa la red de distribución secundaria, en la que se utiliza tubería enterrada de polietileno de color amarillo de entre ½ y 6 pulgadas de diámetro, con presiones altas o medias, hasta el nicho de medición y regulación de cada edificación residencial, comercial o industrial, donde se conecta la red interna o individual de cada usuario.

1.4.2 Gas licuado de petróleo (GLP)

Este gas se distribuye por medio de carro tanques desde las plantas de producción hasta los usuarios, donde se traspasa a los tanques de almacenamiento (recipientes fijos o portátiles). También se reparte en recipientes portátiles (cilindros o pipetas) de acero o aluminio, que almacenan cierta cantidad de gas y se deben remplazar cuando se termina.

El GLP se transporta licuado (líquido) a baja temperatura y se gasifica en el interior del cilindro de transporte justo en el momento de su consumo. La presión dentro del recipiente varía entre 100 y 150 Psi.

2 MARCO NORMATIVO VIGENTE PARA EL DISEÑO DE REDES INTERNAS DE GAS DE USO RESIDENCIAL

Aunque la aprobación y revisión de los diseños de redes domiciliarias de gas en Colombia están sectorizadas regionalmente, según el prestador del servicio, existe una serie de normas y reglamentos técnicos expedidos por entes competentes, que rigen para todo el territorio nacional en cuanto a los aspectos técnicos.

Las normas que se mencionan a continuación (tabla 1) priman en su mayoría para redes domiciliarias de media y baja presión.

Tabla 1. Marco normativo para el diseño de redes internas de gas de uso residencial

NTC 2505	INSTALACIONES PARA SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLE DESTINADAS A USOS RESIDENCIALES Y COMERCIALES.	Esta norma establece los requisitos que se deben cumplir en el diseño y construcción de instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales, así como las pruebas a que se deben someter para verificar su operación confiable y segura.

NTC 3765	REQUISITOS GENERALES DE SEGURIDAD PARA ARTEFACTOS A GAS DE USO DOMÉSTICO O COMERCIAL Y SU INSTALACIÓN.	Establece los requisitos generales de seguridad que deben cumplir los artefactos a gas de uso doméstico o comercial, con el fin de garantizar que su utilización en condiciones normales de funcionamiento no represente riesgos para el usuario.
NTC 3293	APARATOS MECÁNICOS. REGULADORES INTERNOS DE PRESIÓN PARA APARATOS DOMÉSTICOS QUE FUNCIONAN CON GAS.	Fija los requisitos de construcción (comportamiento ante los ensayos) y los requisitos de los reguladores de presión negativa.
NTC 3631	VENTILACIÓN DE RECINTOS INTERIORES DONDE SE INSTALAN ARTEFACTOS QUE EMPLEAN GASES COMBUSTIBLES PARA USO DOMÉSTICO, COMERCIAL O INDUSTRIAL.	Define los requisitos y establece los métodos para la ventilación de los recintos interiores en los que se instalan artefactos a gas para uso doméstico, comercial o industrial.
NTC 3727	REGULADORES DE PRESIÓN PARA GAS NATURAL DE ACCIÓN DIRECTA CON DISPOSITIVOS DE	Esta norma especifica los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales se deben someter los reguladores de servicio para gas natural de operación autónoma, con los siguientes dispositivos de seguridad que pueden actuar de forma

	SEGURIDAD INCORPORADOS.	individual o combinados, y que sean parte integral del regulador: a) Válvula interna para alivio de sobrepresión; b) válvula de corte por baja presión; c) válvula de corte por alta presión, y d) válvula de corte por exceso de flujo.
NTC 3838	GASODUCTOS. PRESIONES DE OPERACIÓN PERMISIBLES PARA EL TRANSPORTE, DISTRIBUCIÓN Y SUMINISTRO DE GASES COMBUSTIBLES.	Esta norma establece las presiones de operación permisibles en los sistemas de transporte, distribución y suministro de gases combustibles, en aplicaciones de uso residencial, comercial e industrial en condiciones normales de servicio, de acuerdo con sus características particulares de construcción y funcionamiento, para salvaguardar la seguridad en el uso y manejo de esos combustibles.
NTC 3873	REGULADORES DE PRESIÓN PARA GLP.	Establece los requisitos que deben cumplir los reguladores de presión para uso en instalaciones de GLP de tipo residencial, comercial e industrial, con excepción de las aplicaciones marinas en automotores o en operaciones de corte y soldadura con gas.
NTC 3643	ESPECIFICACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE ARTEFACTOS A GAS PARA LA PRODUCCIÓN INSTANTÁNEA DE AGUA	Determina los requisitos para la instalación de artefactos a gas para la producción instantánea de agua caliente, comúnmente denominados calentadores de paso

	CALIENTE. CALENTADORES DE PASO CONTINUO.	continuo, y especifica los procedimientos para su verificación.
NTC 3833	DIMENSIONAMIENTO, CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS PARA LA EVACUACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN GENERADOS POR LOS ARTEFACTOS QUE FUNCIONAN CON GAS.	Esta norma se aplica al dimensionamiento, construcción, montaje y evaluación de los requisitos básicos de funcionamiento de sistemas colectivos o individuales para la evacuación hacia la atmósfera exterior de los productos de combustión generados por los artefactos tipo b2 o tipo C, que funcionan con gas en aplicaciones de uso doméstico y comercial, instalados en recintos interiores.
NTC 3728	GASODUCTOS. LÍNEAS DE TRANSPORTE Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS.	Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir las líneas de transporte y las redes de distribución de gases combustibles, en cuanto a diseño, materiales, construcción, verificación y pruebas, condiciones de operación y exigencias relativas al mantenimiento y control de la corrosión.

3 PARTES DEL SISTEMA QUE COMPONEN UNA RED INTERNA DE GAS COMBUSTIBLE PARA USO DOMICILIARIO. PARÁMETROS TÉCNICOS PARA SU DISEÑO

La red interna de gas combustible de uso residencial comprende el conjunto de tuberías, accesorios y equipos encargados de conducir el gas desde la salida de la válvula de corte en la acometida, pasando por el centro de medición y regulación, hasta los puntos de conexión de los artefactos gasodomésticos de un mismo usuario.

No obstante, para que una red interna de gas combustible sea completa, eficaz y segura se debe integrar en el diseño un sistema de ventilación y evacuación. Por esta razón, en la guía que se propone en este trabajo de grado se divide la red interna para uso domiciliario en cuatro componentes: aparatos gasodomésticos, sistema de conducción, sistema de ventilación y sistema de evacuación.

3.1 APARATOS GASODOMÉSTICOS

Los aparatos de uso doméstico más comunes que requieren gas combustible para su funcionamiento son: estufas, calentadores de agua, hornos, secadoras de ropa, chimeneas, asadores BBQ, calderas, etc., éstos requieren una cantidad específica de gas para su adecuado funcionamiento, que se denomina caudal nominal, y depende de la potencia nominal de cada aparato y del poder calorífico del gas suministrado. Generalmente, el valor de la potencia requerida aparece en la ficha técnica.

Para los gasodomésticos en los que se desconozcan sus requerimientos se puede considerar como guía la potencia que se indica a continuación (tabla 2).

Tabla 2. Potencia nominal estándar de los artefactos de uso residencial

ARTEFACTOS DE USO RESIDENCIAL	Potencia	
	KW	BTU/h
Quemador (estufa)	1.641	5.600
Horno	3.516	12.000
BBQ	8.95	30.539
Calentador de paso 6 lts	14.00	47.770
Calentador de paso 10 lts	23.40	80.000
Calentador de paso 13 lts	30.765	105.000
Calentador de acumulación	4.20	14.331
Calentador de acumulación 15 - 20	7.33	25.011
Calentador de acumulación 30 - 40 gal	8.79	29.993
Calentador de acumulación 50 - 60 gal	14.65	49.988
Calentador de acumulación de alta recuperación	22.00	75.067
Caldera mural cámara estanca	30.00	102.364
Secadora de ropa 14 lbs	2.56	8.735
Secadora de ropa 30 lbs	5.50	18.767
Secadora de ropa 32 lbs	5.86	19.995
Secadora de ropa industrial	10.00	34.121
Chimenea de pared (plasma) [entre]	2 / 4.5	6.825 / 15.354
Chimenea tipo A entre:	3 / 7	10.236 / 23.885
Chimenea tipo A entre:	8 / 11	27.299 / 37.536
Chimenea tipo B entre:	4.39 / 19.04	15.000 / 65.000
Calefactor de ambiente interior	2.34	7.985
Calefactor exterior tipo hongo	14.65	49.988
Calefactor exterior infrarrojo	7.33	25.000

Fuente: Vanti S.A. ESP.

3.2 SISTEMA DE CONDUCCIÓN

3.2.1 Tuberías

3.2.1.1 Material

La tubería debe ser resistente a la presión que ejerce el gas, a las altas temperaturas y a la corrosión. Los materiales de las tuberías más comúnmente empleados en este tipo de redes son acero, cobre y polietileno.

3.2.1.2 Diámetros

Para realizar los cálculos en el diseño de estas redes se debe considerar el diámetro interno de la tubería, que es el área efectiva por donde circula el gas.

- **Tuberías de acero**

Tabla 3. Diámetros internos de la tubería de acero.

Tubería DE ACERO SCH 40		
Diámetro nominal (In)	**Diámetro exterior (mm)**	**Diámetro interior (mm)**
1/2	21,34	15,80
3/4	26,67	20,93
1	33,40	26,64
1 1/4	42,16	35,05
1 1/2	48,26	40,89
2	60,33	52,50

Fuente: EPM ESP.

- **Tuberías de cobre**

Tabla 4. Diámetros internos de la tubería de cobre.

TUBERÍA DE COBRE			
Diámetro nominal (In)	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	
		Tipo K	Tipo L
1/2	15,88	13,39	13,83
5/8	19,05	16,56	16,92
3/4	22,23	18,92	19,94
1	28,58	25,27	26,04
1 1/4	34,93	31,62	32,13
1 1/2	41,28	37,62	38,23
2	53,98	49,76	50,42
2 1/2	66,68	61,85	62,61

Fuente: EPM. ESP.

- **Tuberías de polietileno**

Tabla 5. Diámetros internos de la tubería de polietileno.

TUBERÍA DE POLIETILENO		
Diámetro nominal (mm)	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)
20,0	20,0	15,4
25,0	25,0	20,4
32,0	32,0	26,2
63,0	63,0	51,4
90,0	90,0	73,6
110,0	110,0	90,0
160,0	160,0	130,8
200,0	200,0	163,6

Fuente: EPM. ESP.

3.2.1.3 Disposición de la tubería

El recorrido de la tubería puede ser oculta (enterrada, embebida o por conducto) o a la vista (adosada o colgada). El tipo de tubería se establece de acuerdo con la presión de suministro del distribuidor, el recorrido que hace por la unidad domiciliaria y la normatividad vigente.

3.2.1.3.1 Tuberías enterradas

Esta acometida se puede hacer con tubería plástica o metálica, cumpliendo con los siguientes requisitos de la NTC 2505:

- Se puede emplear tubería de polietileno enterrada, cumpliendo con la NTC 3742.
- Las tuberías se deben instalar por debajo del nivel del suelo, en una zanja con una profundidad mínima de 60 cm cuando estén expuestas a cargas por tráfico vehicular o similar; y 50 cm cuando el trazado sea por zonas de jardín o no estén expuestas a cargas pesadas.

  Después de instalar la tubería en un lecho de arena de 5 cm de espesor se compacta con una capa de 10 cm de material seleccionado, puede ser de la misma zanja o material de relleno. Posteriormente, se debe implementar un sistema de señalización con una cinta de 10 cm de ancho, como mínimo, ubicada entre 20 y 30 cm por debajo del nivel del suelo. Por último, se rellena la zanja con el material seleccionado y se compacta con apisonador.

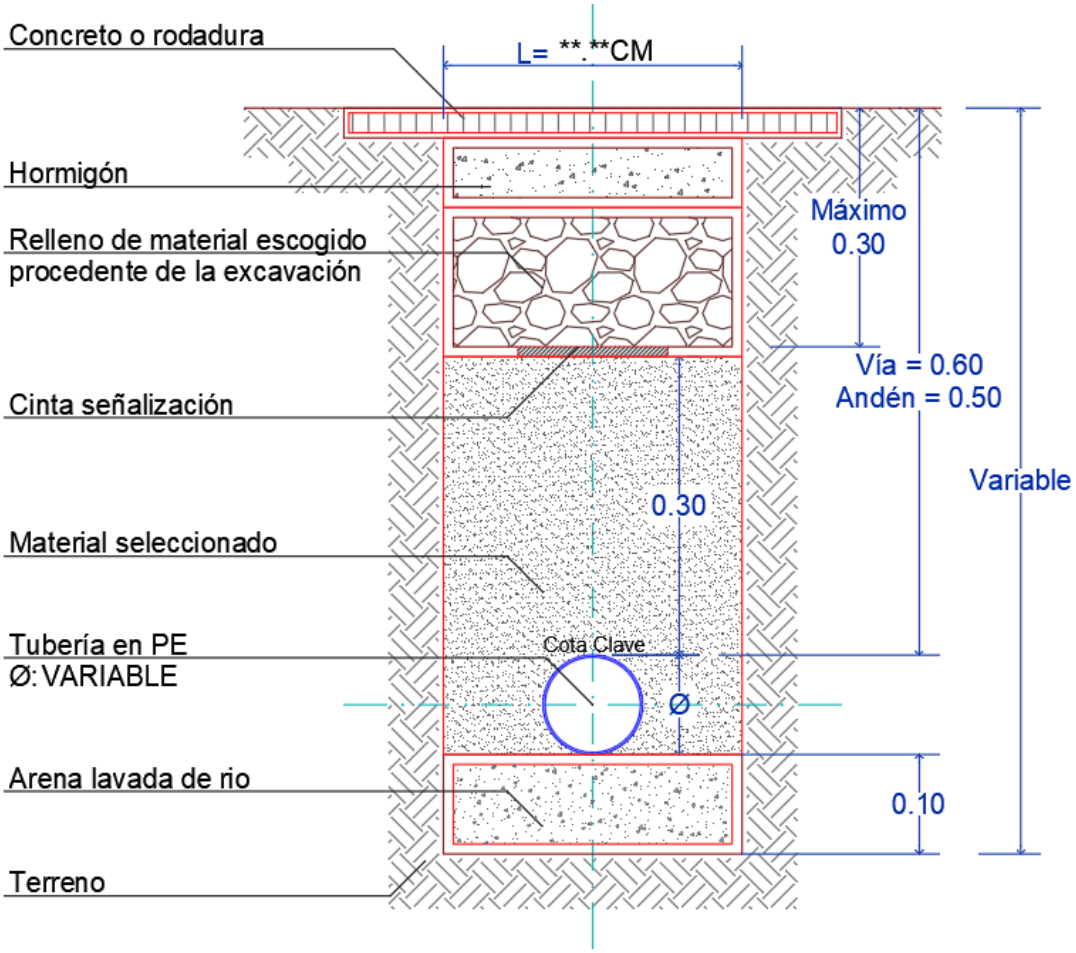


Ilustración 2. Esquema de la instalación de tubería enterrada.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

- Cuando por razones justificadas no se pueda respetar la profundidad indicada, se debe construir un sistema que brinde protección mecánica mediante alguna de las siguientes opciones: un conducto o cárcamo, una losa de hormigón o una plancha metálica, de manera que se reduzcan las cargas sobre la tubería a valores equivalentes a los de la profundidad inicialmente prevista.

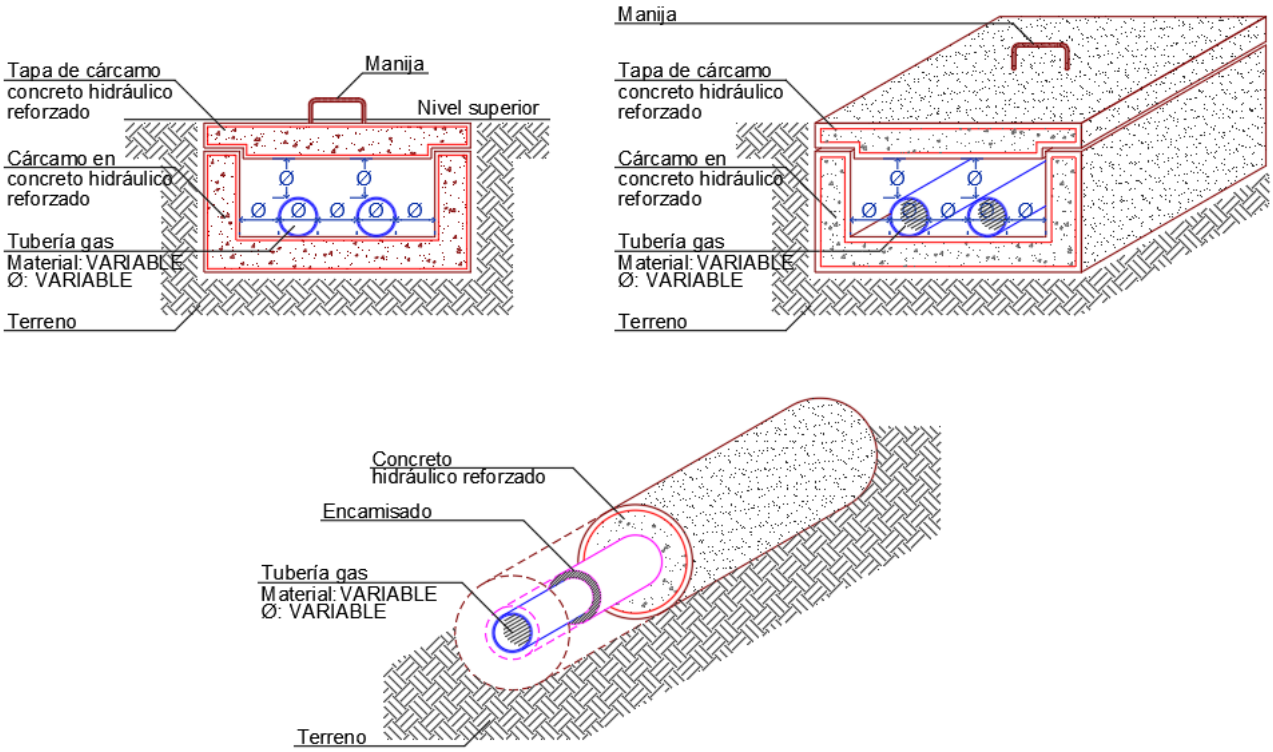


Ilustración 3. Tubería por cárcamo en concreto.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

- No se deben instalar tuberías por debajo de cimientos, zapatas o placas de cimentación.
- Cuando la tubería de gas se cruce con la de otros servicios se debe disponer de una distancia mínima de 10 cm. Si va paralela se debe mantener una distancia mínima de 20 cm. Si no es posible conservar estas distancias, entre las dos tuberías se deben interponer pantallas de fibrocemento, material cerámico u otro material similar dieléctrico.

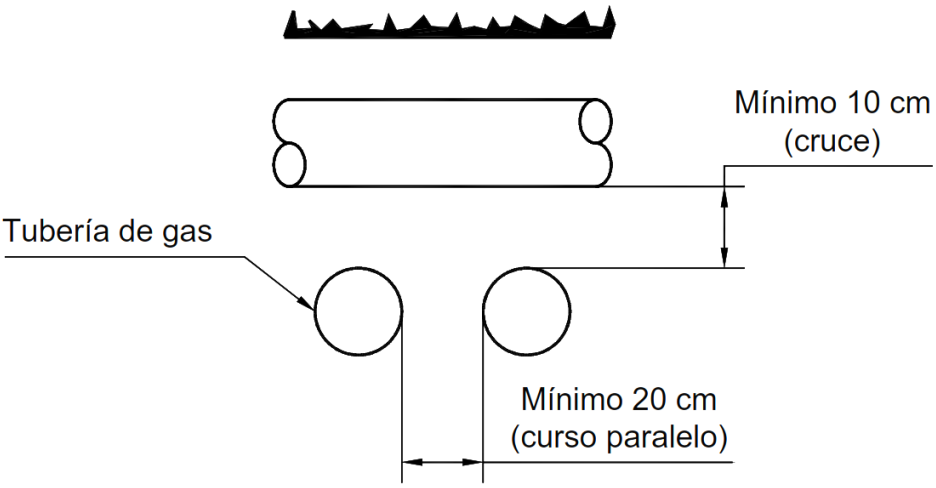


Ilustración 4. Distancias mínimas entre las tuberías de gas y las de otros servicios.

Fuente: NTC 2505

- Generalmente, la tubería en edificaciones se diseña en polietileno hasta el regulador o la línea de propiedad del inmueble. Hasta el centro de medición y dentro de la unidad residencial se utiliza tubería de acero o cobre.
- Se recomienda enterrar bajo césped, anden o vía vehicular la tubería de polietileno. No se debe instalar embebida en muros o pisos, ni enterrar bajo la placa de piso de la propiedad. Sin embargo, cuando sea necesario que aflore por encima del nivel del piso dentro de la edificación, debe estar protegida por una camisa o conducto de un material permitido por la norma 2205 para instalaciones en el interior de la edificación, hasta el sitio del elevador.

3.2.1.3.2 Tuberías embebidas

Son aquellas que se instalan dentro de los muros o pisos del inmueble, pueden ser de acero o cobre.

- El trazado de la tubería debe realizarse en una zona comprendida en una franja de 30 cm desde el nivel del techo, la losa del piso o las esquinas de recinto, con el fin de que no queden expuestas a un daño mecánico.

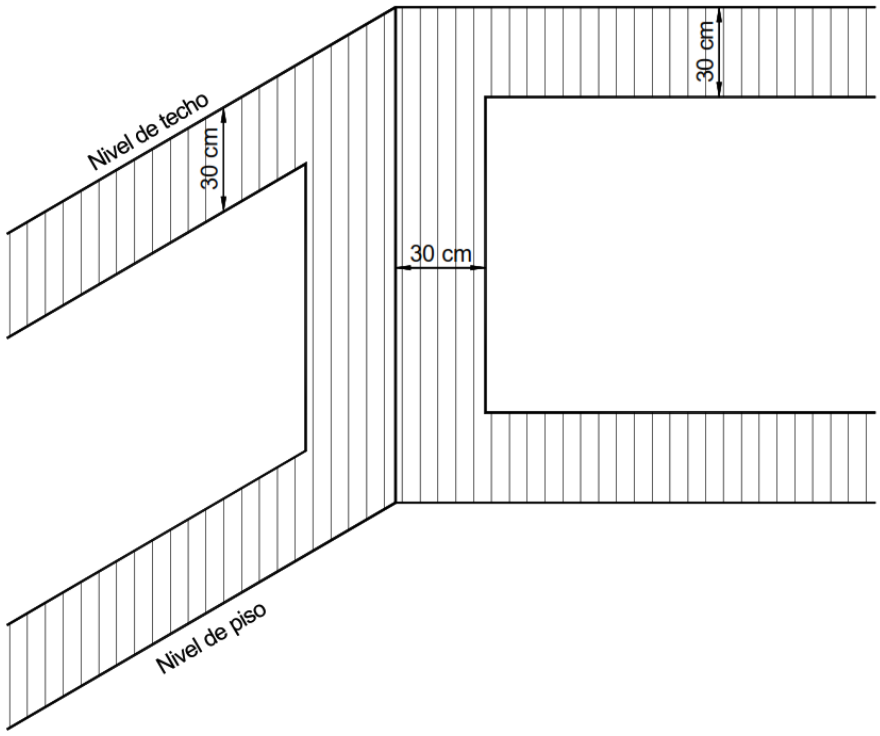


Ilustración 5. Zonas de trazado de instalaciones de tuberías embebidas.

Fuente: NTC 2505.

- Las tuberías embebidas en muros deben tener un recubrimiento en mortero de mezcla 1:3, con un espesor mínimo de 20 mm a su alrededor.
- Las embebidas en pisos deben instalarse, como mínimo, a 20 mm por debajo del nivel del piso terminado.

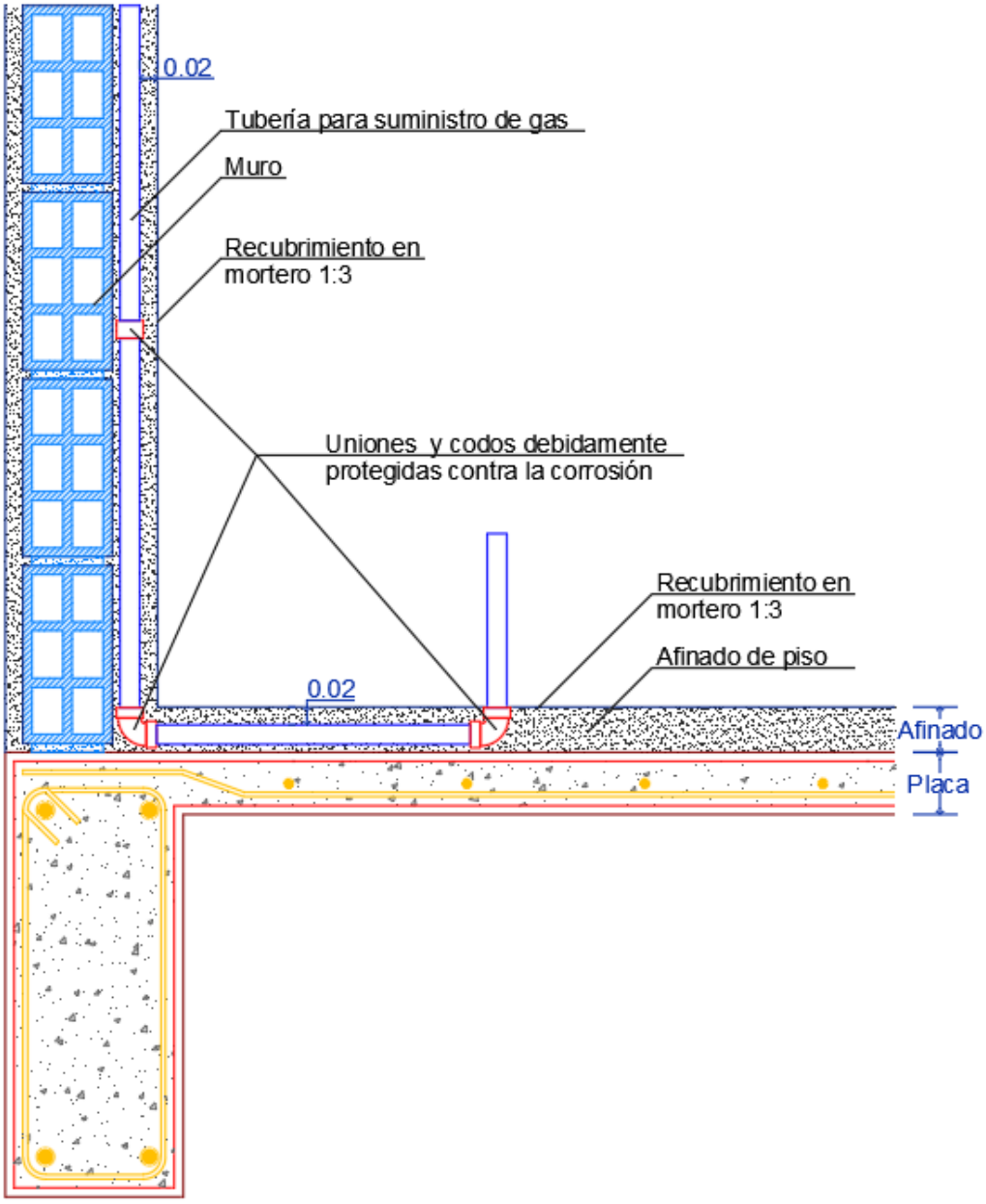


Ilustración 6. Esquema de la instalación de tubería de gas embebida en pisos y muros.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

- Las distancias mínimas entre las tuberías embebidas que conducen gas y las de otros servicios se indican en la siguiente tabla (tabla 6). Si no es posible cumplir estas distancias se debe proporcionar un aislamiento entre tuberías.

Tabla 6. Distancias mínimas entre tuberías de gas a la vista o embebidas y tuberías de otros usos.

Tubería de otros servicios	Curso paralelo	Cruce
Conducción de agua caliente	3 cm	1 cm
Conducción eléctrica	3 cm	1 cm
Conducción de vapor	5 cm	5 cm
Chimeneas	5 cm	5 cm

Fuente: NTC 2505.

3.2.1.3.3 Tuberías por conductos o camisas

Cuando se requiera encamisar las tuberías que conducen gas se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Si se requiere proteger contra daño mecánico, la camisa debe ser rígida y tener un espesor mínimo de 1,5 mm.
- Si se necesita ocultar o disimular las tuberías por motivos estéticos, los conductos deben ser de materiales autoextinguibles, que no originen par galvánico con las tuberías que contienen.
- Los conductos deben ser continuos en todo su recorrido.
- Los extremos de las camisas deben ser abiertos y ventilados al exterior. Si no es posible, basta con comunicar el extremo más alto con el exterior y mantener el otro sellado. Si el extremo superior no puede estar abierto, se debe disponer de rejillas de ventilación a máximo 30 cm de sus extremos para evacuar los eventuales escapes que puedan ocasionarse en el interior de las tuberías.

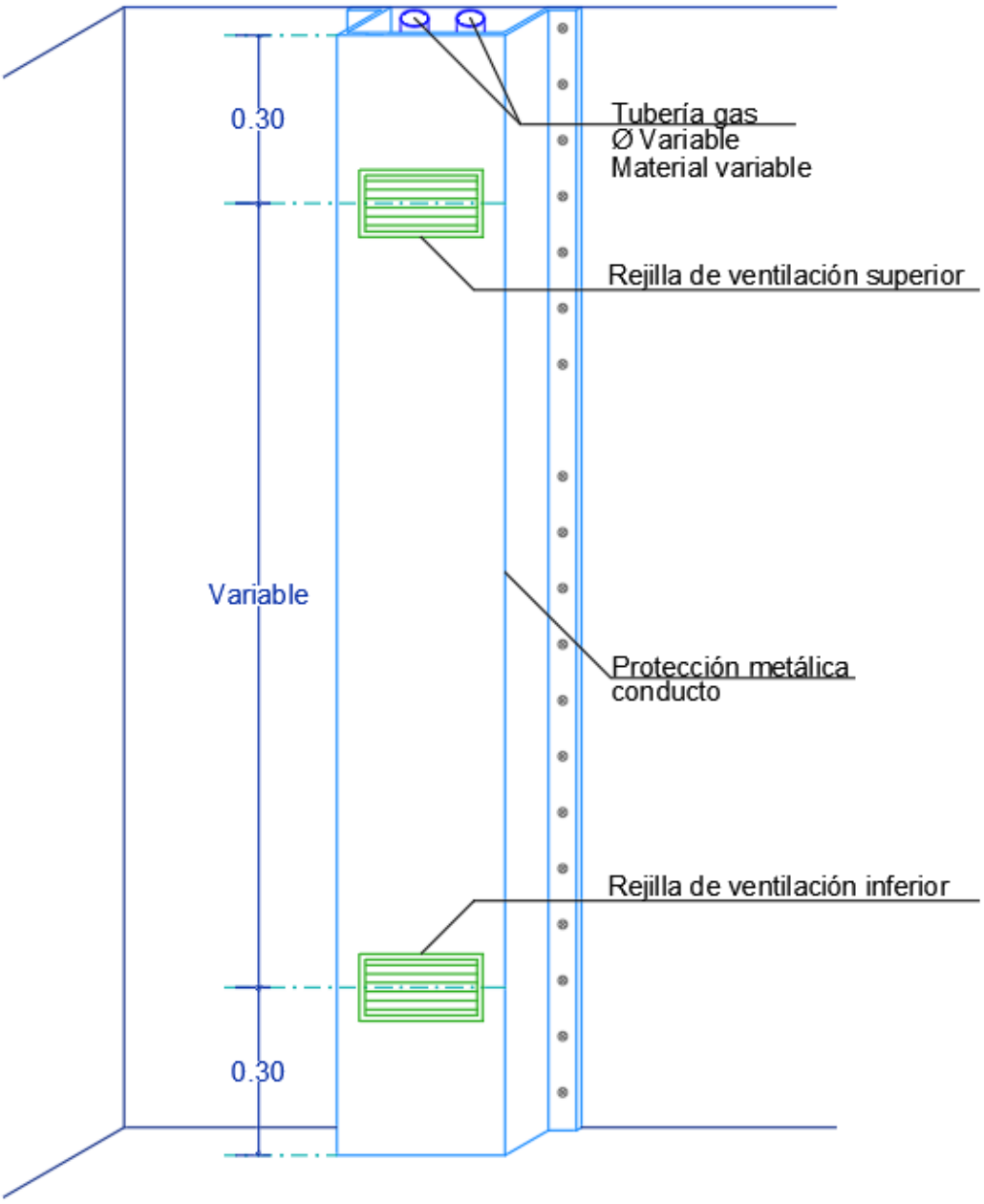


Ilustración 7. Tubería a la vista con protección contra daño mecánico.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

- Cuando las tuberías verticales estén localizadas en sitios susceptibles de recibir golpes, como por ejemplo en garajes o zonas de parqueo, éstas deben protegerse con un conducto o camisa, cuya altura mínima sea de un metro.

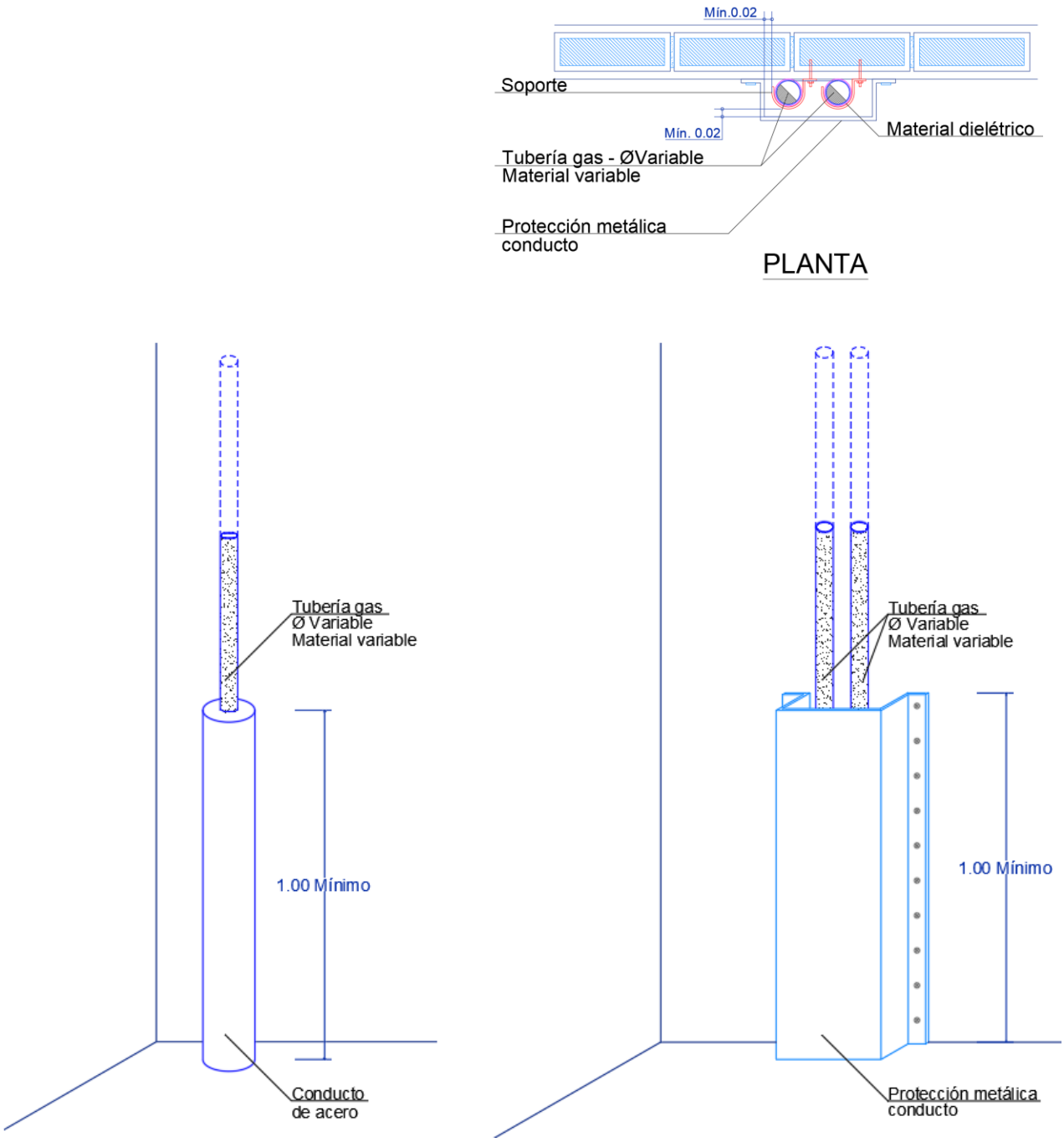


Ilustración 8. Tubería a la vista con protección contra daño mecánico, conductos.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

3.2.1.3.4 Tuberías a la vista (adosadas o colgadas)

Para el diseño e instalación de tuberías a la vista se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Garantizar la seguridad, el alineamiento y la estabilidad mediante la adopción de mecanismos de amarre y arriostramiento.

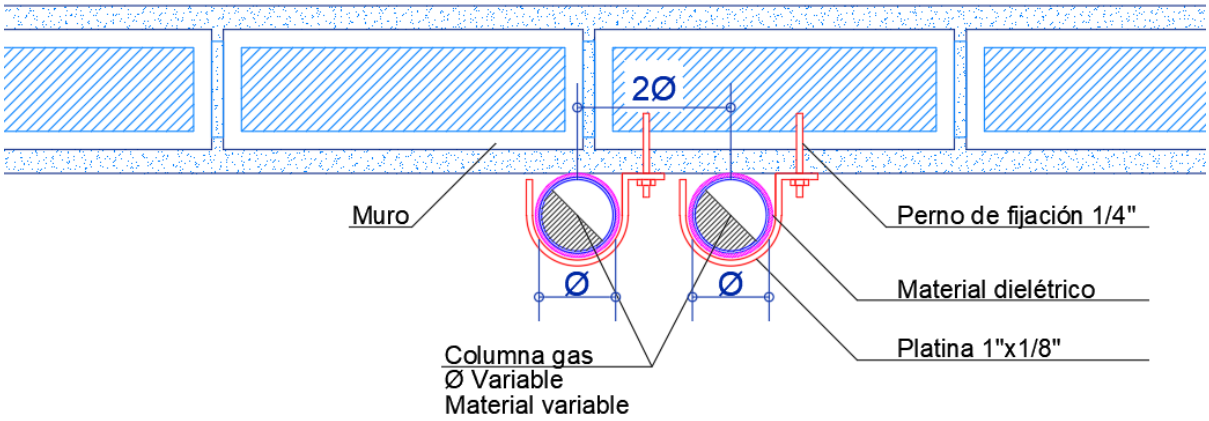


Ilustración 9. Tubería vertical adosada a muro.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

- Las distancias mínimas entre las tuberías de gas a la vista y de otro tipo deben ser las mismas indicadas para la tubería embebida.
- La tubería vertical a la vista debe estar protegida contra daños mecánicos con un elemento de seguridad, cuya altura mínima sea de un metro.
- Las tuberías aéreas se deben apoyar sobre elementos estables, rígidos y seguros de la edificación.
- Los dispositivos de anclaje se deben ubicar con una distancia máxima, de acuerdo con la siguiente tabla (tabla 7).

Tabla 7. Distancia de anclajes para tuberías adosada a muro y colgada en placa.

Distancia para dispositivos de anclaje tubería rígida		
Ø	**Distancia anclaje**	**Posición tubería**
1/2"	1,85 m	Horizontal y vertical
3/4"	2,45 m	Horizontal y vertical
1.1/4"	3,00 m	Horizontal
1.1/4"	Una en cada nivel	Vertical

Fuente: NTC: 2505.

3.2.1.4 Recomendaciones generales para el trazado de tuberías

- El trazado de las tuberías no debe afectar los elementos estructurales de la edificación, como vigas o columnas. Si se requiere atravesar estos elementos estructurales, se deben dejar “pasantes” que no afecten la estructura. Esto se debe coordinar con el especialista estructural del proyecto.

- El estudio del trazado debe contener, entre otras cosas, el análisis de una fácil instalación y una operación posterior que no cause inconvenientes mayores a terceros.

- Las tuberías no se pueden embeber en las paredes del foso donde está ubicado el ascensor.

- El trazado de tubería por encima de cielos falsos se permite siempre y cuando el tramo sea continuo o las uniones sean del tipo soldado.

- Las tuberías no deben pasar por conductos de aire, chimeneas, fosos de ascensores, sótanos sin ventilación o similares, conductos para instalaciones eléctricas o de basuras, en los cuales un escape de gas se pueda esparcir por todo el edificio, ni por áreas donde haya transformadores eléctricos.

- Cuando se requiera instalar la tubería por sótanos o semisótanos, se debe ubicar una válvula de corte fácil en el exterior del sótano. Las tuberías deben ser metálicas con uniones soldadas o llevarlas dentro de una camisa metálica rígida, abierta al menos por uno de sus extremos y que sobresalga hacia el exterior del sótano o semisótano.

- Se recomienda que las tuberías de gas no pasen por dormitorios o baños. Si esto no es posible, se debe exigir que el tramo de tubería sea continuo o encamisado.

- La instalación de la tubería de la red de gas de uso residencial debe cumplir con las normas NTC 2505 y 3742.



Ilustración 10. Tuberías de acero, cobre y polietileno.

3.2.2 Accesorios

Los accesorios son los elementos que se utilizan para ensamblar, hacer cambios de dirección o de diámetro, ramificaciones a la tubería o conectarla con otros accesorios o aparatos de control y gasodomésticos.

Entre los permitidos para el uso en redes de conducción de gas están los siguientes: codos de 90° y 45°, tee normal, tee de reducción, copa de reducción, unión, tapón, elevador y acoples de conexión a los gasodomésticos, conocidos como machos o hembras.

Todos estos componentes deben ser del mismo material que el de la tubería de conducción del gas, salvo que se trate de un accesorio de transición entre dos tuberías de materiales distintos.

3.2.2.1 Accesorios para tubería de acero

La unión de estos elementos puede ser soldada o roscada.



Ilustración 11. Accesorios para tubería de acero.

3.2.2.2 Accesorios para tubería de cobre

La unión de estos elementos debe ser soldada.



Ilustración 12. Accesorios para tubería de cobre.

3.2.2.3 Accesorios para tubería de polietileno

Sus uniones deben realizarse mediante el método de fusión térmica o el uso de uniones mecánicas. No se deben emplear conexiones roscadas.



Ilustración 13. Accesorios para tubería de polietileno.

3.2.2.4 Accesorios de transición PE-Acero y PE-Cobre

Para unir tubería de polietileno con tuberías de acero o cobre se deben emplear accesorios de transición, que confinen el polietileno en ranuras practicadas en la parte metálica, impidiendo su desarme por tracción o desenroscado. A estos accesorios de transición comúnmente se les denomina elevadores.

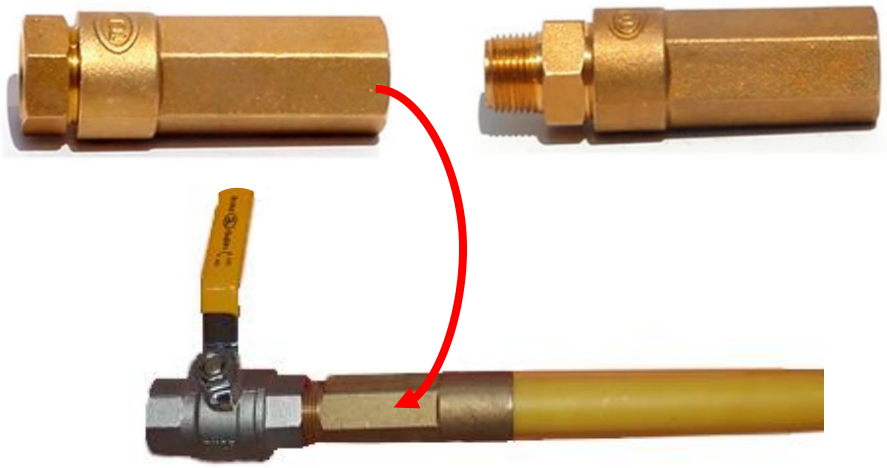


Ilustración 14. Accesorio de transición de tuberías. Elevador.

3.2.3 Válvulas de control

Para interrumpir el flujo del gas en cualquier momento, la red de suministro de gas combustible debe incluir en su sistema las siguientes válvulas de control:

3.2.3.1 Válvula principal

Permite una rápida interrupción del servicio de gas a una edificación o varios edificios. Normalmente está ubicada en el centro de regulación de la primera etapa, localizado en el paramento de la edificación.

3.2.3.2 Válvula de corte

Ubicada en el centro de medición, antes de cada medidor. Permite controlar el suministro del gas a las instalaciones individuales. Para centros de medición con un solo medidor, la válvula de corte es la misma válvula acometida y principal.

3.2.3.3 Válvula de paso para reguladores

Está ubicada antes de todo regulador colectivo y de los reguladores de segunda o tercera etapa.

3.2.3.4 Válvula de paso para gasodomésticos

Se ubica antes de los gasodomésticos para controlar el paso del combustible. Debe ser de fácil identificación y acceso, no puede estar detrás de muebles, neveras, armarios o cualquier otro artefacto que obstaculice su acceso.

- Para las estufas, la válvula debe estar, como mínimo, a 30 cm de la ubicación de la estufa. Puede estar embebida en muro dentro de una cajilla plástica, sobre el mesón de la cocina o bajo el mesón (dentro o fuera del mueble), a una distancia mínima de 30 cm desde la losa de piso. También puede estar adosada al muro o al mueble bajo el mesón, si se requiere.

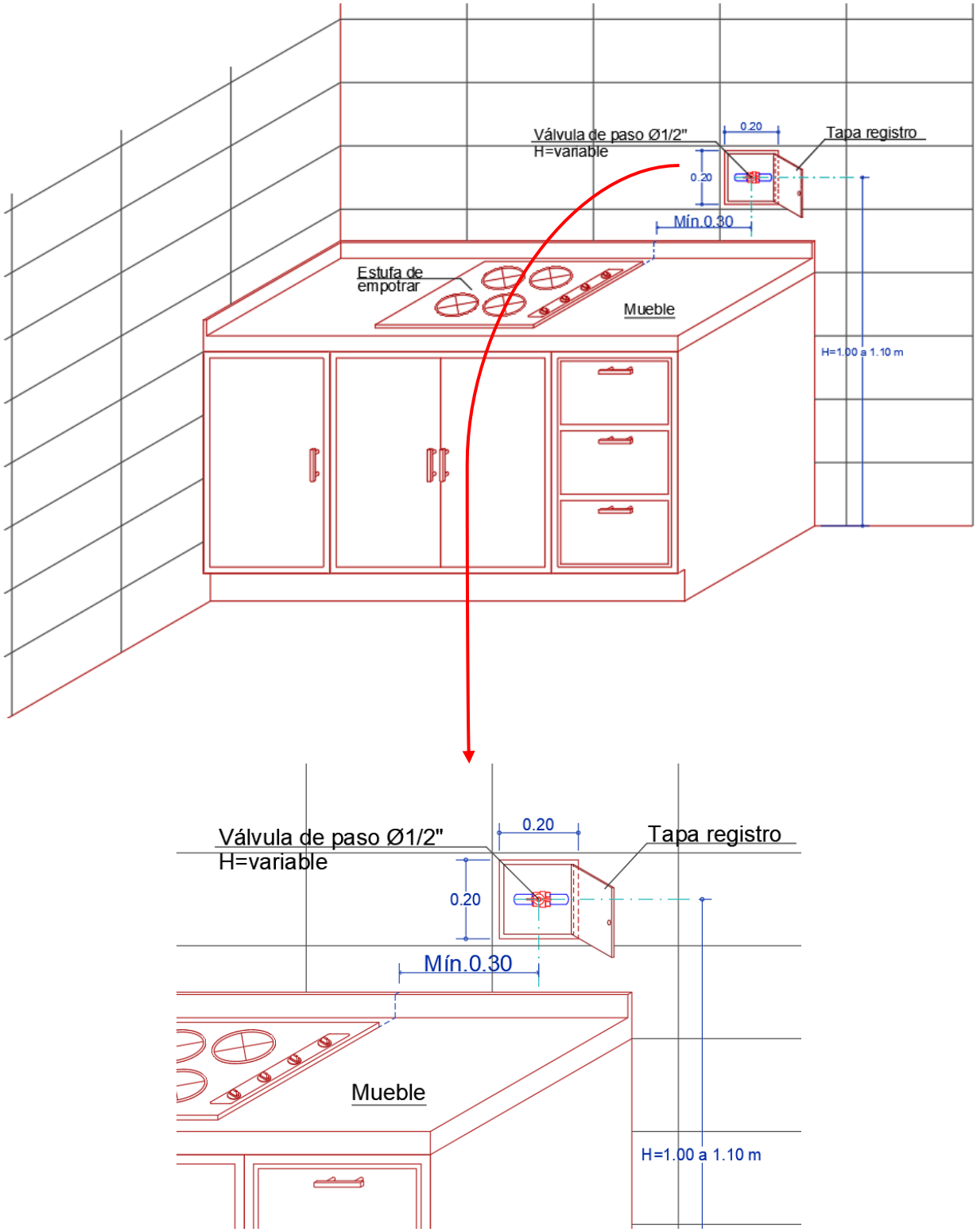


Ilustración 15. Válvula de paso para estufa sobre el mesón.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

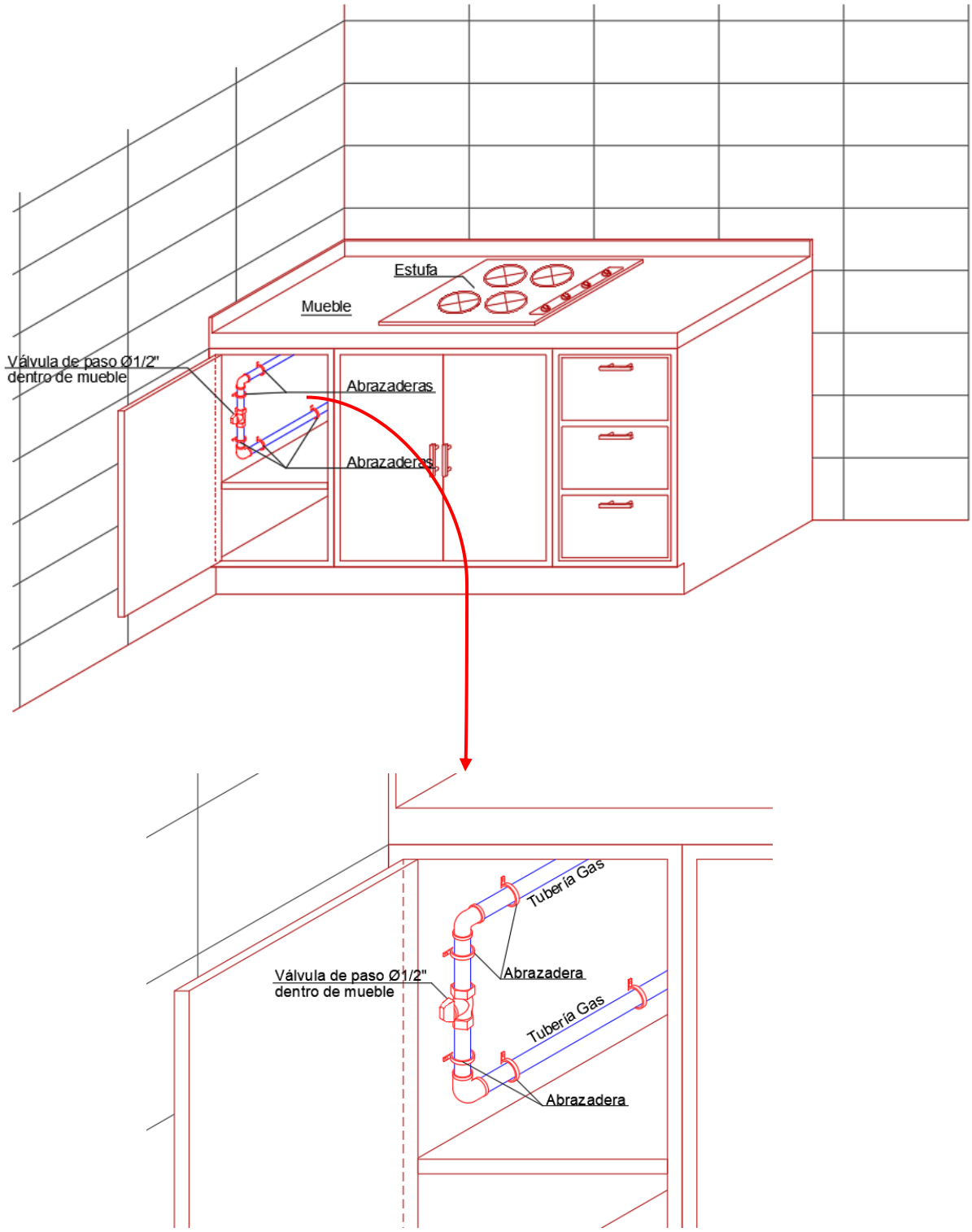


Ilustración 16. Válvula de paso para estufa dentro del mueble, adosada al mueble bajo el mesón.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

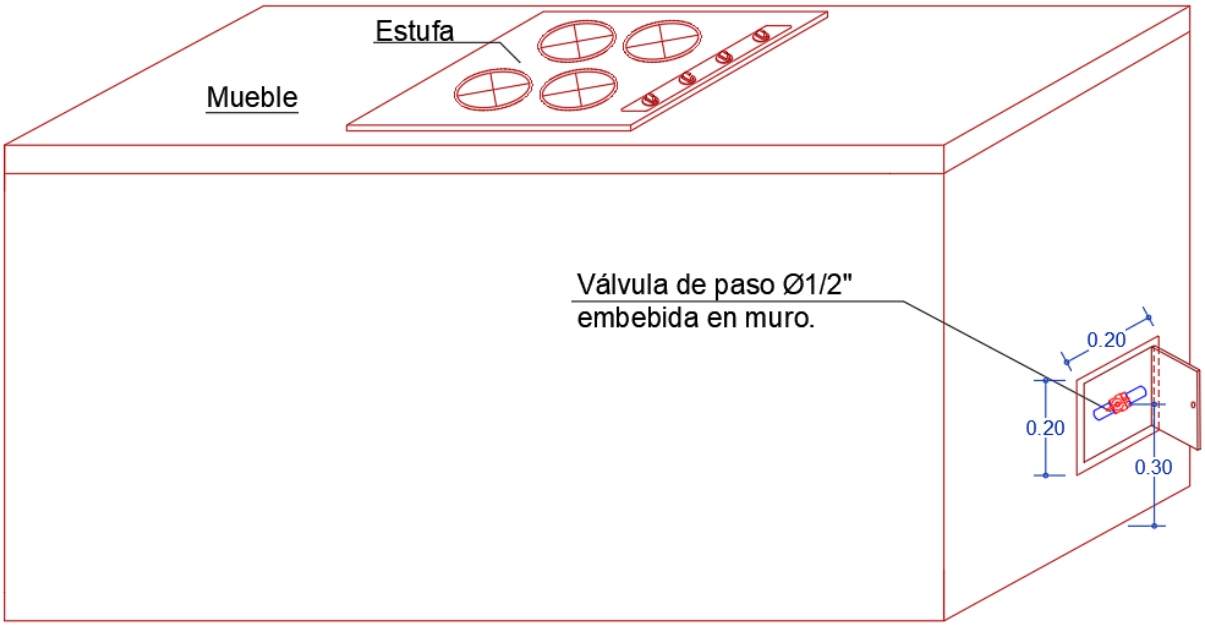


Ilustración 17. Válvula de paso para estufa embebida en muro.

Fuente: elaboración propia.

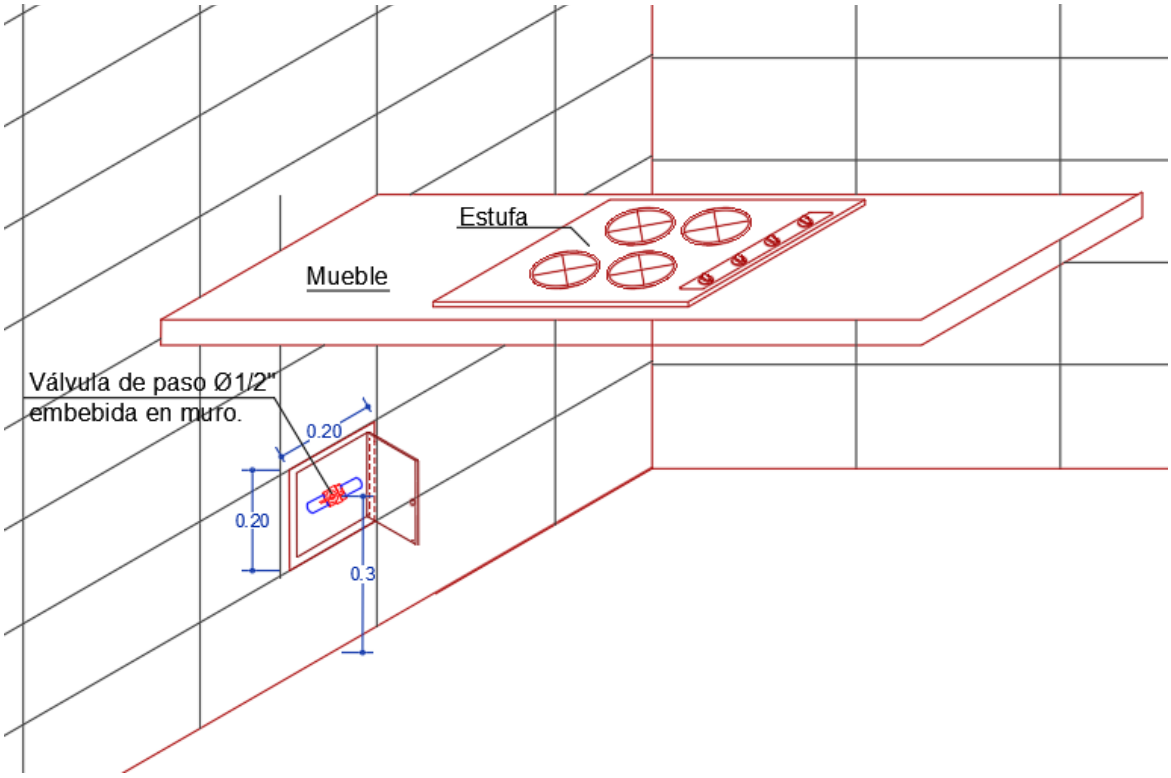


Ilustración 18. Válvula de paso para estufa embebida en muro, bajo el mesón.

Fuente: elaboración propia.

- Para calentadores de agua, la válvula debe estar a una distancia mínima de 1,10 m desde el suelo, ya sea adosada o embebida a muro.

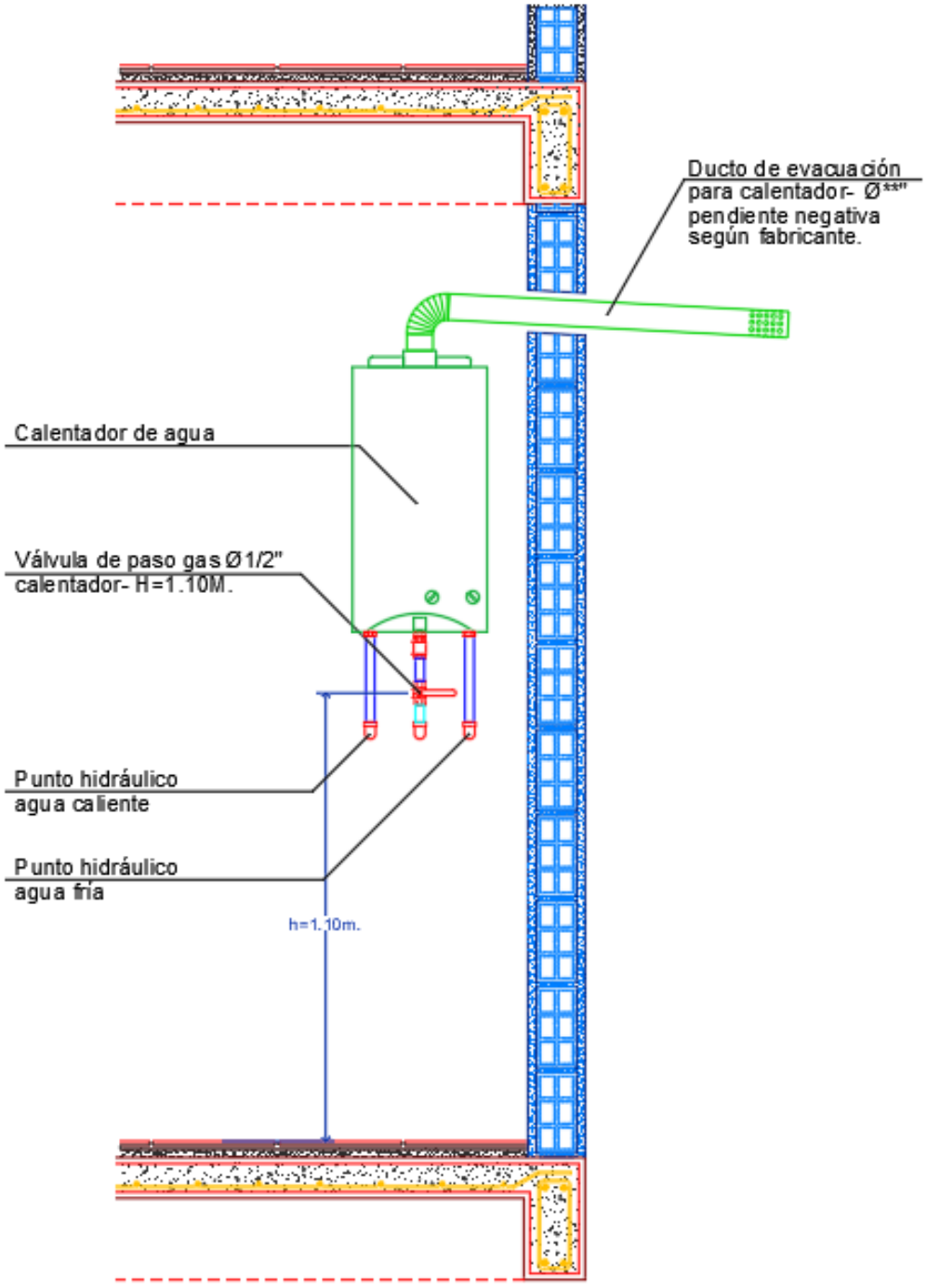


Ilustración 19. Válvula para calentadores de agua.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

- Para chimeneas, la válvula debe estar a una distancia mínima de 0,30 m desde el suelo. Se recomienda que esté embebida a muro.
- Para secadoras, la válvula debe estar, como mínimo, a 0,30 m de distancia desde el suelo y del gasodoméstico. Puede estar adosada o embebida a muro.

  Si la secadora se encuentra dentro de un mueble, la válvula debe estar por fuera.
- Para los demás gasodomésticos, la válvula de paso debe estar separada a una distancia mínima de 0,30 cm desde el suelo y del artefacto.

3.2.4 Centros de medición y regulación

El centro de medición y regulación está conformado por el medidor volumétrico de gas, el regulador de presión, el elevador, la válvula de corte y demás accesorios necesarios para la conexión a las correspondientes tuberías.

- Las dimensiones del gabinete que alberga el centro de medición se determina de acuerdo con la capacidad y la cantidad de medidores propuestos en el diseño.
- El gabinete debe tener una ventilación mínima de 20 cm^2.
- En los centros de medición multifamiliar cada medidor debe tener su propia válvula de corte.

3.2.4.1 Equipos de medición

3.2.4.1.1 Caudales predeterminados de los medidores

Existe una gran variedad de medidores con un caudal máximo predeterminado por el fabricante, los cuales se utilizan como caudales de diseño en caso de que el caudal total

de una red interna sea menor a éstos. Los caudales de cada tipo de medidor se muestran a continuación (tabla 8).

Tabla 8. Tipos de medidores, caudales máximos, máxima agrupación de usuarios por regulador y diámetros en flautas.

Medidor	Q. máx. (m^3/h)	Usuarios	Qsi. Máx. (m^3/h)	Diámetro Flauta (in)	Longitud al medidor extremo (m)
G-1.6	2,5	1	2,5	1/2	0,26
		2	5	1/2	0,44
		3	7,5	1/2	0,62
		4	10	1/2	1,11
		5	12,5	3/4	1,29
		6	15	3/4	1,29
		7	17,5	3/4	1,47
		8	20	3/4	1,47
		9	22,5	3/4	1,65
		10	25	3/4	1,65
		11	27,5	3/4	1,83
		12	30	1	1,83
Medidor	**Q. máx. (m^3/h)**	**Usuarios**	**Qsi. Máx. (m^3/h)**	**Diámetro Flauta (in)**	**Longitud al medidor extremo (m)**
G-2.5	4	1	4	1/2	0,319
		2	8	1/2	0,538
		3	12	1/2	0,857
		4	16	3/4	0,857
		5	20	3/4	1,384
		6	24	1	1,664
		7	28	1	1,421
Medidor	**Q. máx. (m^3/h)**	**Usuarios**	**Qsi. Máx. (m^3/h)**	**Diámetro Flauta (in)**	**Longitud al medidor extremo (m)**
G-4.0	6	1	6	1/2	0,319
		2	12	1/2	0,588
		3	18	1	0,857
		4	24	1	0,918
		5	30	1	1,395

Fuente: Vanti S.A. ESP.

En la tabla anterior se puede observar la máxima agrupación de medidores (usuarios) que se pueden instalar en un solo centro de medición y regulación. El caudal máximo que se puede instalar por regulador es 30 m^3/h. Por ende, en un centro de medición y regulación se pueden instalar hasta doce medidores de 2,5 m^3/h (G-1.6), siete medidores de 4 m^3/h (G-2.5) o hasta cinco medidores de 6 m^3/h (G-4.0). Así mismo, se pueden instalar los tres tipos de medidores, siempre y cuando la suma de sus caudales sea inferior o igual a 30 m^3/h.

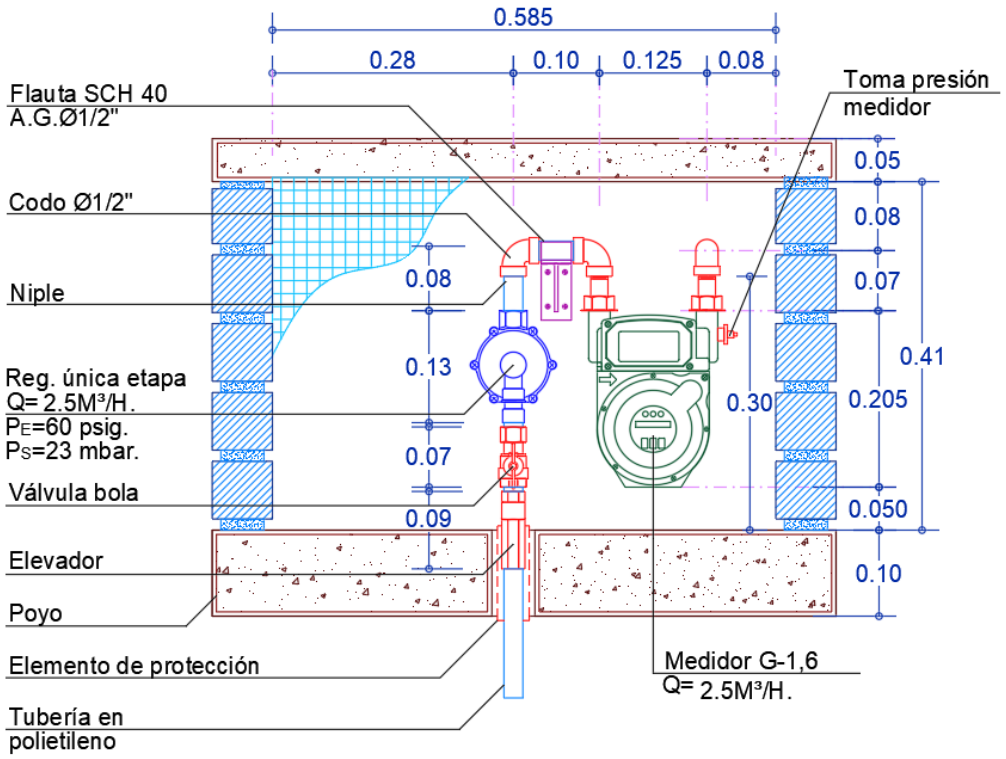


Ilustración 20. Centro de medición y regulación para un usuario, medidor G-1.6.

Fuente: Vanti S.A. ESP

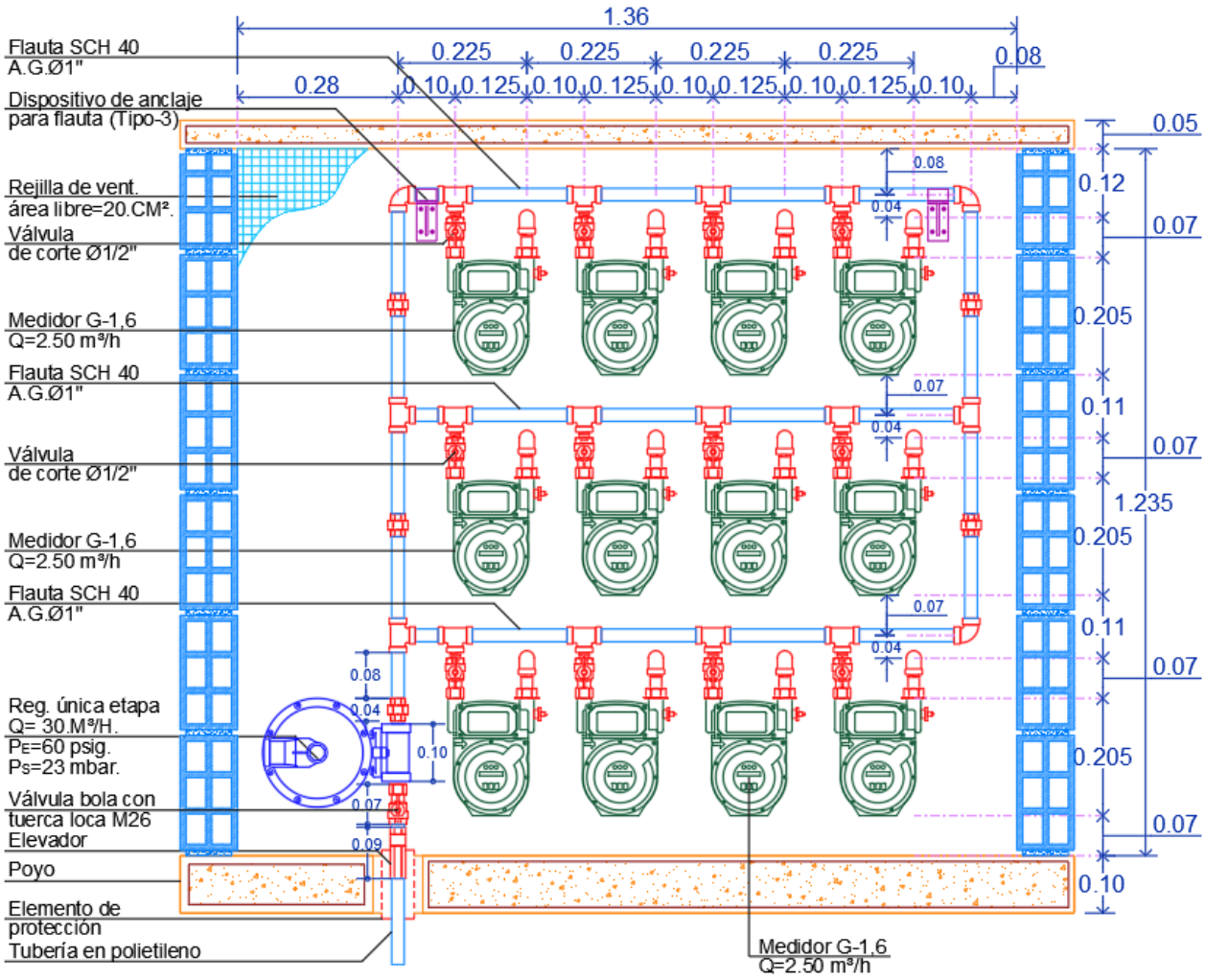


Ilustración 21. Centro de medición y regulación para doce usuarios, medidores tipo G-1.6.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

3.2.4.1.2 Ubicación y protección de los centros de medición

El lugar que se destine para ubicar los centros de medición debe cumplir, como mínimo, con las siguientes especificaciones:

- Debe estar localizado en el exterior de las viviendas o en áreas comunes ventiladas, con facilidad de acceso para su lectura. Sus dimensiones deben

permitir la realización de trabajos de mantenimiento, control, inspección, reparación y reposición.

- En caso de localizar el centro de medición en áreas comunes no ventiladas dentro de la edificación, se debe instalar en armarios o nichos, que sean herméticos hacia el área común.
- El centro de medición debe aislarse de interruptores, motores u otros artefactos eléctricos que puedan producir chispas.
- El sitio debe estar protegido de la acción de agentes externos, tales como impactos, daños mecánicos, humedad excesiva, agentes corrosivos y, en general, de cualquier factor que pueda producir el deterioro acelerado de los equipos.
- Los medidores no se deben ubicar a nivel del piso. La distancia mínima que se permite con respecto a éste es de 50 mm.

3.2.4.2 Equipos de regulación

3.2.4.2.1 Tipos de regulación

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

3.2.4.2.1.1 Regulación de única etapa

Hace referencia a las instalaciones en las que se regula directamente la presión de la línea secundaria (de la acometida), 60 psi a la presión de la línea individual, 23 mbar.

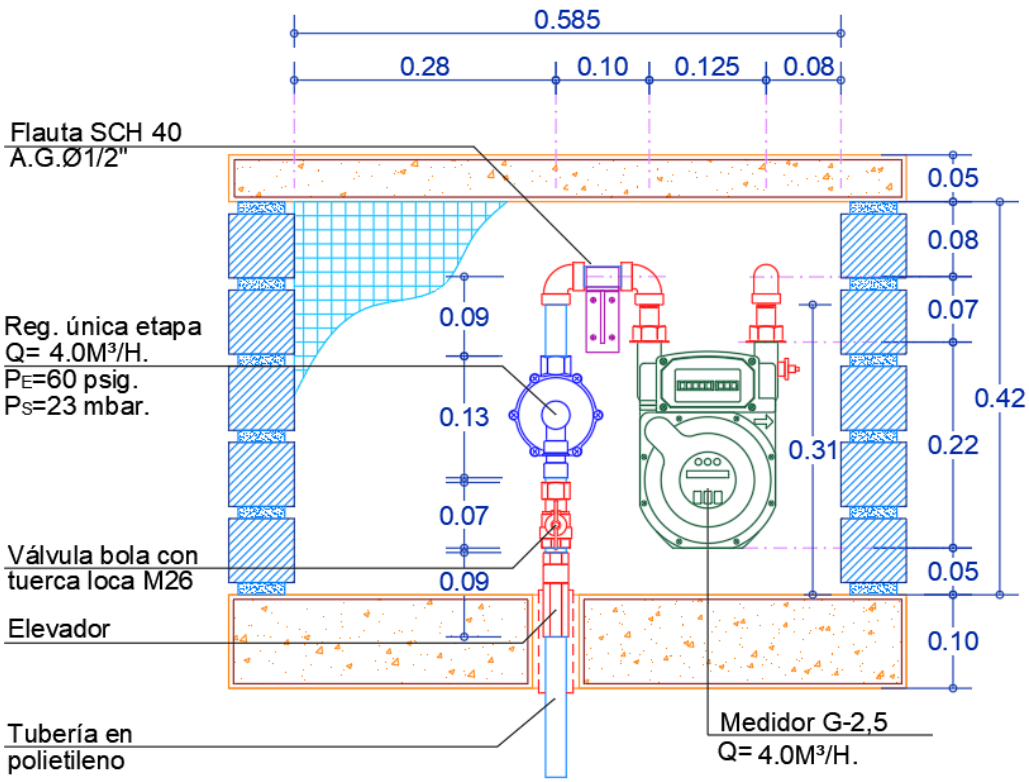


Ilustración 22. Regulación de única etapa en el centro de medición y regulación.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

3.2.4.2.1.2 Regulación en dos etapas

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

- **Primera etapa**

Se reduce la presión de la acometida, 60 psi hasta un valor máximo de presión igual que el permisible en la línea matriz, 345 mbar (media presión 5 psi) o 138 mbar (baja presión 2 psi).

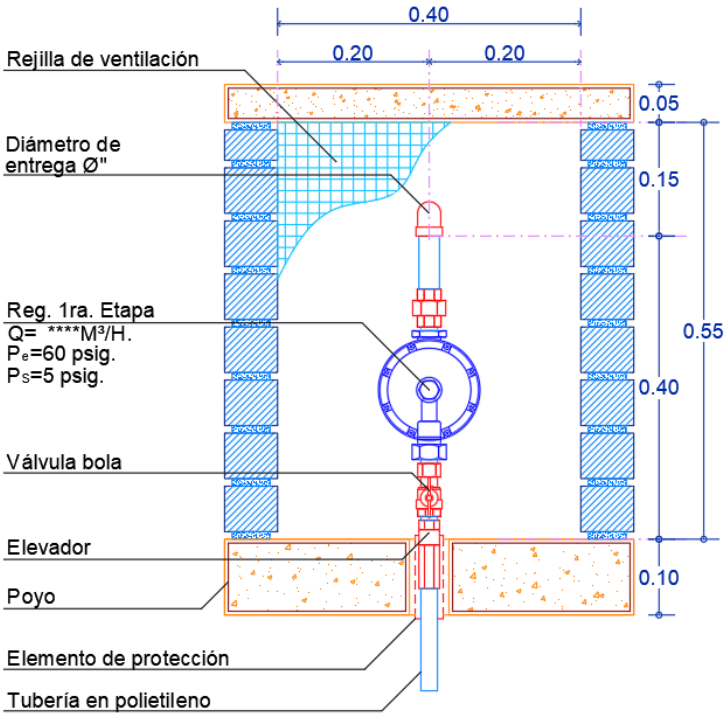


Ilustración 23. Regulación de primera etapa, media presión.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

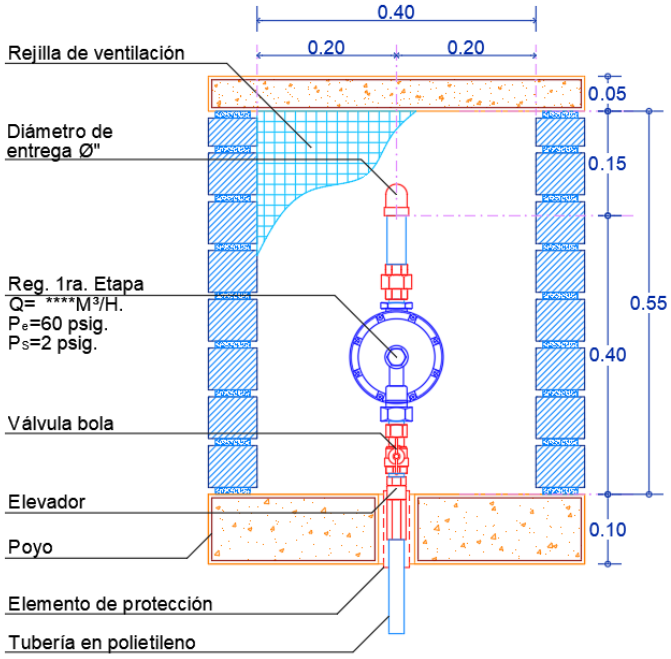


Ilustración 24. Regulación de primera etapa, baja presión.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

- **Segunda etapa**

Se reduce la presión de la línea que viene hasta la presión mínima de las líneas individuales, 23 mbar.

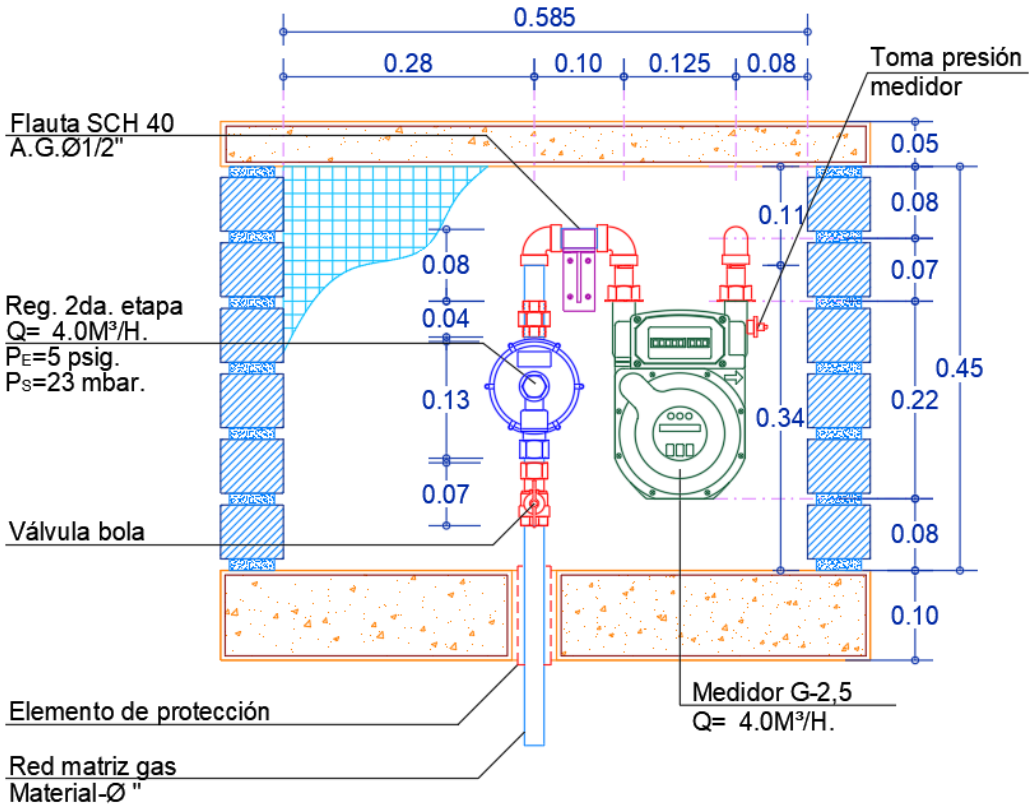


Ilustración 24. Regulación de segunda etapa en el centro de medición y regulación.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

3.2.4.2.1.3 Regulación en tres etapas o regulación asociada

Cuando por las condiciones particulares de la instalación se requiera controlar la presión del gas en tres etapas, la regulación se debe efectuar así:

- **Primera etapa**

  Se reduce la presión de la acometida, 60 psi hasta un valor máximo de media presión, igual que el permisible en la línea matriz, 345 mbar (5 psi).

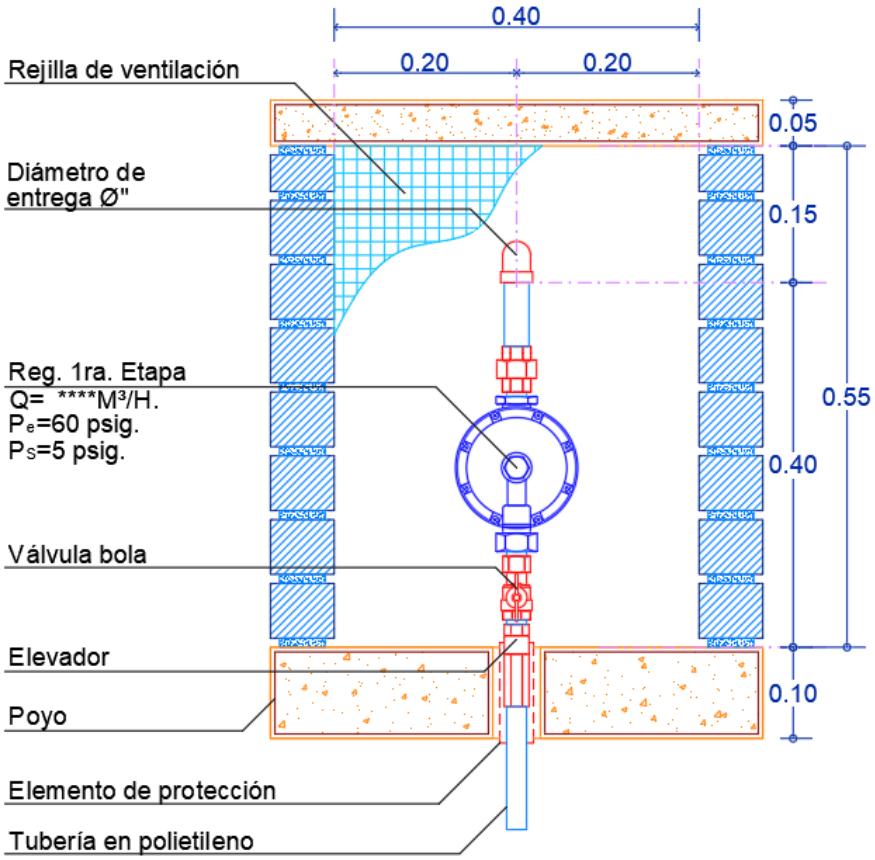


Ilustración 25. Regulación de primera etapa, media presión.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

- **Segunda etapa**

Se reduce la presión de la línea que viene hasta un valor máximo de baja presión, igual que el permisible en la acometida, 138 mbar (2 psi).

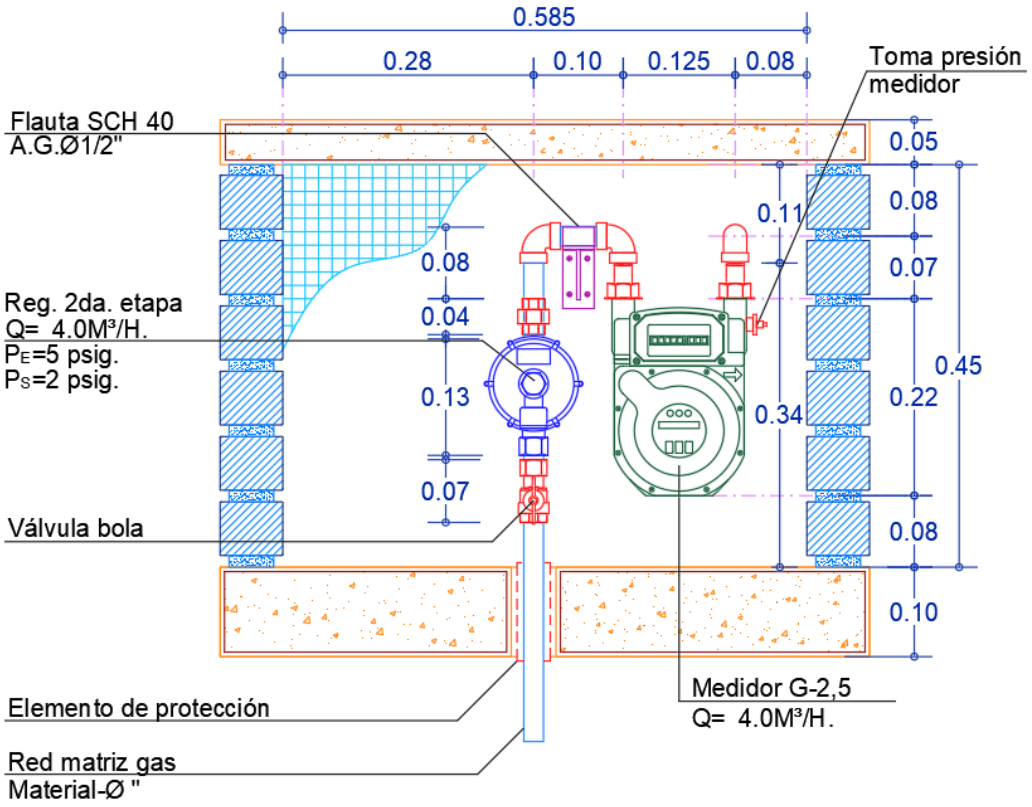


Ilustración 26. Regulación de segunda etapa en el centro de medición y regulación, baja presión.

- **Tercera etapa**

La presión de la línea individual que viene se reduce hasta la presión que requiere el o los artefactos. Generalmente, el regulador de tercera etapa está asociado a un gasodoméstico específico.

3.2.4.2.2 Selección de los reguladores

Existen limitaciones en caudal para cada regulador. Con base en esto, se conoce la cantidad de unidades residenciales para las cuales sirve un regulador.

Caudal máximo de reguladores:

Primera etapa: 80 m^3/h

Segunda etapa: 30 m^3/h

3.2.4.2.3 Ubicación de los reguladores

Si se encuentran en el mismo sitio del medidor, los reguladores deben cumplir, además de lo estipulado para los medidores, las siguientes condiciones:

- Deben contar con una válvula de corte antes del regulador.
- Si hay varios reguladores instalados en el mismo lugar, cada uno debe disponer de una tubería de venteo independiente, de tal forma que se evite su obstrucción por la entrada de agua, insectos o cualquier otro elemento. En ningún caso dichas tuberías deben conectarse a los conductos que transportan los productos de la combustión de los artefactos que funcionan con gas.

Los reguladores se pueden ubicar con base en los siguientes criterios:

- **Regulación de única etapa**.

  El regulador se debe localizar entre la línea secundaria y el exterior de la edificación.

- **Regulación en dos etapas.**

  a) En líneas matrices, el regulador de primera etapa se localiza entre la acometida y el exterior de la edificación. El regulador de segunda etapa puede ubicarse en el exterior o en áreas comunes ventiladas (hall o

sótanos). También se puede ubicar en áreas no comunes ventiladas dentro de la edificación, si el armario o nicho es hermético hacia el área común.

b) Regulación en dos etapas en líneas individuales. El regulador de segunda etapa se puede ubicar dentro de la vivienda, siempre y cuando cumpla los requerimientos de seguridad.

- **Regulación en tres etapas o asociada.**

Primera etapa: el regulador se localiza entre la línea secundaria y el exterior de la edificación. Segunda etapa: el regulador se ubica en el exterior o en las áreas comunes de fácil acceso dentro de la edificación (en vestíbulos o sótanos dentro de los centros de medición), siempre y cuando las condiciones de ventilación del área no permitan la acumulación del gas combustible en el interior de la edificación. Tercera etapa: el regulador puede estar ubicado dentro de la vivienda, cumpliendo los requisitos de seguridad. Generalmente el regulador de tercera etapa está asociado a un gasodoméstico específico.

3.3 SISTEMA DE VENTILACIÓN

El gas natural y el GLP no son elementos tóxicos, pero uno de los productos de su combustión es el monóxido de carbono, que sí lo es. Por esta razón, el constante riesgo de fuga de gas de las tuberías o de los gasodomésticos hacen necesario que el recinto en donde estén ubicados cuente con un sistema de ventilación, que se debe incluir en el diseño de la red interna de gas.

Si no existen las condiciones de ventilación adecuadas, el producto de la combustión o la fuga de gas pueden crear una mezcla tóxica e inflamable, convirtiéndose en un riesgo para los usuarios.

Entonces, es indispensable que en los espacios donde se instalen artefactos a gas se garantice una buena ventilación para el adecuado intercambio de aire del espacio. Estos requerimientos varían de acuerdo con la potencia de los gasodomésticos, por lo cual, el dimensionamiento de las ventilaciones se ha clasificado según la relación entre el volumen del espacio donde se instalan uno o más aparatos a gas y la suma de su potencia total.

El volumen mínimo requerido para estos recintos en función de su potencia debe ser 3,4 m^3 por cada kilovatio de potencia nominal agregada o conjunta de los artefactos a gas instalados.

3.3.1 Espacios confinados y no confinados

3.3.1.1 Espacio confinado

Recinto cuyo volumen es menor de 3,4 m^3 por cada kilovatio de potencia nominal agregada o conjunta de los artefactos a gas instalados en su interior.

3.3.1.2 Espacio no confinado

Recinto interior, cuyo volumen es mayor o igual de 3,4 m^3 por cada kilovatio de potencia nominal agregada o conjunta de los artefactos a gas instalados en su interior. La infiltración de aire es suficiente para ventilar los recintos interiores.

Se consideran parte integral del espacio no confinado uno o varios recintos adyacentes que se comuniquen en forma directa con el recinto en el que están instalados los artefactos a través de aberturas permanentes de circulación peatonal o de tamaño comparable (corredores y pasadizos), que no disponen de puertas o elementos análogos que interrumpan dicha comunicación.

3.3.2 Ventilación de espacios confinados

Se puede suministrar aire mediante rejillas, celosías o conductos (individuales o colectivos).

El aire necesario para la adecuada operación de los artefactos instalados en espacios confinados se puede tomar de otros espacios de la misma construcción o directamente del exterior.

Al momento de realizar las aberturas permanentes, hay que tener en cuenta que la dimensión mínima debe ser de 8 cm.

Así mismo, para ubicar las ventilaciones en el muro, la abertura superior debe comenzar a una distancia no menor de 180 cm y la inferior no debe ser mayor de 30 cm del nivel de piso, medidos en sentido vertical ascendente.

3.3.2.1 Ventilación de espacios confinados desde el exterior

Cuando el aire necesario para los artefactos a gas ubicados en un espacio confinado se toma directamente del exterior de la edificación, este sitio se debe comunicar con el exterior de acuerdo con los lineamientos descritos en la NTC 3631.

3.3.2.1.1 Método 1. Dos aberturas permanentes

La abertura superior debe comenzar a una distancia no menor de 180 cm del piso y la inferior, a una distancia no mayor de 30 cm del suelo, medidas en sentido vertical ascendente. Cada una de estas aberturas debe comunicar el espacio confinado con la atmósfera exterior, bien sea en forma directa o a través de conductos de ventilación.

Cuando se ventila directamente al exterior o mediante conductos verticales, cada abertura debe tener un área libre mínima de 6 cm^2 por cada kilovatio de potencia nominal de los artefactos a gas instalados en el espacio confinado.

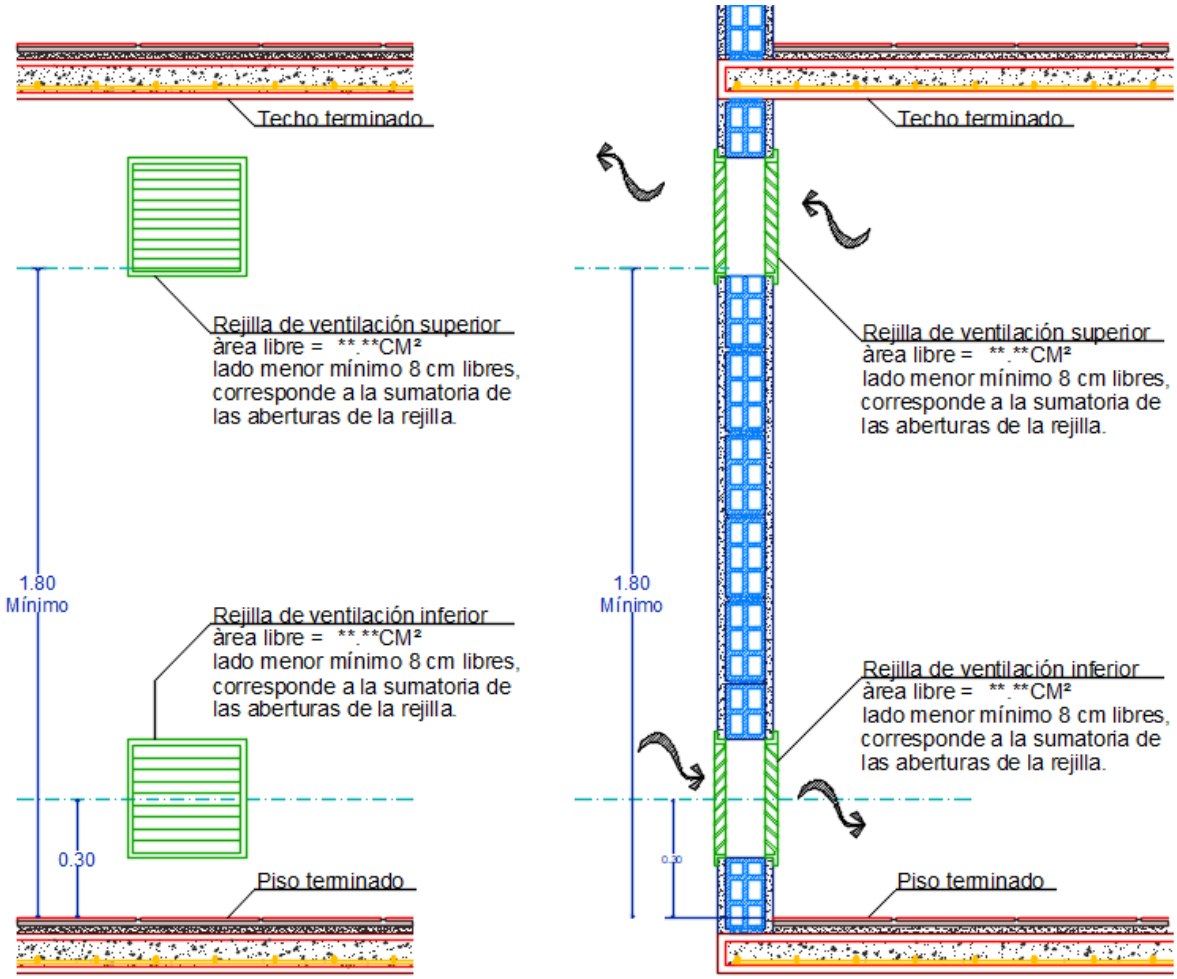


Ilustración 27. Ventilación directa al exterior mediante dos aberturas permanentes, superior e inferior. Fuente: Vanti S.A. ESP.

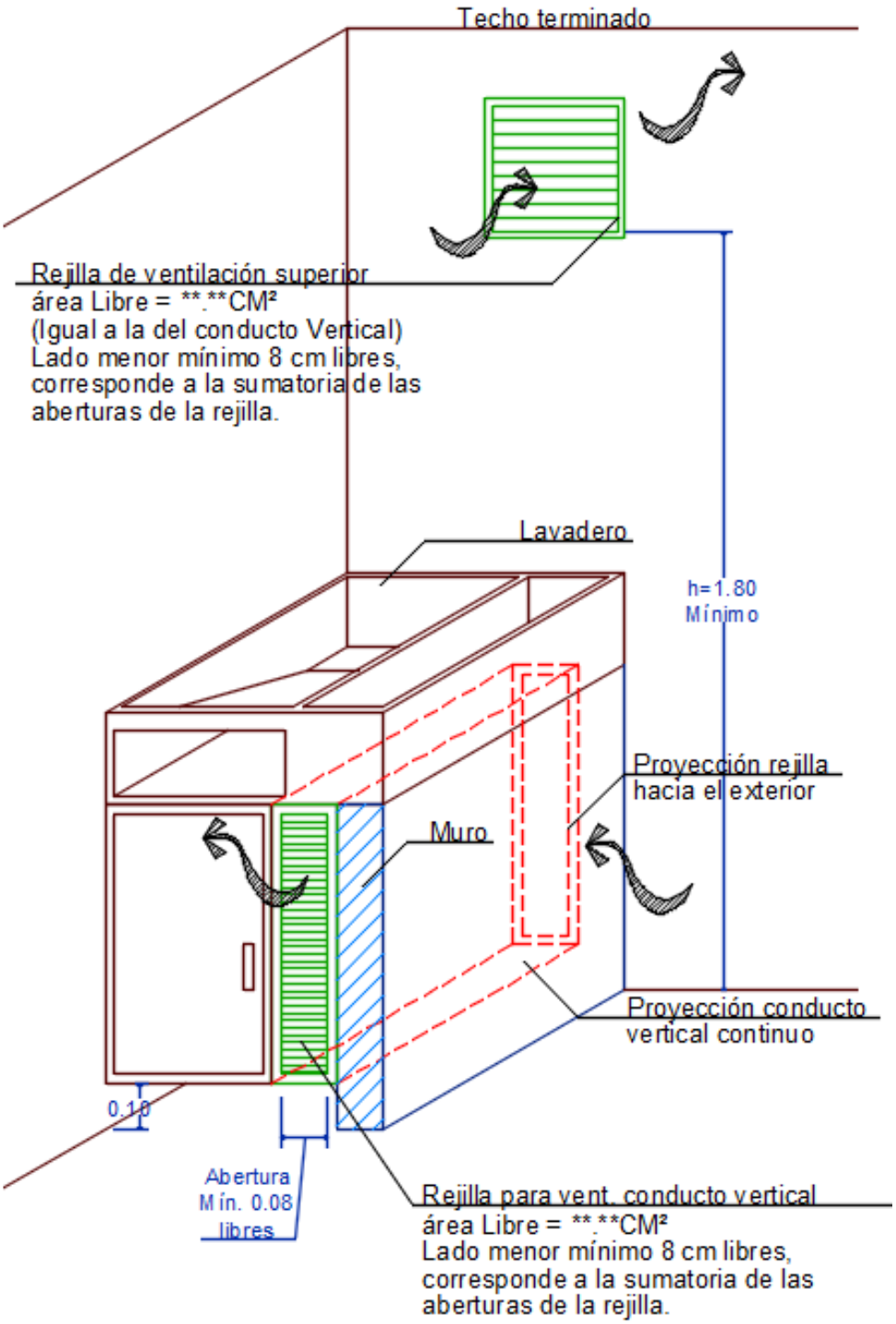


Ilustración 28. Ventilación superior directa a fachada e inferior por conducto vertical bajo el mueble del lavadero. Fuente: Vanti S.A. ESP.

- Cuando el recinto se comunica con el exterior mediante conductos horizontales, cada abertura debe tener un área libre no menor de 11 cm^2 por cada kilovatio de potencia nominal agregada o conjunta de los artefactos a gas instalados en el recinto.

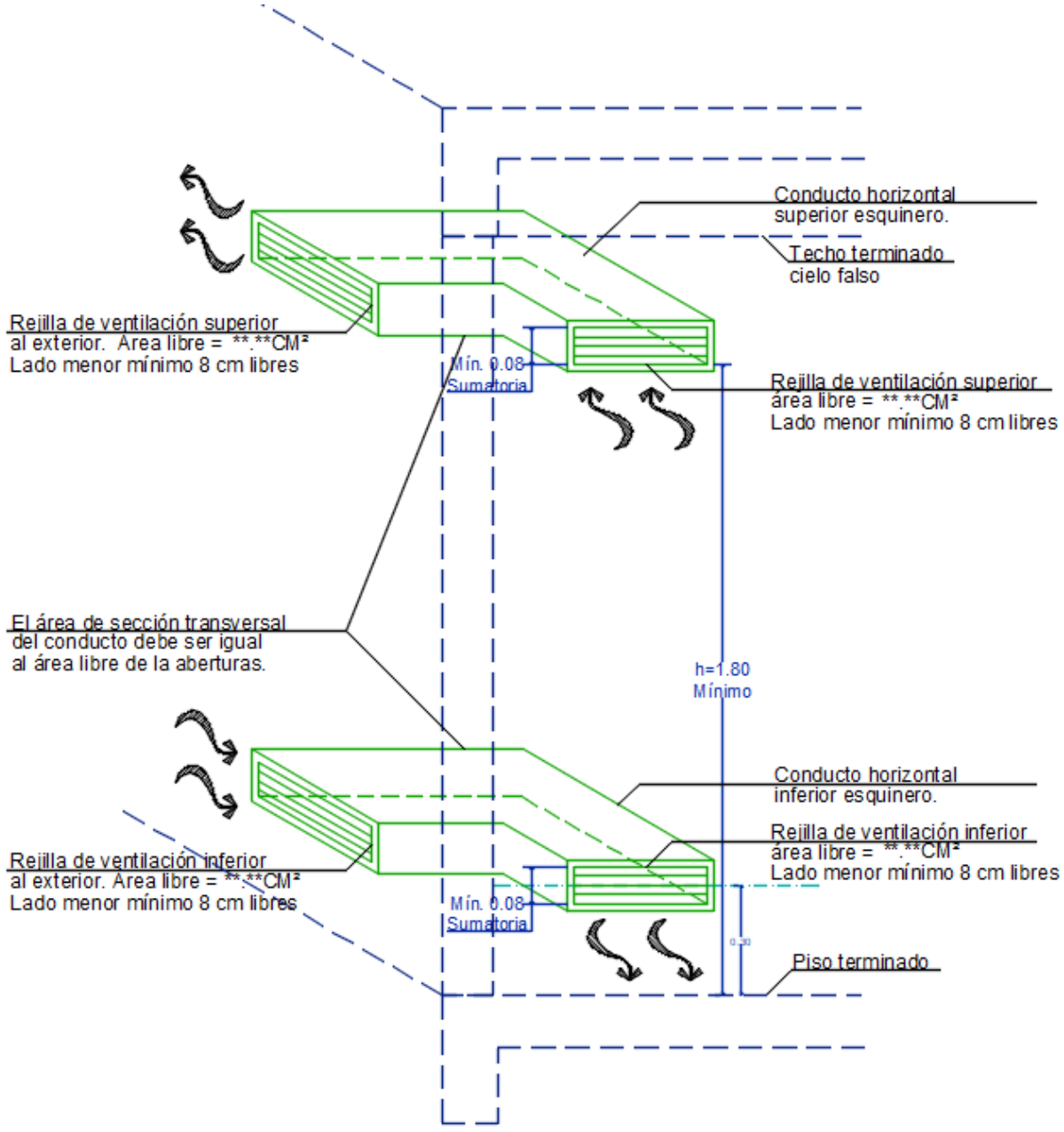


Ilustración 29. Ventilación superior e inferior por conducto horizontal en las esquinas a exterior.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

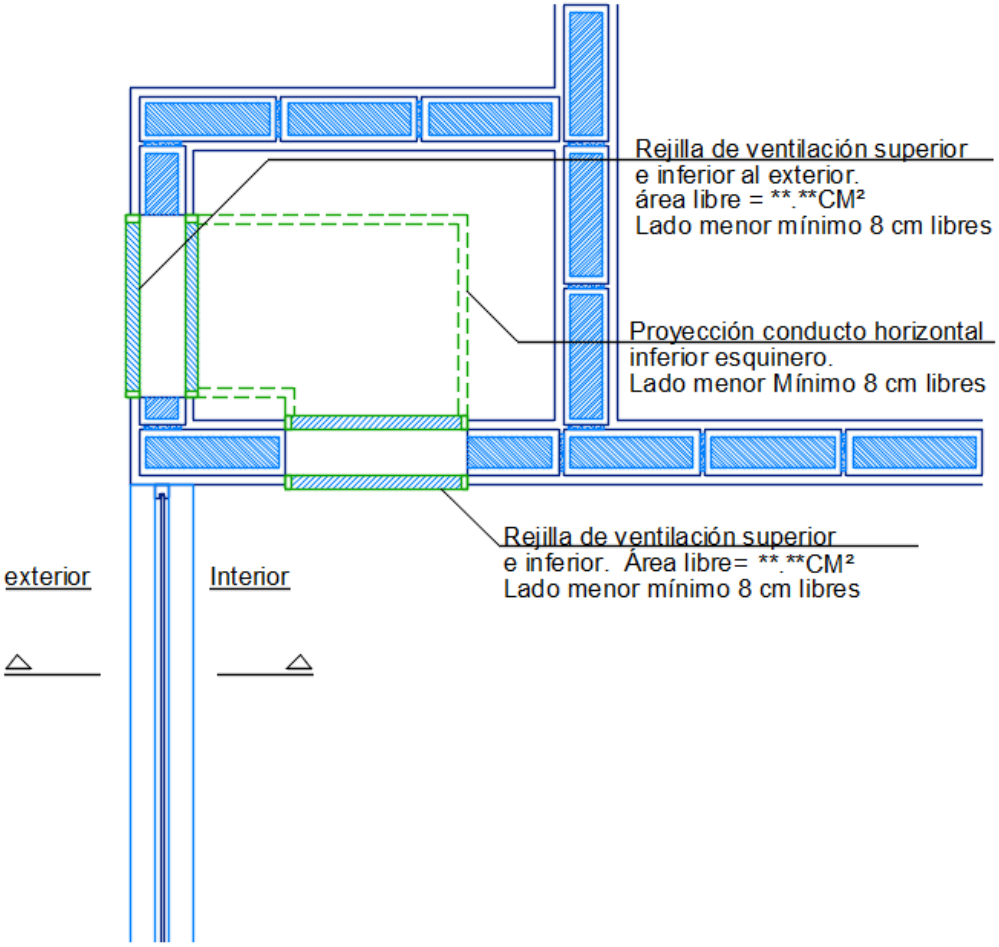


Ilustración 30. Ventilación superior e inferior por conducto horizontal en las esquinas a exterior. Planta. Fuente: Vanti S.A. ESP.

- Cuando se requiera ventilar directamente a la cubierta se pueden emplear conductos verticales, desde las aberturas permanentes hasta el exterior. No se permite emplear un solo conducto vertical para conectar las aberturas superior e inferior de ventilación. Se deben emplear dos conductos, uno para la ventilación superior y otro para la inferior, y su separación se debe mantener hasta la atmósfera exterior.

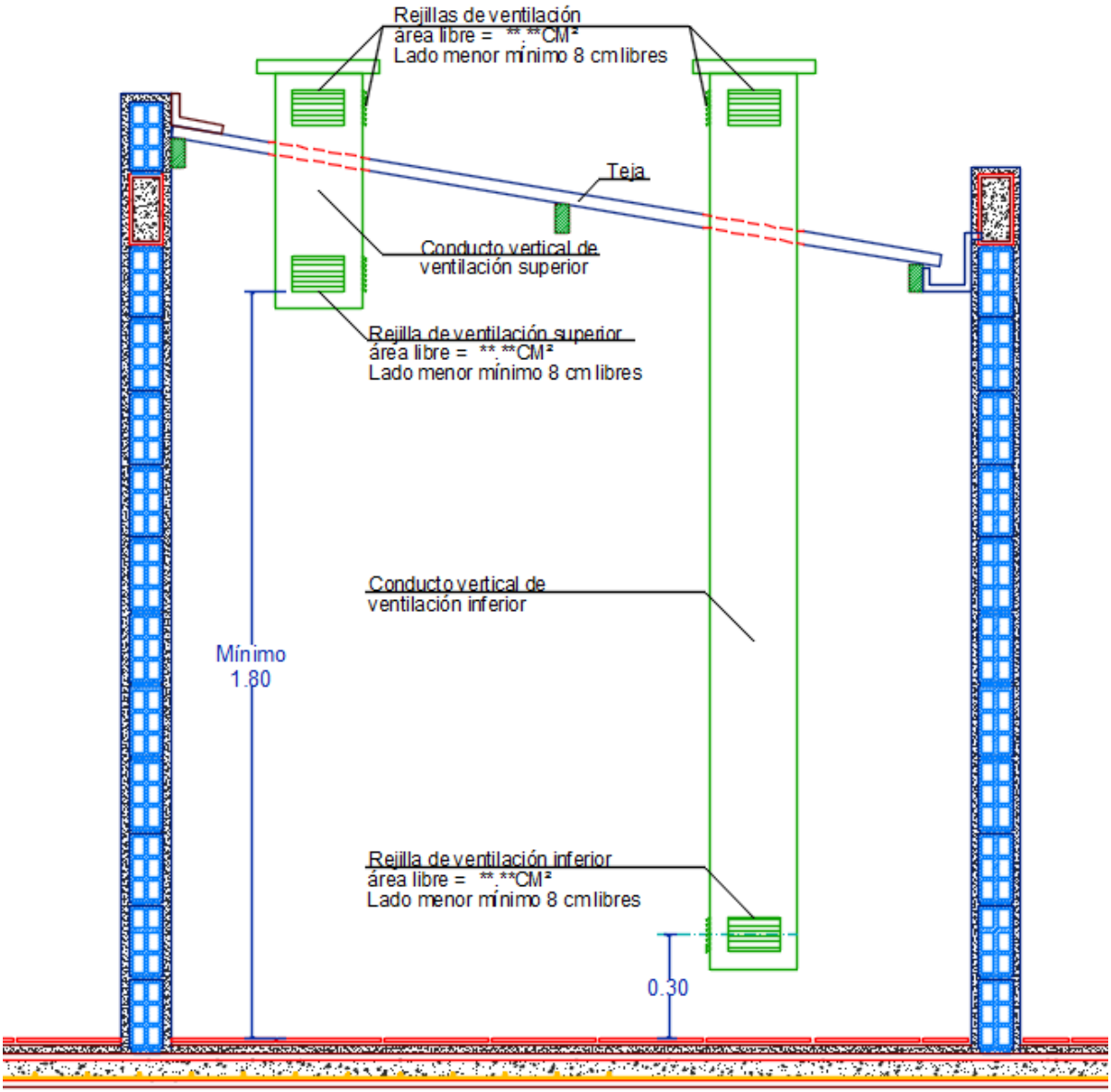


Ilustración 31. Ventilación superior e inferior por conductos verticales a exterior.
Fuente: Vanti S.A. ESP.

- Cuando en varias plantas o niveles de una misma edificación el espacio se comunica con el exterior mediante conductos, las aberturas permanentes a que se refiere el punto anterior pueden comunicarse entre sí a través de dos conductos verticales colectivos de ventilación independientes, uno para el desalojo del aire viciado y otro para la admisión de aire de combustión, renovación y dilución.

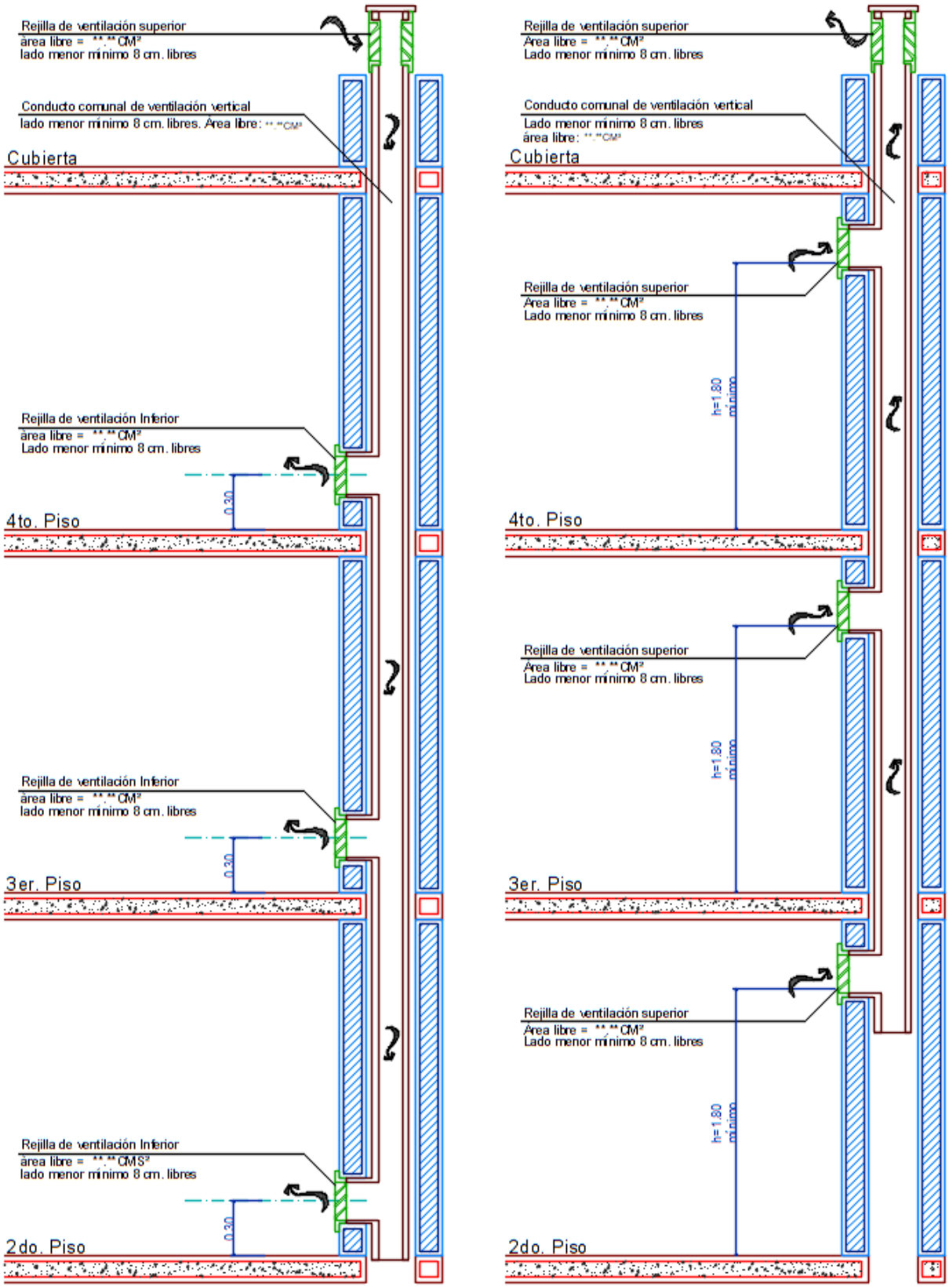


Ilustración 32. Ventilación superior e inferior por conducto colectivo vertical. Fuente: Vanti S.A. ESP.

3.3.2.1.2 Método 2. Una abertura permanente

Este tipo de abertura debe comenzar a una distancia no menor de 180 cm del piso, medida en sentido vertical ascendente. Si al ubicarla no es posible cumplir con esta disposición, se permite que comience a una distancia no mayor de 30 cm respecto al techo, medida en sentido vertical descendente. Este método se acepta en recintos en los cuales los artefactos tienen una separación entre sí de al menos 2,5 cm a sus lados y en su parte posterior, y de 16 cm al frente. La abertura debe comunicar la habitación con la atmósfera exterior, bien sea en forma directa o a través de un conducto individual, vertical u horizontal, y debe tener un área libre mínima igual al mayor de los siguientes valores:

- 11 cm^2 por cada kilovatio de potencia nominal agregada o conjunta de los artefactos a gas instalados en el recinto.
- La suma de las áreas de los conectores de los artefactos instalados en el recinto, según sea aplicable.

3.3.2.2 Ventilación de espacios confinados desde otros espacios de la misma construcción

- **Combinación de espacios en el mismo piso o nivel**

Para garantizar el adecuado suministro de aire a un espacio confinado desde un recinto contiguo de la misma construcción, ubicado en el mismo nivel o piso, se debe disponer de dos aberturas entre los dos espacios. Una de las cuales debe tener un área libre igual o mayor a 22 cm^2 por cada kilovatio instalado de potencia nominal agregada o conjunta

de los artefactos a gas instalados en el espacio confinado. El área libre individual mínima de cada una de las aberturas debe ser de 645 cm^2.

Las aberturas de ventilación se pueden comunicar de forma directa o a través de un conducto vertical u horizontal. Lo más práctico es la ventilación directa por medio de una puerta con rejillas o celosía.

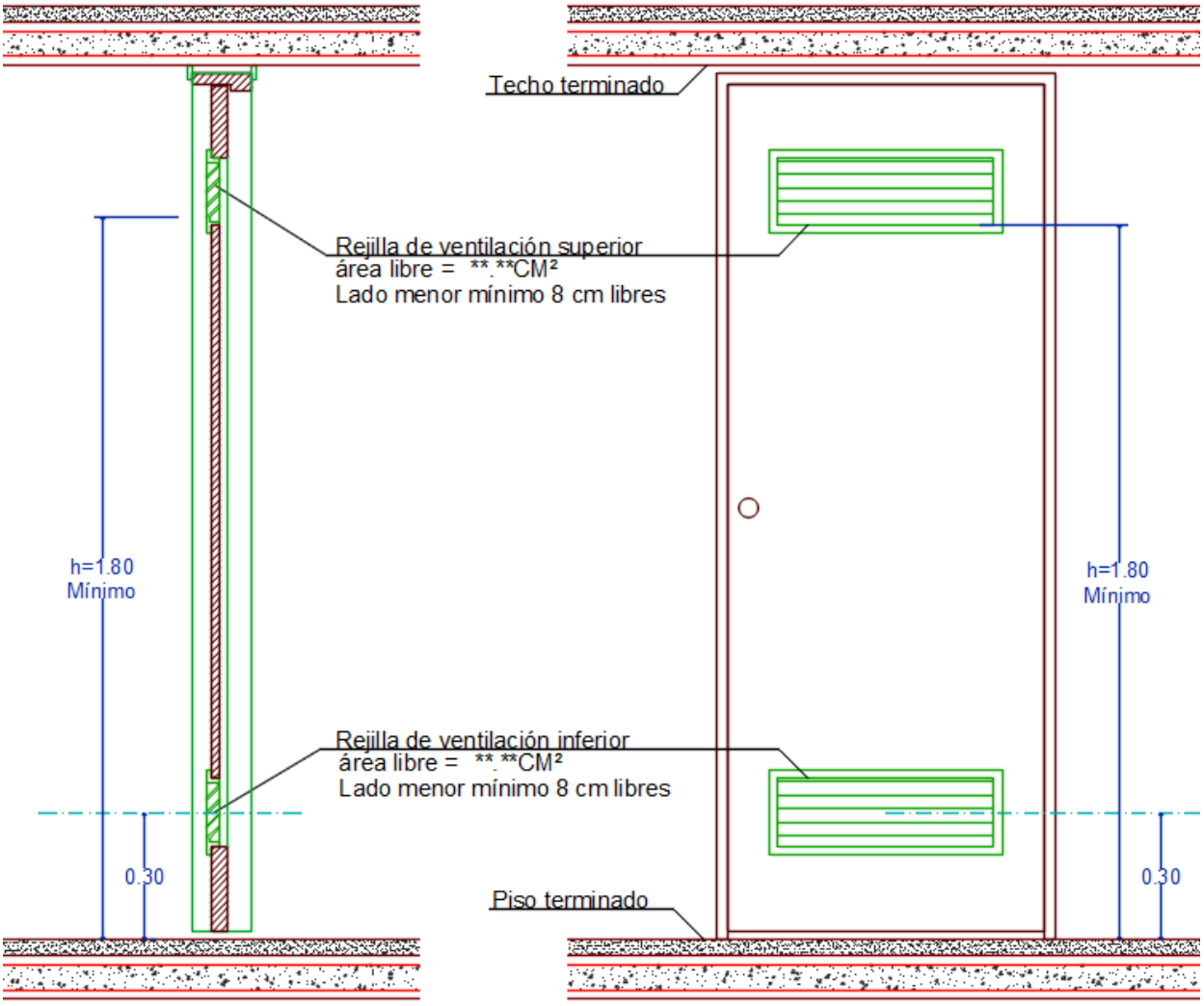


Ilustración 33. Ventilación en puerta desde otro espacio de la misma edificación. Fuente: Vanti S.A. ESP.

- **Combinación de espacios en diferentes pisos**

Los volúmenes de espacios en diferentes pisos se deben considerar como espacios comunicados cuando están conectados con una o más aberturas, localizadas en puertas o pisos con un área libre mínima igual a 44 cm^2 por cada kilovatio de potencia nominal agregada o conjunta de los artefactos a gas instalados en el espacio confinado.

3.3.2.3 Combinación de aire proveniente del interior y exterior

La combinación de aire de combustión proveniente del interior y del exterior se debe realizar de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- Aberturas internas: las aberturas que conectan el recinto interior con otros espacios internos deben cumplir con lo especificado en el numeral 3.3.2.2.
- Localización de aberturas externas: se deben ubicar con base en las especificaciones del numeral 3.3.2.2.
- Tamaño de aberturas externas: el tamaño de estas aberturas se debe calcular de acuerdo con lo siguiente:

- La relación de espacio interior se debe calcular como el volumen disponible de todos los espacios comunicados, divididos por el volumen requerido.
- El factor de reducción de tamaño exterior debe ser uno, menos la relación de espacio interior.
- El tamaño mínimo de las aberturas externas debe ser el área total de las aberturas calculadas con base en el numeral 3.3.2.1, multiplicado por el factor de reducción. La dimensión mínima de las aberturas de aire no debe ser menor de 8,0 cm.

3.3.2.4 Métodos alternos para la ventilación de espacios confinados

Las especificaciones en cuanto a la ventilación de recintos pueden obviarse, siempre y cuando el fabricante certifique y justifique que el artefacto a gas posee capacidad de ventilación. En estos casos, se deben proporcionar dispositivos de seguridad que impidan el funcionamiento de los artefactos cuando los sistemas especiales de ventilación no estén operando o cuando operen en forma deficiente.

3.3.3 Ventilación en sótanos o semisótanos

Cuando se requiera instalar la tubería por sótanos o semisótanos, éstos deben tener aberturas de ventilación de entrada y salida de aire en comunicación directa con el exterior. El área de entrada y salida de aire (S) en cm² debe ser mayor o igual a diez veces la superficie en planta del recinto (A) en m², siendo 200 cm² el área mínima.

$$S\ (cm^2) \geq 10\ A\ (m^2) \qquad \textit{Ecuación 1}$$

Otra opción para ventilar el sótano es mediante un conducto, cuya sección transversal sea igual al área calculada anteriormente, afectándola por un factor en función de la longitud del conducto, como se muestra a continuación (tabla 9).

Tabla 9. Factor de longitud de conductos de ventilación en sótanos.

Longitud (m)	Factor
3 ≤ L ≤ 10	1,5
10 ≤ L ≤ 26	2
26 ≤ L ≤ 50	2,5

3.4 SISTEMA DE EVACUACIÓN

3.4.1 Evacuación de los productos de combustión de los gasodomésticos

Durante el proceso de combustión se genera una gran cantidad de gases que se deben retirar. Realizar dicha evacuación es conveniente para eliminar la posibilidad de incendios que se pueden generar por las altas temperaturas y para evitar deterioro en las estructuras de los edificios, muebles, etc., como consecuencia de la condensación del vapor de agua.

El método para evacuar los productos de la combustión está determinado directamente por el fabricante, con base en las especificaciones de construcción y funcionamiento que establezcan las normas técnicas particulares para este tipo de artefactos y lo indicado en los reglamentos técnicos vigentes por la autoridad competente.

Los artefactos tipo A (estufas, secadoras, calefactores de ambiente, etc.) no requieren conectarse a un conducto o dispositivo especial de evacuación de los productos de la combustión hacia el exterior del recinto en el cual se instalan. En caso de que uno o varios artefactos del tipo A se instalen en un mismo recinto interior confinado (o sin ventilación), según los criterios establecidos en la NTC 3631, en forma tal que la potencia nominal agregada o conjunta exceda los 207 W por cada m^3 de espacio disponible dentro del recinto, uno o más de tales artefactos se deben conectar a sistemas que evacúen los productos al exterior hasta que la potencia de los aparatos restantes no exceda los 207 W por m^3 de espacio disponible dentro del recinto.

Si dicho espacio interior se encuentra comunicado en forma directa con uno o más recintos interiores adyacentes mediante aberturas permanentes de circulación peatonal

o de tamaño comparable que no se puedan cerrar (como corredores y pasadizos sin puertas), el espacio disponible de estos recintos puede computarse en los cálculos para verificar que se cumpla este requisito (véase la NTC 3631).

Los artefactos tipo B1, B2 y C (calentadores de agua de tiro natural, calentadores de agua de tiro forzado, calentadores de agua de condensación, calderas y calefactores de ambiente cámara estancada) sí requieren sistemas de evacuación que expulsen los productos generados por la combustión al exterior.

3.4.1.1 Especificaciones para el dimensionamiento, la construcción e instalación de sistemas de evacuación

Para el diseño de sistemas de evacuación se debe seguir la NTC 3833. En general, se deben observar los siguientes requisitos:

- Los sistemas de evacuación deben construirse con materiales no combustibles ni quebradizos, con una resistencia al fuego igual o superior a 2 h y sus superficies interiores deben ser lisas o esmaltadas.

- Los sistemas de evacuación, preferentemente, deben tener una sección inferior de geometría circular. Sin embargo, pueden ser rectangulares o cuadrados, siempre y cuando el área seccional interior sea equivalente al de uno circular, incrementado en un 10 %. Para los sistemas rectangulares, la relación entre el lado mayor y el menor debe ser menor o igual de 1,5.

- Ningún componente de un sistema para la evacuación de los productos de combustión de gas debe extenderse o pasar a través de un sistema de ventilación y mucho menos desfogar en él.

- La evacuación de los productos de la combustión se puede realizar por medio de un tiro natural o un tiro forzado.

3.4.1.1.1 Tipos de evacuación

3.4.1.1.1.1 Evacuación directa a fachada

Evacuación en artefactos de tipo B.2 de tiro forzado

Todos los artefactos de gas clasificados como tipo B.2 que operan por tiro forzado pueden evacuar directamente a fachada o a la cubierta, si la longitud del ducto de evacuación lo permite.

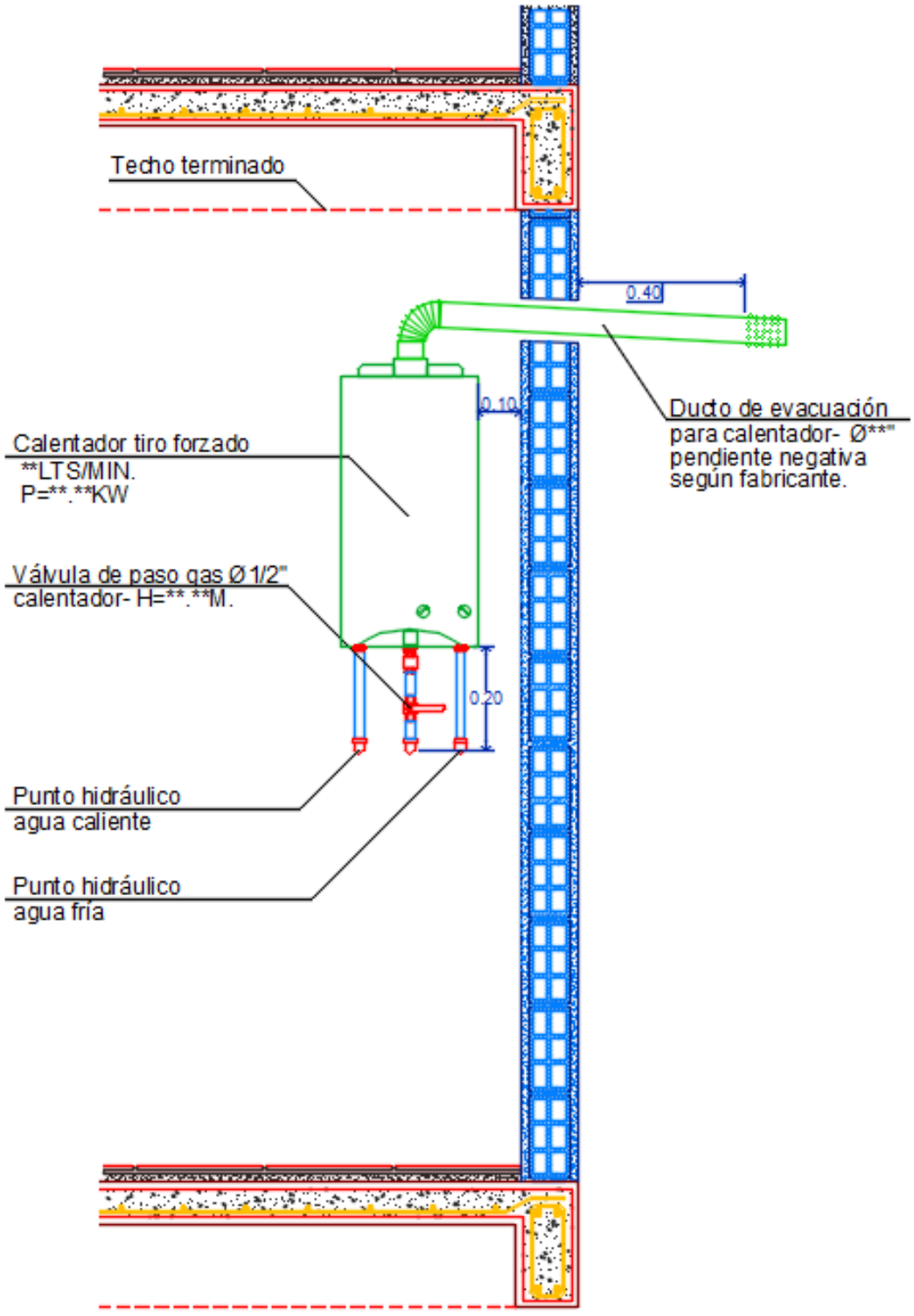


Ilustración 34. Evacuación directa al exterior del calentador de agua de tiro forzado.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

Evacuación en artefactos de tipo B.1 de tiro natural

Los artefactos de gas clasificados como tipo B.1 que operan por tiro natural se deben conectar preferentemente a un sistema de chimenea. Si no es posible, se debe utilizar un sistema de evacuación directa a través de fachada.

El conector para la evacuación directa a través de fachada debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser metálico, internamente liso, rígido, resistente a la corrosión y capaz de soportar temperaturas de trabajo hasta de 250 °C. Adicionalmente, debe estar fabricado de acuerdo con los requisitos establecidos en la NTC 3567.

- Su diámetro interno mínimo, en función de la potencia nominal del artefacto, debe ser por lo menos el que se encuentra especificado en la tabla 10. En este aspecto, sólo se aceptan los conectores cuya sección transversal sea circular.

  La sección del conector, en toda su longitud, no debe ser menor de la correspondiente a la salida del artefacto.

Tabla 10. Diámetros internos mínimos de conectores de evacuación, en función a la potencia nominal del artefacto.

Potencia nominal del artefacto	Diámetro interior mínimo del conector de evacuación a nivel de mar
P ≤ 11.5 kW	90 mm
11,6 KW ≤ P ≤ 17,5 KW	110 mm
17,6 KW ≤ P ≤ 24,0 KW	125 mm
24,1 KW ≤ P ≤ 31,5 KW	139 mm
31,5 KW ≤ P	175 mm

Para calcular el diámetro interior mínimo necesario en las instalaciones realizadas a cualquier otra altura sobre el nivel del mar se debe corregir el diámetro, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$f2 = f1 * \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}$$ *Ecuación 2*

Donde:

f = diámetro del conector de evacuación (el subíndice 1 indica condiciones a nivel del mar y el subíndice 2 condiciones de trabajo).

P = presión atmosférica (el subíndice 1 indica condiciones a nivel del mar y el subíndice 2 indica presión en el sitio de la instalación).

- Las uniones entre el collarín del artefacto y el deflector, así como las que existan entre los tramos y accesorios de éste, deben realizarse mediante un sistema que asegure su hermeticidad.

- El conector debe mantener una pendiente positiva mayor o igual al 3 % en todos sus tramos.

- El conector debe disponer, en su extremo, de un deflector que cumpla lo establecido en la NTC 3567 para descargas a fachada.

- El extremo del conector (excluyendo al deflector) debe estar separado al menos 10 cm del muro que ha atravesado.

- La descarga no se debe realizar a recintos cerrados.

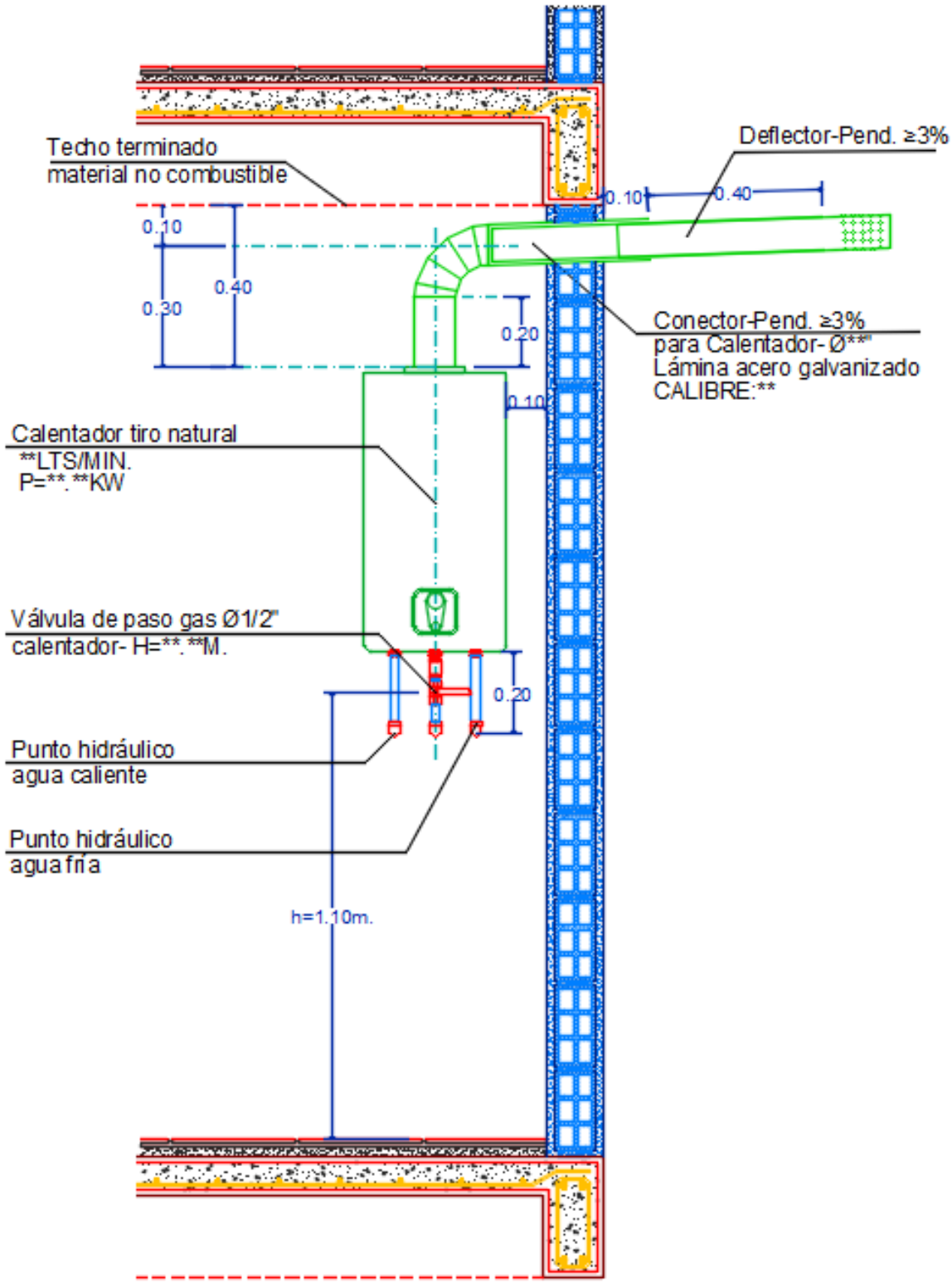


Ilustración 35. Evacuación directa al exterior del calentador de agua de tiro natural.

Fuente: Vanti S.A. ESP.

- El sistema de evacuación debe dimensionarse de tal manera que se cumpla el siguiente requisito: partiendo de la puntuación detallada que aparece en el Anexo B, asignada para cada accesorio o tramo que desde el diseño forme parte del sistema de evacuación, la suma total de los puntos de los elementos utilizados en su configuración real presente un valor positivo mayor o igual que 1.

3.4.1.1.1.2 Evacuación por vacío interno

Si las características de la edificación no permiten evacuar directo a fachada, se puede optar por la ventilación por medio de un vacío interno, que debe contar con las siguientes condiciones físicas (NTC 3631):

- Si está cubierto en su parte superior con un techado, éste debe dejar libre una superficie permanente de comunicación con el exterior del 25 % de su sección en planta, con un mínimo de 4 m^2 para ventilación o evacuación y 6 m^2 para combinación, ventilación y evacuación.

  Para vacíos internos entre 1 y 6 pisos de altura

- Se considera vacío interno con las condiciones físicas para la proyección de sistemas de evacuación aquel que tenga un área (A) en planta igual a:

$$A = (0{,}20 * Ne) \geq 2{,}5\ m^2 \qquad \textit{Ecuación 3}$$

  Donde:

  A = área mínima recomendada

Ne = Número total de artefactos tipo B2 (que operen por tiro mecánico forzado) o tipo C que realicen la evacuación en el vacío interno.

- El lado menor (Lm) del vacío interno no debe ser inferior a 1,5 m.
- Se considera vacío interno con las condiciones físicas para la proyección de sistemas de ventilación y evacuación aquel que tenga un área (A) en planta igual a:

$$A = (0{,}25 * Ne) \geq 3\ m^2$$ *Ecuación 4*

Para vacíos internos de 7 o más pisos de altura

- Se considera vacío interno con las condiciones físicas para la proyección de sistemas de evacuación aquel que tenga un área (A) en planta igual a:

$$A = (0{,}25 * Ne) \geq 3{,}5\ m^2$$ *Ecuación 5*

El vacío debe tener un lado menor (Lm) igual a:

$$Lm = \sqrt{(\frac{A}{1{,}5})} \geq 1{,}5\ m$$ *Ecuación 6*

- Se considera vacío interno con las condiciones para la proyección de sistemas de ventilación y evacuación aquel que tenga un área (A) en planta igual a:

$$A = (0{,}4 * Ne) \geq 4\ m^2$$ *Ecuación 7*

El vacío debe tener un lado menor (Lm) igual a:

$$Lm = \sqrt{(\frac{A}{1{,}5})} \geq 2m$$ *Ecuación 8*

- Cuando se realicen el sistema combinado de ventilación y la evacuación de productos de combustión generados por artefactos tipos B2 y C sobre vacíos internos de siete o más pisos se debe asegurar un aporte de aire proveniente del exterior de la edificación para la correcta dilución de los productos de combustión. Esta corriente de aire permanente debe estar localizada en la base inferior del vacío interno evaluado, por debajo del nivel de evacuación del primer equipo tipo B2 o C, contado en sentido vertical ascendente. Este aporte se puede realizar bajo plataforma, por conducto horizontal, o ventilación en el primer piso.

3.4.1.1.1.3 Evacuación por chimenea

Los sistemas colectivos para evacuar los productos de combustión de varios artefactos de gas tipos B.1 o B.2, que operan por tiro mecánico inducido, instalados en más de una planta o nivel de un mismo edificio, deben configurarse mediante el empleo de sistemas, cuyas dimensiones deben estar de conformidad con las siguientes especificaciones:

- Sistemas de construcción metálica. Se puede utilizar un sistema colectivo único para evacuar los productos de combustión de varios artefactos de gas del tipo B.1,

que operen por tiro natural, y del tipo B.2, que operen bajo tiro mecánico inducido, o una combinación de ambos, instalados en más de una planta o nivel de un mismo edificio, siempre y cuando las dimensiones e instalación de dicho sistema estén de acuerdo con lo dispuesto en las tablas A.5.1 y A.5.2 del Anexo A, y los requisitos de instalación y espaciamiento cumplan los siguientes requisitos:

- La elevación total (H) de cada segmento del sistema colectivo debe ser la distancia vertical efectiva, comprendida entre el borde superior del collarín o acople de inserción instalado a mayor altura en el piso o nivel del edificio, que corresponde a ese segmento de la chimenea colectiva, y el eje longitudinal horizontal del conector que corresponde al siguiente artefacto de gas acoplado al sistema inmediatamente hacia arriba (ilustración 36).

- Las dimensiones de los conectores en cada segmento del sistema colectivo deben determinarse de acuerdo con lo indicado en el numeral 3.4.1.1.1.1. En ningún caso puede haber reducción de diámetro, respecto al diámetro del collarín del artefacto a gas.

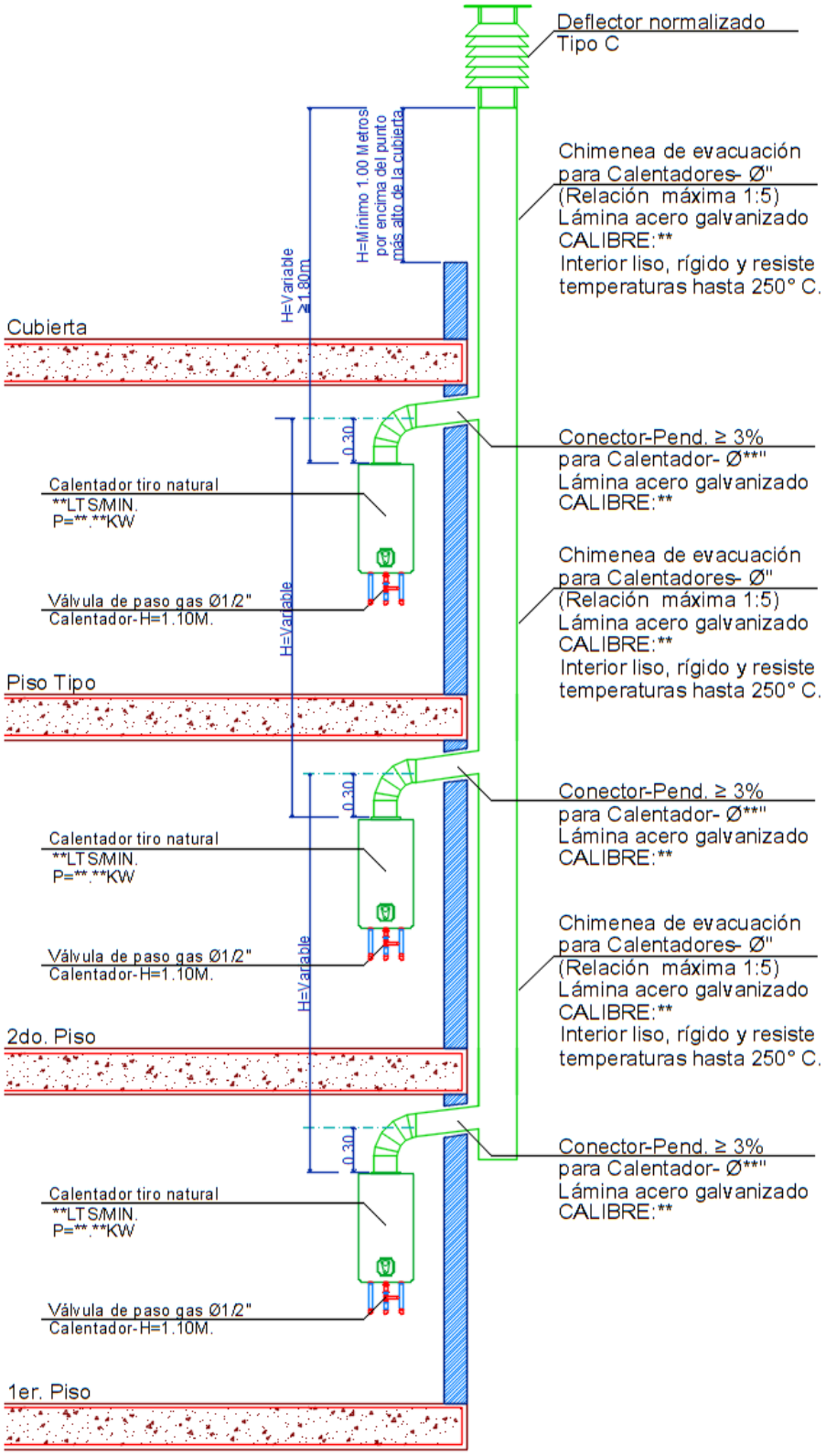


Ilustración 36. Evacuación por chimenea colectiva de aparatos de tiro natural en diferentes pisos de una edificación. Fuente: Vanti S.A. ESP.

- Las dimensiones de los tramos verticales de cada segmento del sistema colectivo se deben determinar a partir de la elevación total (H) del segmento y de la potencia total acumulada o conjunta de todos los artefactos de gas, cuyos productos de la combustión deban fluir a través de ese segmento de la chimenea colectiva. Es decir, es la suma de la potencia total acumulada de los distintos acoplados al sistema de la chimenea colectiva más la potencia nominal agregada o conjunta de los artefactos de gas acoplados al sistema en cada uno de los segmentos inferiores (ilustración 36).

4 DISEÑO DE UNA RED INTERNA DE GAS DE USO DOMICILIARIO. ECUACIONES

4.1 Caudal nominal de un gasodoméstico

Para calcular el caudal nominal (consumo) en m^3/h que requiere determinado artefacto a gas se divide su potencia nominal entre el poder calorífico del gas suministrado.

La potencia nominal es la cantidad total de energía que consume un artefacto en su funcionamiento normal en cierta unidad de tiempo. Se expresa en kilovatios (KW), (1 KW =1 kJ/S). Generalmente, el valor de la potencia requerida aparece en el manual de operación e instalación, o en la ficha técnica del artefacto gasodoméstico.

$$Q_n = \frac{P_n}{PC}$$ *Ecuación 9*

Donde:

Qn = caudal nominal del artefacto a gas expresado en m^3/h

Pn = potencia nominal del artefacto, expresado en KW

PC = poder calorífico del gas suministrado, expresado en $KW\text{-}h/m^3$

4.2 Caudal de diseño de la red interna

Para calcular el caudal de toda la red interna para suplir la demanda de los aparatos instalados en una unidad residencial se debe realizar la ecuación de simultaneidad, la cual dice que cuando en una red interna residencial estén instalados más de dos artefactos a gas es poco probable que todos estén funcionando a su potencia nominal de forma simultánea. Según esta ecuación, el caudal de diseño se debe calcular de la siguiente manera:

$$Q_{DIS} = A + B + \frac{C + D + \cdots + N}{2} \qquad \textit{Ecuación 10}$$

Donde:

Q_{DIS} = caudal de diseño de simultaneidad, en m^3/h

A y B = caudales de los dos artefactos de mayor consumo en m^3/h

C, D, … N = caudales del resto de los artefactos en m^3/h

Sin embargo, esta guía recomienda tomar como caudal de diseño la suma de los caudales de los artefactos gasodomésticos instalados en la red, teniendo en cuenta que existe la probabilidad de que todos funcionen simultáneamente y que se debe garantizar su adecuado funcionamiento. Así mismo, el diseño debe considerar el incremento de consumos por mejoras del servicio, futuras ampliaciones o futuras instalaciones de nuevos artefactos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el caudal de diseño se calcula así:

$$Q_{DIS} = A + B + C + D + \cdots + N$$ *Ecuación 11*

Donde:

Q_{DIS} = caudal de diseño, en m^3/h

A, B, C, D, …N = caudales de todos los artefactos instalados, en m^3/h

4.3 Longitud total del tramo de tubería

El tránsito del gas por la tubería presenta una pérdida de carga, generada, entre otras cosas, por el roce en los diversos accesorios, como codos, válvulas, derivaciones, etc. Para compensar esta pérdida y simplificar los cálculos se toma como longitud del tramo de la instalación la longitud real (Lr), incrementada en un 20%, la cual se denomina longitud equivalente (Le). *Ecuación 12*

$$Le = Lr * 1{,}20$$

Donde:

Le = longitud equivalente

Lr = longitud real de la tubería

4.4 Presión de diseño (pérdida de presión admisible)

De acuerdo con la NTC 3838, las presiones de operación permisibles para los sistemas de tuberías destinados al suministro de gases combustibles para usos residenciales en Colombia se muestran a continuación (tabla 11).

Tabla 11. Máximas presiones de operación permisibles para sistemas de tuberías destinados al suministro de gases combustibles para usos residenciales.

Clases de sistemas de tubería y de usuario	**Gas natural**		**GLP**	
Media presión: 138 mbar < P ≤ 6900 mbar (2 psig < P ≤ 100 psig)	**mbar**	**psig**	**mbar**	**psig**
Líneas secundarias, líneas de acometida y líneas matrices exteriores a la edificación.	6900	100	1380	20
Líneas matrices interiores en instalaciones para suministro de gas destinadas a usos residenciales y comerciales.	345	5	345	5
Baja presión: P ≤ 138 mbar (P ≤ 2 psig)	**mbar**	**psig**	**mbar**	**psig**
Líneas individuales destinadas a usos residenciales para suministro de gas a artefactos con regulador asociado.	138	2	138	2
Líneas individuales destinadas a usos residenciales para suministro de gas a artefactos sin regulador asociado.	23	0.33	35	0.5

Fuente: NTC 3838.

La pérdida de carga en una instalación para suministro de gas es la máxima disminución de presión que puede producir la circulación del gas que alimenta a los artefactos instalados, su valor debe distribuirse entre los tramos de la instalación.

En redes internas domiciliarias sólo se permite instalar redes de media y baja presión, las cuales tienen pérdidas de carga máximas que garantizan la presión de suministro (presión de entrada) a todos los gasodomésticos de al menos 17 mbar.

4.4.1 Sistemas a media presión

Para la red de media presión, el proceso de diseño debe verificarse utilizando la fórmula de Müeller, iniciando con una presión de 345 mbar (5 psig), de tal manera que la pérdida de carga acumulada sea inferior a 138 mbar, de modo que a la entrada del regulador de segunda etapa se garantice una presión mayor o igual que 311 mbar.

4.4.1.1 Ecuación de Müeller

Esta ecuación se emplea si el suministro del gas posee una presión de diseño mayor que 140 mbar y menor que 7.000 mbar.

$$Q = \frac{0{,}13}{G^{0{,}425}} * \left(\frac{P1^2 - P2^2}{Le}\right)^{0{,}575} * D^{2{,}725} \qquad \textit{Ecuación 13}$$

Donde:

Q = caudal de gas (m^3/h).

G = gravedad específica del gas.

P1 = presión absoluta del gas al inicio de la red (Bar)

P2 = presión absoluta del gas al final de la red (Bar)

Le = longitud total de la red (m)

D = diámetro mínimo interior de la tubería (mm)

4.4.2 Sistemas a baja presión

Se diseñan redes de gas natural de baja presión, de tal manera que el diámetro requerido arroje una pérdida total que garantice en el aparato más crítico una presión final igual o superior que 17 mbar.

Para una red sin regulador de segunda etapa, la presión inicial es de 23 mbar, se debe considerar una pérdida de 2 mbar debido a su paso por el medidor, teniendo como resultado una presión inicial real de 21 mbar. Por esta razón, la red debe tener una pérdida de carga acumulada menor o igual que 4 mbar en todas las salidas para conexión de artefactos a gas, garantizando así una presión final igual o superior que 17 mbar.

Cuando la red a baja presión inicia después de un regulador asociado (segunda etapa) no se descuentan los 2 mbar, por lo que su presión inicial real es de 23 mbar y su pérdida de carga acumulada debe ser menor o igual que 6 mbar, para garantizar la presión final igual o superior que 17 mbar.

Para el cálculo en tramos a baja presión (presión de operación igual o inferior que 140 mbar) existen dos ecuaciones válidas. Su uso depende de los requerimientos de las empresas reguladoras de los diseños de redes internas.

4.4.2.1 Ecuación de Renouard lineal

$$\Delta P = 23200 * G * Le * Q^{1,82} * D^{-4,82}$$ *Ecuación 14*

Donde:

ΔP = diferencia de presión entre el inicio y el final de un tramo de instalación, en mbar.

G = gravedad específica del gas.

Le = longitud equivalente del tramo, en m.

Q = caudal en m^3/h.

D = diámetro interior de la tubería, en mm.

4.4.2.2 Ecuación de Pole

$$Q = 3{,}04x10^{-3} * C * \left(\frac{\Delta P * D^5}{G * Le}\right)^{0,5}$$ *Ecuación 15*

Donde:

Q = caudal de gas, en m^3/h.

G = gravedad específica del gas.

ΔP = diferencia de presión entre el inicio y el final de un tramo de instalación, en mbar.

Le = longitud equivalente del tramo, en m.

D = diámetro interior de la tubería, en mm.

C = factor en función del diámetro, según la siguiente tabla (tabla 12).

Tabla 12. Factor C en función del diámetro para la ecuación de Pole.

Diámetro nominal (in)	Factor C
3/8 - ½	1,65
3/4 – 1	1,80
1.1/4 - 1.1/2	1,98
2	2,16
3	2,34
4	2,42

Fuente: EPM ESP.

4.5 Velocidad del flujo de gas

Para tramos de baja presión y redes de media presión se debe verificar que la velocidad del gas dentro de la tubería no supere los 20 m/s.

La velocidad del gas se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$V = 354 * Q * P.abs^{-1} * D^{-2}$$ *Ecuación 16*

Donde:

V = velocidad del gas, en m/s.

Q = caudal que transita en el tramo, en m^3/h

D = diámetro interior de la tubería, en mm

P.abs = presión absoluta al final del tramo (bar)

$$P.abs = (\frac{P.atm + \Delta P"}{1000})^{-1}$$ *Ecuación 17*

Donde:

P.atm: presión atmosférica de la ciudad donde está ubicado el proyecto, en mbar.

(en Bogotá, la presión atmosférica es 721,0 mbar).

ΔP = caída de presión total. Es decir, diferencia de presión acumulada desde la salida del regulador hasta el final del tramo que se está analizando.

4.6 Sistema de ventilación

4.6.1 Evaluación de recintos donde se instalan gasodomésticos

Esta ecuación permite determinar si un recinto requiere ventilación, de acuerdo con los gasodomésticos que se instalen en su interior.

El volumen del espacio requerido debe ser menor o igual al 70% del volumen del espacio total. Si no se cumple esta condición, se debe diseñar un sistema de ventilación para el recinto.

$$Vol.req = Pot * 3{,}4 \qquad Vol.req \geq 0.7Vol$$ *Ecuación 18*

Donde:

Pot.Máx = potencia de los gasodomésticos instalados en un recinto, en KW.

Vol.req = volumen requerido del recinto, en m^3.

Vol. = volumen real del recinto, en m^3.

4.6.2 Máxima potencia que se va a instalar

Esta ecuación permite conocer la máxima potencia que se puede instalar en un recinto sin un sistema de ventilación.

$$Pot.Máx = Vol\ /3{,}4 \qquad \textit{Ecuación 19}$$

Donde:

Pot.Máx = máxima potencia que se va a instalar en un recinto, en KW.

Vol. = volumen del recinto (Área * Altura), en m^3

4.6.3 Área mínima requerida de las rejillas de ventilación

$$A.Vent = Pot * A.mín \qquad \textit{Ecuación 20}$$

Donde:

A. Vent = área de la ventilación requerida, en cm^2.

Pot = potencia total de los aparatos instalados en un mismo recinto, en kW.

A. Mín = área libre mínima de la abertura, en cm^2, que varía de acuerdo con la siguiente tabla (tabla 13).

Tabla 13. Área mínima de abertura por cada kilovatio de potencia nominal de los artefactos instalados en un espacio confinado, según el método de ventilación.

Casos	Área mínima de abertura cm^2
Directamente al exterior	6
Mediante conducto vertical al exterior	6
Mediante conducto horizontal al exterior	11
Por arrastre a otros recintos en el mismo piso	22
Por arrastre a otros recintos en diferentes pisos	44

5 DISEÑO DE REDES INTERNAS DE GAS COMBUSTIBLE PARA USO RESIDENCIAL. METODOLOGÍA.

Para diseñar un sistema de suministro de gas combustible para uso residencial se pueden seguir los pasos que se indican a continuación.

5.1 Requerimientos del sistema

Inicialmente se debe hacer un análisis general del proyecto, teniendo en cuenta lo siguiente:

5.1.1 Tipo de edificación

- Unifamiliar.
- Bifamiliar.
- Multifamiliar.

Se debe identificar el tipo de edificación para la cual se realiza el diseño de la red de suministro de gas, ya que cada sistema es diferente, en cuanto a la cantidad, la ubicación de los nichos de medición y regulación, la longitud y las presiones en la red.

5.1.2 Identificación y localización de los aparatos gasodomésticos del sistema

La red tiene como fin suplir la demanda de gas que requieren los aparatos que se desean instalar en una unidad residencial, por lo que se debe identificar cada uno de estos artefactos, conocer su potencia nominal de consumo, su presión de operación (ver la ficha técnica o la Tabla 2) y la ubicación prevista para su instalación. También el tipo de gas para el cual está diseñado.

5.1.3 Identificación del gas combustible que se va a suministrar

Es importante identificar el tipo de gas combustible que se va a suministrar al sistema, debido a la forma de distribución y comercialización de los gases en la zona, necesaria para ubicar la línea de acometida y el centro de regulación. Además, permite conocer si

el sistema lleva o no centro de medición, ya que el GLP no requiere centro de medición, pero sí establecer un sitio en el que se ubique el tanque o cilindro de almacenamiento.

Para definir el tipo de gas combustible que se va a suministrar a la red interna de un proyecto, inicialmente se debe solicitar a la empresa distribuidora de gas natural de la ciudad el certificado de disponibilidad del servicio en la ubicación del proyecto, con el fin de establecer si en esa zona existen redes externas de distribución, a las cuales se conectaría gas natural.

En caso de no existir redes externas de distribución cercanas al proyecto, se define el GLP como gas de suministro.

Luego de establecer el tipo de gas que se va a suministrar, es importante conocer las propiedades necesarias para realizar los cálculos del diseño de la red, como el poder calorífico y la gravedad específica del gas combustible, ya que son diferentes en el gas natural y en el GLP.

Disponibilidad

5.2 Cálculo del caudal del gas suministrado

5.2.1 Cálculo de caudales nominales de los gasodomésticos

Con base en la potencia nominal de cada artefacto y el poder calorífico del gas utilizado se deben determinar los caudales nominales de cada aparato instalado o por instalar en la unidad residencial (Ecuación 9).

5.2.2 Cálculo del caudal total de la unidad residencial

El caudal total para la red de cada unidad residencial se establece sumando los caudales nominales de los artefactos gasodomésticos instalados en ellas (Ecuación 11).

5.2.3 Caudal de diseño

Es importante considerar que los medidores tienen una capacidad máxima de caudal para operar adecuadamente, de acuerdo con el grado de gasificación de la red. Por lo cual, se recomienda tomar este caudal máximo de los medidores para efectos de diseño. Esto se quiere decir que se debe tomar el valor de caudal máximo de un medidor que sea mayor al caudal resultante al aplicar la anterior ecuación (Ecuación 11) (véase la Tabla *8* para conocer la capacidad máxima de los tipos de medidores).

5.3 Diseño del centro de medición

Con base en lo anterior, se debe escoger un medidor con capacidad para el mismo caudal de diseño seleccionado para cada vivienda y asegurar que la cantidad de medidores que se instalen en un solo centro de medición sea la permitida. Es decir, que todos los medidores sumen un caudal total máximo de 30 m^3/h.

Si se sobrepasa la cantidad de medidores permitidos para un solo nicho, se deben instalar otros centros de medición.

5.4 Definición del número de etapas de regulación

Tomando en cuenta la presión de operación de los aparatos, la presión de suministro del gas (presión de entrada) y las características de la edificación, se sabe si se necesita regulación de única, segunda o tercera etapa (ver numeral 3.2.4.2.1).

Generalmente, para las edificaciones multifamiliares que tienen el nicho de medición y regulación en sótanos o pisos del edificio, la regulación se realiza en dos etapas. La primera, en la parte exterior o cerramiento de la propiedad, y la segunda, en los nichos de medición y regulación internos.

Para edificaciones bifamiliares (propiedad horizontal) la regulación se puede realizar en una o dos etapas. Si son muchas unidades residenciales se hace en dos etapas, debido que si se realiza en una sola habría que instalar gran cantidad de nichos de regulación y medición en la parte exterior, lo cual no es estético ni seguro. Para este caso, la primera etapa de regulación se realiza en la parte exterior o cerramiento de la propiedad, y la segunda en el nicho de medición y regulación individual de cada vivienda o en los centros de medición y regulación en las zonas comunes dentro del conjunto de viviendas. Cuando hay pocas unidades residenciales bifamiliares (que sumen un caudal máximo de 30 m^3/h en total) se puede regular en una única etapa, ubicando el nicho de regulación y medición en la parte exterior o cerramiento de la propiedad.

Para edificaciones unifamiliares, normalmente se regula en una única etapa y el centro de medición y regulación se ubica en la parte externa de la vivienda, conectado directamente a la red matriz de distribución del gas.

Si algún aparato requiere una presión de operación mínima de 20 mbar, lo mejor es dividir la red en dos o tres etapas de regulación, según sea el caso. Si se hace en una única etapa, la presión de salida del regulador es de 23 mbar, al pasar por el medidor pierde 2 mbar y al hacer el recorrido por toda la red, lo más seguro es que pierda más de 1 mbar, teniendo entonces una presión inferior a 20 mbar. Si la regulación se realiza en dos o tres etapas, conectando un regulador asociado a dicho aparato gasodoméstico, se garantiza que llega la presión requerida para un adecuado funcionamiento.

5.5 Trazado general de la red en planta

Para realizar correctamente el trazado de una red abierta, primero se deben ubicar en el plano los aparatos gasodomésticos, las válvulas de paso (ver numeral 3.2.3) y el centro de medición y regulación donde se van a instalar. Si la regulación se realiza en dos o tres etapas, en el plano también se deben ubicar los respectivos reguladores.

Posteriormente, se debe realizar el trazado de la red desde el centro de medición y regulación (cuando se regula en una única etapa) hasta las válvulas de paso de cada uno de los aparatos. Luego, se continúa el trazado desde las válvulas de paso hasta los puntos de conexión.

Cuando se regula en dos o tres etapas, se traza la tubería desde el regulador de la primera etapa hasta el centro de medición y el regulador de la segunda etapa. Posteriormente, hasta las válvulas de paso de cada gasodoméstico y luego continúa hasta su punto de conexión.

Si es posible, los cambios de dirección se deben realizar a 90°; sin embargo, se permite utilizar accesorios que le den a la red una dirección de 45°. Las derivaciones de la red se pueden realizar por medio de accesorios “tees”.

El general, el trazado se debe hacer teniendo en cuenta las recomendaciones básicas sobre su disposición en el numeral 0 y de acuerdo con las características del proyecto. De esta manera, se conoce cómo se debe plantear el trazado de la tubería, ya sea enterrada, embebida en pisos y muros, colgada o adosada.

5.6 Definición del material de la tubería

El material para los tramos de la red se elige con base en los parámetros de disposición de la tubería (ver numeral 0) y de acuerdo con las características del proyecto, para conocer la forma como se debe instalar y sus diámetros internos (ver numeral 3.2.1.2.), necesarios para realizar los cálculos de diseño.

5.7 Esquema de la red en tres dimensiones

Para analizar el recorrido de la instalación se debe realizar un esquema isométrico básico de la red, localizando todas sus partes. En el plano en 3D se debe identificar lo siguiente:

- **Centro de medición y regulación**, especificando las presiones de entrada y salida del gas, y la cantidad de medidores que se requieren (uno por cada unidad residencial).
- **Aparatos gasodomésticos,** identificando los aparatos y la altura del punto de conexión.

- **Tuberías**, especificando la longitud de los tramos que componen la red (tubería horizontal y vertical) y su diámetro.

  También se deben “segmentar” los tramos de tubería continua, identificando con diversos caracteres los nodos donde se ramifica la tubería (cambio de caudal), así como el lugar donde cambian el material y su diámetro, y el sitio donde se instale algún regulador de segunda o tercera etapas. Estos caracteres pueden ser letras o números continuos que no se repitan. Esto permite identificar cada tramo, facilitando su evaluación.
- **Elevador.** En caso de que el diseño requiera un elevador para hacer una transición de tubería de diferente material, se debe indicar su ubicación y su longitud.
- **Válvulas,** especificando la altura en la cual quedan instaladas y su diámetro.
- **Reguladores.** En caso de que se requieran reguladores de segunda o tercera etapas, se deben ubicar en el trazado, indicando su etapa, las presiones de entrada y de salida, y la altura de instalación.

5.8 Cálculo de la longitud equivalente

Después de realizar el trazado y el esquema en 3D se establece la longitud real de cada tramo segmentado, y se identifica con un carácter. Por ejemplo, la longitud de la tubería desde el nodo 1 hasta el nodo 2, longitud de tubería desde el nodo 2 hasta el nodo 3, y así sucesivamente. Posteriormente, se calcula la longitud equivalente de los tramos segmentados (numeral 4.3), aumentándole un 20%.

Cabe aclarar que si se requiere instalar un elevador en la red por un cambio de material en la tubería (por ejemplo, de polietileno a metálica), esto implica que también hay cambio de altura o profundidad de la tubería. Por esta razón, se debe contar con la longitud vertical del elevador en el cálculo de la longitud equivalente.

5.9 Cálculo del diámetro mínimo de los tramos de la red

La selección del diámetro nominal de los tramos de la red se realiza teniendo en cuenta las pérdidas de presión y la velocidad del gas, los cuales están en función del caudal, de las características del gas, de la presión de entrada y salida del gas, y de la longitud de la tubería de dicho tramo.

5.9.1 Cálculo de pérdidas de presión en cada tramo

Es necesario conocer las presiones de entrada y salida del regulador (o reguladores, si se realizan varias etapas de regulación). De esta manera se pueden identificar los tramos de tubería por los que transita el fluido a media o baja presión. Así mismo, se puede establecer la ecuación que se debe usar para calcular la pérdida de presión (numeral 4.4).

Si una red se diseña en dos etapas, desde la primera hasta la segunda el gas se transporta a media presión, es decir, que se debe usar la ecuación de Müeller (numeral 4.4.1.1). Como consecuencia de la regulación, a partir de la segunda etapa hasta el punto de conexión el gas se transporta a baja presión, por lo que se debe usar la ecuación de Renouard Lineal o de Pole (numeral 4.4.2).

Cuando la red se regula en una única etapa, el caudal saliente se transporta a baja presión, por lo cual se debe usar la ecuación de Renouard Lineal o de Pole (numeral 4.4.2) para analizar cada tramo desde el nicho de medición y regulación hasta los puntos de conexión de los gasodomésticos.

Para calcular la pérdida de presión en redes que circulan a media o baja presión, se deben asumir los diámetros internos que se van a utilizar, de acuerdo con el material de la tubería escogida y remplazar en la respectiva ecuación las variables: longitud equivalente de cada tramo, gravedad específica del gas y caudal de diseño, ya determinados. Si la pérdida de presión genera una medida menor que 17 mbar, se debe asumir un diámetro mayor al que se estableció anteriormente en la ecuación hasta que en los puntos de conexión arroje una presión final mayor que 17 mbar y que la presión de operación mínima de los aparatos.

5.9.2 Cálculo de velocidad del gas en cada tramo

Con base en la velocidad máxima que debe tener el gas en redes internas a media y baja presión (20 m/s), permitida por la norma colombiana, se calcula la velocidad y se determinan la pérdida de presión y el diámetro mínimo, teniendo en cuenta que el diámetro determinado no ocasione que el gas exceda la velocidad máxima (numeral 4.5) en cada uno de los tramos de la red.

5.9.3 Tabla de memoria de cálculos de la red interna de gas

Para calcular las presiones, las velocidades y los diámetros en los tramos de la tubería se recomienda elaborar una tabla que concentre los cálculos realizados, lo cual facilita el estudio de cada uno de los tramos, como se muestra a continuación (tabla 14).

Tabla 14. Memoria de cálculos de la red interna de gas.

(1) Tramo		(2) Caudal m^3/h	(3) Longitud equivalente (m)	(4) Material	(5) ø		(6) Presión (mbar)				(7) Velocidad m/s
De	A				in	mm	Inicial	∆ P	Acum.	Final	

(1) Tramos que conforman la red interna de una unidad residencial, previamente identificados desde un nodo a otro.

(2) Caudal que circula en cada uno de los tramos, de acuerdo con los requerimientos de los aparatos gasodomésticos, calculados en el numeral 5.2.1.

Se debe tener en cuenta que la tubería que conecta con el nicho de medición y regulación (línea principal) transporta en su interior el caudal de diseño. Pero cuando la tubería se divide en dos o más ramificaciones (líneas secundarias), por éstas se transporta el caudal nominal del aparato o la suma de los caudales de los artefactos que vaya a suplir. Este caudal nominal se debe reemplazar en la ecuación de pérdida de presión para estos tramos ramificados. Por ende, el caudal en esta casilla depende del tramo de la red en evaluación.

(3) Longitud equivalente de cada tramo, calculada en el numeral 5.8.

(4) Material de cada tramo de la tubería.

(5) Diámetro comercial supuesto de cada tramo de tubería y diámetro interno correspondiente. El tamaño supuesto está sujeto a cambio y depende de los valores resultantes de presión y velocidad. Este diámetro es el responsable de que la presión final pueda ser mayor a lo recomendado y que la velocidad no supere el valor sugerido.

Los diámetros mayores siempre deben ir al inicio de la red y disminuir a medida que se van acercando a los puntos de conexión de los aparatos, para lo cual se debe revisar en la ficha técnica el diámetro establecido para la conexión.

(6) Resulta de aplicar la fórmula de pérdida de presión, ya sea para media o baja presión. La presión inicial es con la que inicia cada tramo. Por ejemplo, en el primer tramo es la fuerza con la que sale el gas del centro de medición y regulación. El segundo tramo inicia con la presión final del primer tramo, y así sucesivamente, de acuerdo con el trazado de la red. De esta manera se calcula la pérdida o diferencia de presión (Δ **P**) en cada uno de los tramos, de un nodo a otro. Se debe verificar que la presión final en cada tramo que conecta a los aparatos gasodomésticos sea mayor o igual que 17 mbar. Si es inferior a 17 mbar, se debe cambiar el diámetro de algunos tramos por un diámetro mayor, hasta que la presión final sea igual o mayor a la requerida.

(7) Velocidad calculada con base en la ecuación 16, la cual implica variables como el caudal y el diámetro de cada uno de los tramos.

Se debe asegurar que la velocidad no supere los 20 m/s, si lo hace se debe ampliar el diámetro de algunos tramos hasta que la velocidad sea inferior a esta medida en cada uno de los tramos de la red.

5.10 Cálculo de las áreas de ventilación

Inicialmente se evalúa el recinto donde se van a instalar los aparatos gasodomésticos, con el fin de establecer si requiere ventilación. Para esta evaluación se necesita conocer el volumen del espacio (área del recinto multiplicado por la altura de los muros de piso a techo) y la suma de la potencia de todos los aparatos gasodomésticos que se vayan a instalar allí (numeral 4.6.1).

Tabla 27. Evaluación de espacios en casas N°1 y N°2.

(1) Espacio	(2) Área (m^2)	(3) Altura (m)	(4) Volumen (m^3)	(5) Volumen (-30%) (m^3)	(6) Potencia en KW		(7) Volumen requerido (m^3)	Observación
					Admisible	Instalada		
								NO VENTILAR
								VENTILAR

(1) Nombre del recinto que se va a evaluar y en el que se tiene previsto instalar aparatos gasodomésticos.

(2) Área del recinto. Este espacio es el que siempre está unido y no se divide al cerrar una puerta o ventana.

(3) Altura de los muros de piso a techo que encierran el recinto.

(4) Volumen del espacio, resultante de multiplicar el área por la altura del recinto.

(5) Volumen del recinto menos el 30% de dicho espacio. Este porcentaje considera el espacio que ocupa el mobiliario, por lo cual se debe descontar del volumen total del recinto, dando como resultado el volumen real o efectivo.

(6) Relación de la potencia admisible en dicho recinto, de acuerdo con la normatividad y la potencia de los aparatos que se van a instalar.

De acuerdo con el numeral 4.6.2, la potencia admisible o potencia máxima que se va a instalar se calcula dividiendo el valor del volumen real (volumen menos el 30%) entre 3,4.

$$Pot.Máx = Vol — 4$$ *Ecuación 21*

(7) Volumen requerido del recinto para cumplir con los estándares de ventilación, de acuerdo con la suma de las potencias de los aparatos que se van a instalar allí.

$$Vol.req = Pot * 3.4$$ *Ecuación 22*

Si el volumen real (volumen menos el 30%) del recinto (5) es igual o superior al volumen requerido, esta área no necesitaría ventilación extra. Sin embargo, si el volumen real del recinto en la columna 5 es menor que el volumen requerido, implica que se necesita ventilación extra.

$$Vol.req \geq 0.7Vol$$

Si un recinto requiere ventilación para renovar el aire, se debe calcular el área de las aberturas de ventilación teniendo en cuenta el volumen del recinto, la suma de las potencias de los aparatos instalados y las características del sitio dentro de la edificación, ya que en la ecuación hay una variable de acuerdo con su conexión con el exterior y, por ende, depende del método de ventilación que se requiera implementar (numerales 3.3 y 4.6.3).

5.11 Cálculo del sistema de evacuación de productos de la combustión

Si se requieren evacuar los productos de la combustión que generan los gasodomésticos se debe analizar, según las características de la edificación, el mejor método para dicha evacuación, teniendo en cuenta los parámetros de cada una de las opciones: directamente a fachada, por vacío interno o por medio de chimenea colectiva (numeral 3.4).

6 CONSIDERACIONES Y ESTÁNDARES DE PRESENTACIÓN DE LOS DISEÑOS DE REDES INTERNAS DE GAS

6.1 Disponibilidad del servicio

Antes de solicitar el certificado de disponibilidad del servicio a la empresa distribuidora de gas natural de la ciudad se debe elaborar un plano de la localización del proyecto, con la siguiente información:

- **Ejes viales.** Dirección del proyecto (carrera, calle, vías, avenidas) y de los alrededores del predio. Ingresar más de dos ejes viales.
- **MAS: Sardinel.** Paramentos o delimitación de andenes internos y externos al proyecto, delimitación de parqueaderos, parques y zonas deportivas.
- **CON: Construcción.** Delimitación de bloques de apartamentos, salón comunal, porterías, cuarto de basuras, cuarto eléctrico, etc.
- **LMA**. Límite de la manzana.
- **LOT.** Límite del predio del proyecto y delimitación de las casas en conjunto cerrado.
- **VIP.** Vías internas o peatonales al interior del conjunto.
- **HID.** Hidrografía, canales, quebradas y ríos.
- **FER.** Línea del ferrocarril.

- **Textos.** Información de textos, como nombre del proyecto, numeración de etapas, unidades prediales, número de torres, interiores, apartamentos, casas, zonas verdes, etc.

Se debe entregar en formato digital (AutoCAD). Cada uno de los anteriores parámetros debe tener su respectivo layer y nombre.

Adicionalmente, se debe diligenciar un formato con los datos básicos del proyecto y de la empresa constructura, tales como:

Datos básicos del proyecto

- Municipio
- Direccion
- Usos del proyecto (residencial, comercial o mixto).

Datos tecnicos del proyecto

- Tipo de vivienda (VIS o No VIS).
- Tipología de la edificación (casas, apartamentos).
- Unidades residenciales proyectadas.
- Unidades comerciales proyectadas.
- Estrato socioeconómico.

- Usos del gas natural proyectados por unidad residencial (cocción, agua caliente, secado de ropa, etc.).
- Áreas comunales.
- Unidades comunales proyectadas.

Datos básicos del constructor responsable

- Nombre o razón social
- Número de identificación tributaria
- Dirección de contacto
- Número telefónico
- Correo electrónico
- Nombre del representante legal
- Número de identificación del representante legal

6.2 Requisitos de los planos

6.2.1 Tamaño de los planos

Los planos se deben presentar en planchas con el formato Ansi, el cual se adapta mejor a la impresión en papel y a los archivos físicos del documento.

- ANSI C: 432 x 559 mm
- ANSI D: 559 x 864 mm

6.2.2 Contenido del rótulo

- Nombre del proyecto
- Dirección exacta del proyecto y municipio (localización y urbanismo)
- Compañía diseñadora
- Nombre, firma y número de matrícula del diseñador
- Contenido del plano
- Escala
- Fecha
- Número del plano (x/n)

6.2.3 Espacio para sellos

Se debe reservar un espacio en blanco de 7 x 10 cm en la esquina superior derecha de cada plano, con la mayor longitud orientada verticalmente.

6.2.4 Contenido de los planos tipo planta (2D)

Se deben presentar plantas arquitectónicas generales del sótano, semisótano, primer piso, pisos tipo y de cubiertas del proyecto, en las que se identifiquen y especifiquen los siguientes elementos:

- **Centro de medición y regulación**, especificando las presiones de entrada y salida del gas, cantidad de medidores que se requieren, caudal total del nicho y caudal para cada medidor.

- **Aparatos gasodomésticos.** Localización e identificación, caudal que requiere y altura del punto de conexión.
- **Trazado de la red de tuberías**, especificando material, diámetro, modo de instalación (embebida, adosada, etc.), protección (en caso de que requiera) y longitud de cada tramo.
- **Elevador.** Si el diseño requiere un elevador, se debe indicar su ubicación, para localizar la transición de los materiales de la tubería.
- **Válvulas,** especificando su ubicación, el diámetro de la tubería que conecta y la altura de instalación.
- **Reguladores asociados.** Si se requieren instalar uno o más reguladores asociados, se debe ubicar en el trazado, especificando si es de primera, segunda o tercera etapa, las presiones de entrada y de salida, la altura y la forma de instalación.
- **Ventilaciones.** Localización y especificación del área neta mínima de las rejillas de ventilación requeridas en cada espacio.
- **Buitrones.** Localización, identificación y dimensión de los ductos, tanto para montante como cuando aplique a vacíos internos usados para ventilación o evacuación.
- **Sistema de evacuación.** Localización, trazado y especificación.

6.2.5 Contenido de los planos tipo isométricos (3D)

- **Trazado de la red de tuberías**, especificando material, diámetro, modo de instalación (embebida, adosada, etc.) y longitud de cada tramo (horizontal o vertical).

  También se deben localizar e identificar con algún caracter los nodos de los tramos de la tubería seleccionados para realizar los cálculos.
- **Aparatos gasodomésticos.** Localización del punto de conexión, el caudal que requiere y la altura del punto de conexión.
- **Centro de medición y regulación.** Localización y especificaciones de las presiones de entrada y salida del gas, cantidad de medidores que se requieren, caudal total del nicho y caudal para cada medidor.
- **Elevador.** Si se requiere un elevador, se debe indicar su ubicación y su longitud vertical.
- **Válvulas.** Ubicación, diámetro de la tubería que conecta y altura de instalación.

6.2.6 Contenido de los planos de detalles constructivos

- **Centro de medición y regulación**. Detalles y especificación del regulador y del medidor seleccionados, incluyendo sus dimensiones. Así como las medidas del gabinete en el que se instalen.
- **Tubería.** Detalles y especificaciones de su instalación.

- **Ventilaciones.** Detalles y especificaciones de las ventilaciones en las zonas requeridas.
- **Sistemas de evacuación.** Detalles y especificaciones según gasodoméstico o chimeneas (conectores, chimeneas comunales e individuales, sombrerete, etc.).
- **Aparatos gasodomésticos.** Detalles y especificaciones de su instalación.

7 CONCLUSIONES

- Esta guía tiene en cuenta las normas vigentes, a partir de las cuales se ha construido una metodología para el diseño de redes internas de gas para uso domiciliario en Colombia.
- La metodología empleada compila de manera concisa las normas técnicas vigentes en Colombia, así como los requerimientos, y ecuaciones de cálculo, sirviendo como guía paso a paso durante el proceso de diseño.
- Con base en la metodología propuesta, se concluye que las principales variables para el diseño de una red interna de gas para uso domiciliario son la potencia nominal de los gasodomésticos, la gravedad específica y el poder calorífico del gas suministrado, el diámetro interno y la longitud de los tramos de la tubería y el control de las presiones entrantes y salientes en la red.
- La regulación de las presiones en el sistema está determinada por las necesidades de reducción de presión que se presenten en la instalación, para dar cumplimiento a la norma técnica colombiana NTC 3838.
- El sistema de ventilación de una red de gas depende de las condiciones de la edificación y toma como referencia la potencia nominal de los aparatos que se instalen en el interior de un recinto, así como del volumen de dicho recinto y del método que se emplee para ventilar hacia el exterior.
- Se presenta una metodología sencilla, paso a paso, que parte del centro de medición y termina en los aparatos alimentados, tomando como referencia la guía de diseño de Vanti Gas Natural (2011) y actualizándola a la normatividad vigente.

8 RECOMENDACIONES

- En el diseño se deben contemplar la instalación visible y el acceso permanente a las válvulas de corte que sean necesarias. Esto hace parte de los aspectos de seguridad que debe tener una red.
- En el estudio del trazado de la red interna se debe contemplar una fácil instalación de la tubería, que no afecte partes importantes de la estructura de la edificación como vigas, columnas y cimentación; además, que no se invada espacio público o privado (hacer servidumbre).
- Para redes a baja presión se recomienda utilizar la ecuación de Renouard lineal, debido a que es precisa, sencilla y es la más utilizada por los diseñadores y revisores de los diseños de redes internas de gas.
- Cuando se requiera que un tramo de la red se instale enterrado, se recomienda seleccionar la tubería de polietileno, puesto que es más resistente a las características del suelo, y la red es más segura y económica.
- Se debe evitar el uso de tuberías inferiores a ½” en el diseño de redes internas de gas.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Icontec (2006). Norma Técnica Colombiana NTC 2505. *Instalación para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.*
- Icontec (2003). Norma Técnica Colombiana NTC 3631. *Ventilación de recintos interiores donde se instalan artefactos que emplean gases combustibles para uso doméstico, comercial e industrial.*
- Icontec (1999). Norma Técnica Colombiana NTC 1746. *Plásticos. Tubos de polietileno para conducción de gases a presión.*
- Icontec (1996). Norma Técnica Colombiana NTC 3944*. Tubería rígida de cobre sin costura. Tamaños normalizados.*
- Vanti Gas Natural Fenosa (2011). *Diseño de instalaciones para suministro de gas de uso residencial y comercial.*
- EPM. ESP. *Guía diseño redes de gas.*
- Rodríguez Díaz, Héctor Alfonso (2005). *Diseños hidráulicos, sanitarios y de gas en edificaciones.* Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería*.*

10 GLOSARIO

A continuación, se presentan las definiciones necesarias para conocer la estructura y el funcionamiento de las redes internas de gas, las cuales han sido transcritas de las Normas Técnicas Colombianas (NTC) y la legislación vigente.

Acometida. Conjunto de tuberías, equipos y accesorios necesarios para la entrega de gas a uno o varios clientes, desde el anillo de distribución hasta el (los) medidor(es).

Accesorios. Elementos utilizados para empalmar las tuberías que conducen el gas. Se emplean principalmente para hacer cambios de dirección, de nivel, ramificaciones, reducciones o acoples de tramos de tuberías.

Anillo de distribución. Parte de las líneas secundarias, conformadas por accesorios y tuberías que forman mallas o anillos.

Artefactos a gas de calor bajo. Gasodomésticos en los que las temperaturas de cocción, fusión o calefacción no exceden los 315 °C, como cocinas, hornos y calderas.

Artefactos a gas de calor medio. Gasodomésticos cuyas temperaturas de cocción, fusión o calefacción exceden los 315 °C. Este tipo de artefactos normalmente se destinan para uso comercial e industrial.

Artefactos a gas tipo A. Artefactos que, de acuerdo con lo determinado por el fabricante y con base en las especificaciones de construcción y funcionamiento, no requieren acoplarse a sistemas de evacuación de los productos de la combustión, de acuerdo con los requerimientos estipulados por la NTC 3633.

Artefactos a gas tipo C. Gasodomésticos con circuitos de combustión sellados al ambiente interior o de cámara hermética, diseñados para conectarse directamente con la atmósfera exterior mediante sistemas de admisión de aire y tubo de escape de flujo balanceado.

Calentadores de paso a gas tipo B1. Calentadores de paso continuo, diseñados para conectarse a sistemas de evacuación por tiro natural. Es decir, los gases producto de la combustión de este tipo de calentadores se debe evacuar por su parte superior hacia afuera de la edificación a través de un sistema de ventilación por ductos.

Calentadores de paso a gas tipo B2: Calentadores diseñados para acoplar a sistemas mecánicos de evacuación. Pueden ser de tiro mecánico inducido o forzado.

Centro de medición. Equipos y elementos necesarios para controlar y medir el volumen de gas suministrado a uno o varios usuarios.

Centro de regulación. Conjunto de equipos y elementos que se utilizan para regular la presión del gas y el corte del suministro del servicio a uno o varios usuarios.

Chimenea. Elemento vertical que sirve para evacuar hacia la atmósfera exterior los productos de combustión generados por los artefactos de gas. Se clasifican en individuales y colectivos.

Chimenea colectiva. Sirve para evacuar los productos de la combustión de dos o más artefactos instalados en una o varias plantas de un mismo edificio.

Chimenea individual. Sirve para la evacuación de los productos de la combustión de un solo artefacto.

Elevador. Elemento mecánico que permite la transición entre una tubería plástica y una metálica, y viceversa.

Gases combustibles. Fluidos de la segunda o tercera familia aptos para emplearse como combustible en usos de tipo doméstico, comercial o industrial.

Gas licuado de petróleo (GLP). Mezcla de diversos hidrocarburos extraídos del procesamiento del gas natural o del petróleo, conformado principalmente por propano y butanos. En ciertas condiciones atmosféricas es gaseoso, pero se licúa fácilmente por enfriamiento o compresión.

Gas natural (GN). Mezcla de hidrocarburos livianos. Se presenta en forma asociada o no asociada al petróleo. Principalmente está compuesto por metano (CH_4).

Gasodoméstico. Artefacto de uso doméstico, que funciona con combustible gaseoso.

Instalaciones receptoras comunes (líneas matrices). Sistemas de tuberías interiores o exteriores a la edificación, que forman parte de la instalación para suministro de gas, donde resulta imprescindible ingresar a las edificaciones multiusuario con el fin de acceder a los centros de medición.

Están comprendidas entre la salida de la válvula de corte en la acometida (primera válvula aguas arriba del regulador), de la respectiva edificación multiusuario, y los correspondientes medidores individuales.

Línea individual. Sistema de tuberías, internas o externas a la edificación, que permiten la conducción de gas hacia los artefactos de consumo de un mismo usuario. Comprende la salida de los centros de medición y los puntos de salida para la conexión de los gasodomésticos.

La máxima presión de operación permisible está parametrizada de acuerdo con los lineamientos de las NTC 3833 y 2505, en cuanto a presiones de red de distribución de gas dentro de edificios residenciales.

Poder calorífico. Cantidad de calor generado en la completa combustión del gas por unidad de masa o de volumen, a una presión constante de 1013 mbar (14,7 psig), con los constituyentes de la mezcla combustible (gas combustible y aire de combustión secos) y los productos de la combustión remitidos a las mismas “condiciones estándar referencia”.

Presión (unidad de medida). Fuerza que se ejerce por unidad de área sobre una superficie. La unidad utilizada es el Pascal (Pa). En la industria del gas se acepta el bar como unidad de presión, aunque no pertenece al sistema internacional.

Máxima presión de operación permisible (MPOP). Es la máxima presión de operación que se presenta en una red de gas durante un año, contando desde el inicio de operación del sistema.

Red interna. Conjunto de tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro de gas a un inmueble a partir del medidor. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, se toma a partir del registro de corte general, cuando lo hubiere. En resumen, está comprendida entre la salida de la válvula de corte en la acometida y los puntos de salida para conexión de los artefactos o equipos para uso residencial o comercial que funcionan con gas.

Regulador de presión. Artefacto mecánico que permite controlar y regular la presión de entrada y de salida de un fluido de gas en un sistema de tuberías.

Regulación de primera etapa. Elemento que regula las altas presiones de gas que provienen de la red externa a media presión.

Regulación de segunda etapa. Aparato que regula las presiones de medias a bajas presiones hacia unidades interiores que suministran gas a uno o más usuarios.

Regulación de única etapa. Artefacto que regula las altas presiones que provienen de la red externa a bajas presiones que suministran gas a instalaciones interiores a uno o más usuarios.

Sombrerete (deflector). Dispositivo que se acopla al extremo terminal de una chimenea y sirve para mantener en condiciones adecuadas de tiro el sistema de evacuación bajo los efectos del viento. Además, evita que entren al sistema de evacuación elementos como lluvia, granizo o cualquier material extraño.

Tiro mecánico. Flujo de gases, vapores, humos o aire a través de un sistema de evacuación, desarrollado por un ventilador, extractor, turbina u otro medio mecánico.

Tiro natural. Flujo de gases, vapores, humos o aire a través de un sistema de evacuación, desarrollado por la diferencia de temperatura entre los productos de la combustión (calientes) y la atmósfera exterior.

Válvula. Dispositivo que permite bloquear total o parcialmente el paso del gas o su flujo.

11 ANEXOS

11.1 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA ELABORAR EL DISEÑO DE LA RED INTERNA DE SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLE PARA UN CONJUNTO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

11.1.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

11.1.1.1 Tipo de edificación

El proyecto consiste en un conjunto residencial en la ciudad de Bogotá, que consta de ocho casas de dos pisos cada una, tipo bifamiliar.

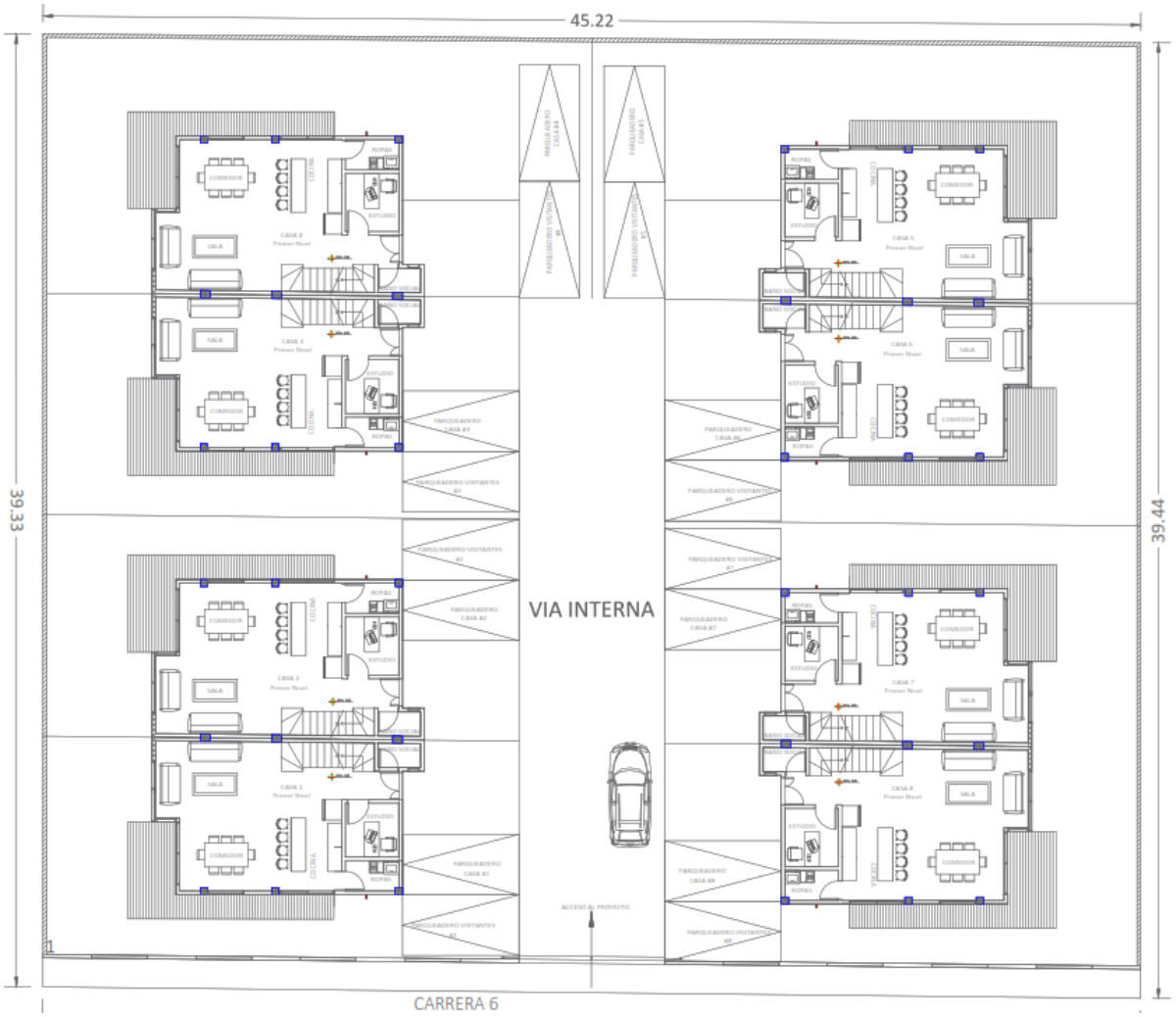


Ilustración 37. Proyecto conjunto residencial en la ciudad de Bogotá.

Cada casa tiene un área construida de 128,63 m^2, 65,81 m^2 en el piso 1 y 62,82 m^2 en el piso 2.

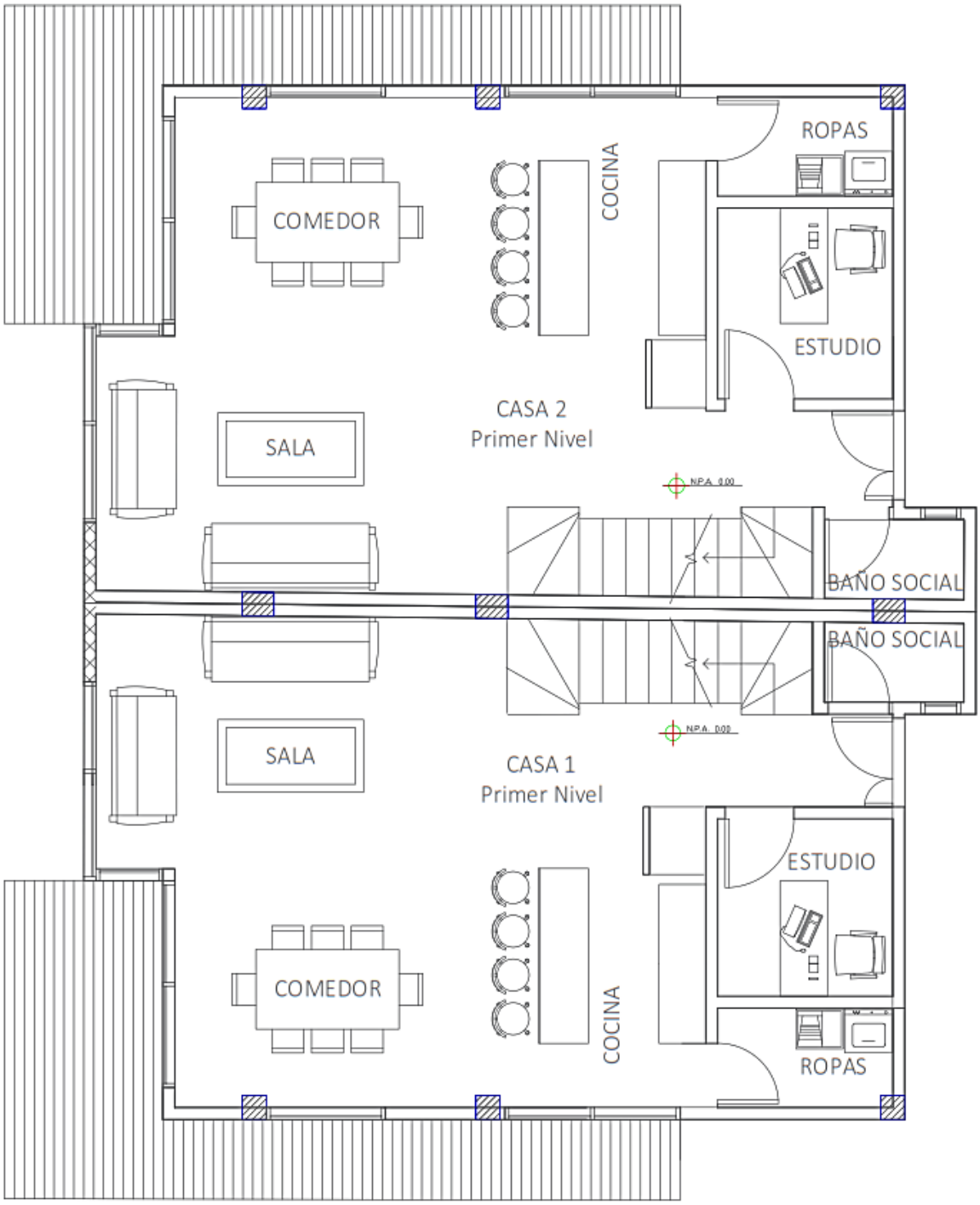


Ilustración 38. Acercamiento de la edificación bifamiliar, primer nivel de casas 1 y 2.

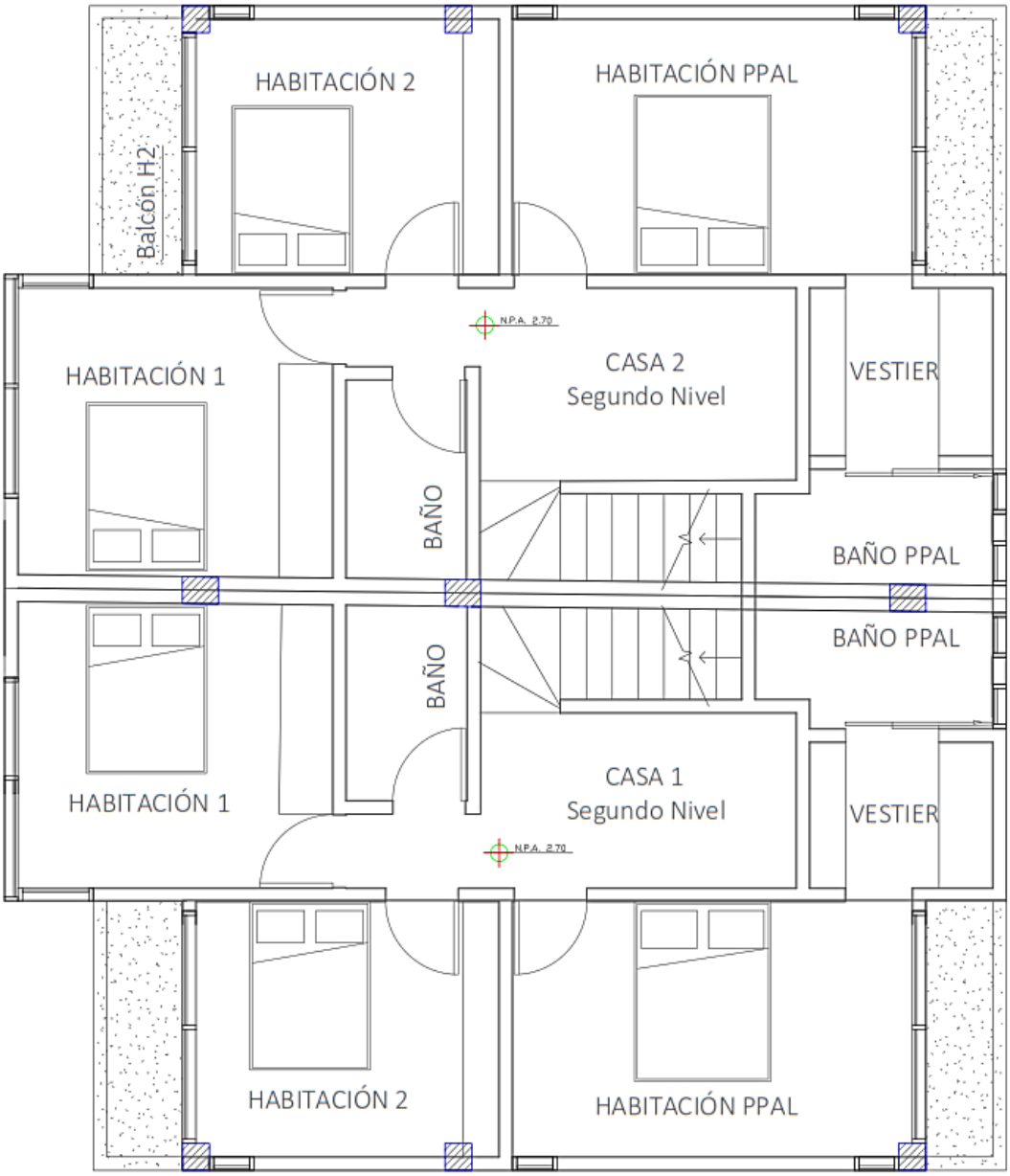


Ilustración 39. Acercamiento de la edificación bifamiliar, segundo nivel de casas N°1 y N°2.

En este ejemplo se muestra el procedimiento de diseño de la red interna de gas para las casas 1 y 2. Para las demás casas se puede realizar el mismo procedimiento, debido a que son unidades similares a la casa 2.

11.1.1.2 Identificación y localización de los aparatos gasodomésticos del sistema

Con base en el numeral 5.1.2 de la metodología, se identifican los aparatos gasodomésticos previstos en las casas del proyecto y se ubican en el plano donde quedarán instalados.

En la casa 1 se tiene previsto instalar tres aparatos: un calentador de agua de 10 lts tiro forzado, una estufa de cinco quemadores y una chimenea tipo *vent-free* pequeña. En la casa 2 y las restantes se prevé instalar dos aparatos gasodomésticos: un calentador de agua de 10 lts tiro forzado y una estufa de cinco quemadores.

En la ficha técnica de los aparatos se identifica la potencia nominal de consumo y la presión de operación. En este caso, los aparatos no requieren una presión cercana a 20 o 21 mbar, por lo cual no necesitan regulador asociado y se asume que la presión mínima de 17 mbar es suficiente.

Tabla 15. Detalle del consumo de los aparatos en la casa 1.

APARATO	Potencia nominal	
	BTU/H	Kw
Calentador tiro forzado 10 lts	66,469	19,48
Estufa de cinco quemadores	28,014	8,21
Chimenea *vent-free* de 60 cm	35,000	10,26

Tabla 16. Detalle del consumo de los aparatos en las casas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

APARATO	Potencia nominal	
	BTU/H	Kw
Calentador tiro forzado 10 lts	66,469	19,48
Estufa de cinco quemadores	28,014	8,21

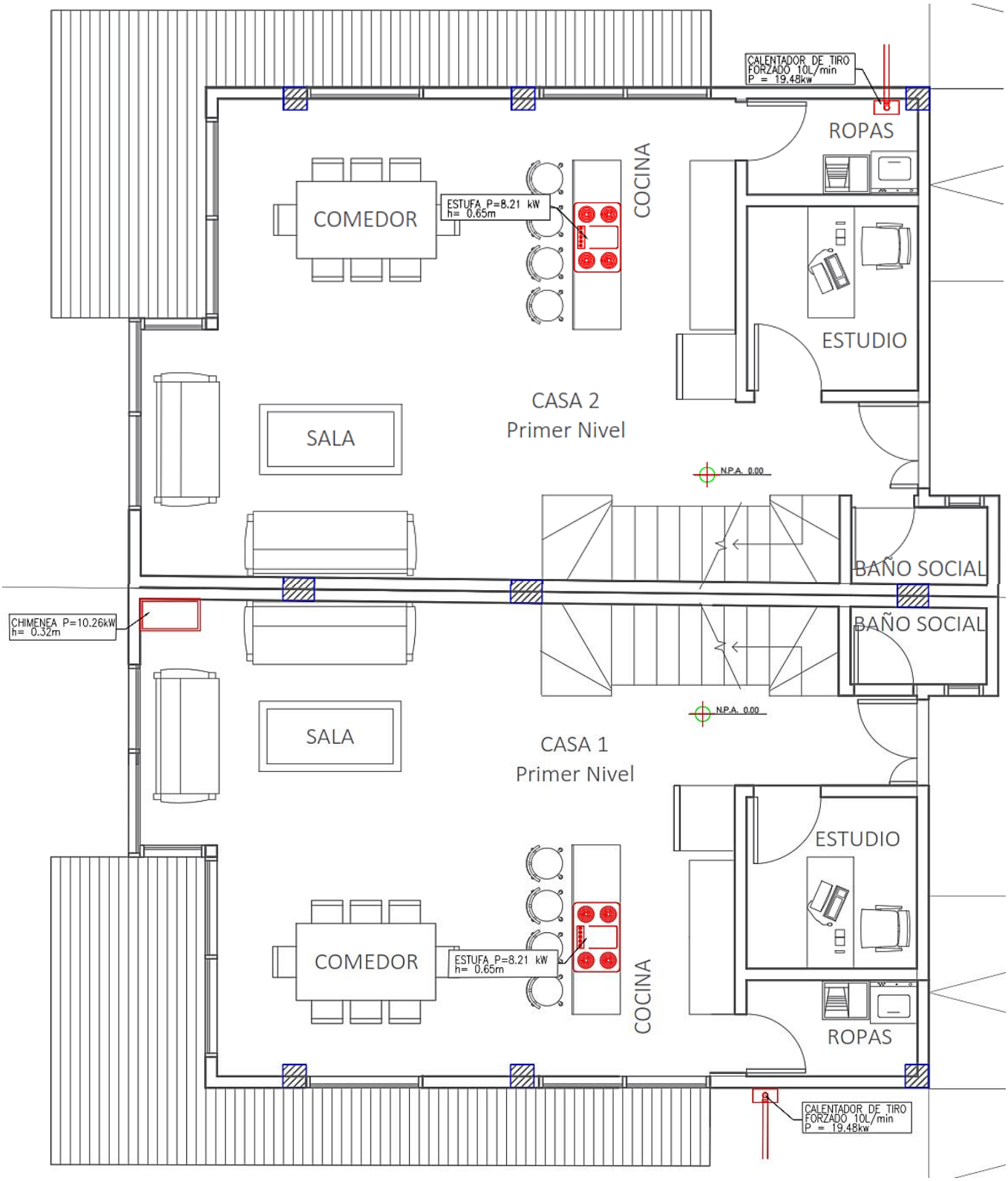


Ilustración 40. Ubicación de los aparatos gasodomésticos que se van a instalar en las casas 1 y 2.

11.1.1.3 Identificación del gas combustible que se va a suministrar

Con base en el numeral 5.1.3 de la metología, se solicita a la empresa distribuidora de gas natural de la ciudad el certificado de disponibilidad del servicio para el proyecto.

Para solicitar este certificado de disponibilidad (numeral 6.1) es necesario elaborar un plano de localización, y suministrar información básica del proyecto y de la empresa constructora.

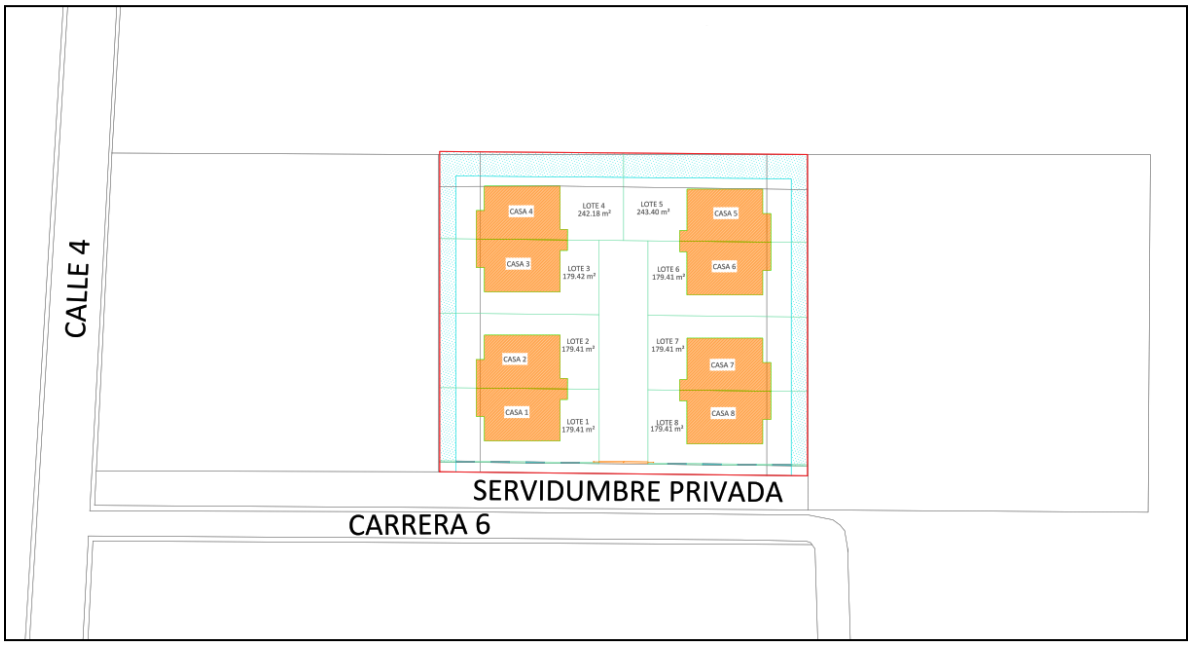


Ilustración 41. Plano de localización del proyecto.

Suponiendo que la compañía distribuidora de gas natural de la ciudad certifique positivamente la disponibilidad de redes externas cercanas al proyecto se define el gas natural como el combustible de suministro, ya que es más asequible, seguro, económico y de uso más sencillo que el GLP.

Después de elegir el gas natural como fuente combustible, se deben conocer sus características fisicas necesarias para el diseño, las cuales son:

- Poder calorífico: 11,38 kW (38,829 BTU /m^3)
- Gravedad específica: 0,67

11.1.2 Cálculo del caudal del gas suministrado

11.1.2.1 Caudales nominales de los artefactos a gas

De acuerdo con el numeral 5.2.1 de la metodología, se divide la potencia nominal de cada uno de los aparatos entre el poder calorífico del gas natural, para obtener el caudal nominal de los artefactos que se tienen previstos instalar en el proyecto.

$$Q_n = \frac{P_n}{PC}$$

Ecuación 23

Tabla 17. Cálculo de caudales nominales de los artefactos.

APARATO	Potencia nominal (Pn)		Poder calorífico (PC) Kw	Caudal nominal (Qn) m^3/H
	BTU/H	Kw		
Calentador tiro forzado 10 lts	66,469	19,48	11,38	1,71
Estufa de cinco quemadores	28,014	8,21	11,38	0,72
Chimenea *vent-free* de 60 cm	35,000	10,26	11,38	0,90

11.1.2.2 Caudal de diseño de la red interna

De acuerdo con el numeral 4.2, se suma el caudal nominal de los artefactos instalados en cada una de las unidades residenciales.

$$Q_{DIS} = A + B + C + D + \cdots + N$$ *Ecuación 24*

Tabla 18. Consumo por usuario: casa 1

APARATO	Potencia nominal (Pn)		Caudal nominal (Qn) m^3/H
	BTU/H	**Kw**	
Calentador tiro forzado 10 lts	66,469	19,48	1,71
Estufa de cinco quemadores	28,014	8,21	0,72
Chimenea *vent-free* de 60 cm	35,000	10,26	0,90
TOTAL:	**129,482**	**37,95**	**3,33**

Tabla 19. Consumo por usuario: casas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

APARATO	Potencia nominal (Pn)		Caudal nominal (Qn) m^3/H
	BTU/H	Kw	
Calentador tiro forzado 10 lts	66,469	19,48	1,71
Estufa de cinco quemadores	28,014	8,21	0,72
TOTAL:	**129,482**	**37,95**	**2,43**

11.1.2.3 Caudal de diseño

Con base en el numeral 5.2.3 y la tabla 8, y teniendo en cuenta los caudales que requieren cada una de las casas, se seleccionan los caudales máximos de los medidores con mayor capacidad, es decir, superior a 3,33 m^3/h para la casa 1 y mayores a 2,43 m^3/h para las casas 2 a 8.

Tabla 20. Capacidad de los medidores de gas.

Medidor	Q. máx. (m^3/h)
G-1.6	2,5
G-2.5	4,0
G-4.0	6,0

Se definen, entonces, los siguientes caudales de diseño para cada unidad residencial:

El medidor G-2.5 tiene una capacidad máxima de 4,0 m^3/h, que es mayor a 3,33 m^3/h. Por esta razón se selecciona este caudal máximo como el caudal de diseño para la casa 1.

El medidor G-1.6 tiene una capacidad máxima de 2,5 m^3/h, que es mayor a 2,43 m^3/h. De este modo se selecciona este caudal máximo como el caudal de diseño para las casas 2 a 8.

Tabla 21. Caudal de diseño para usuario: casa 1

Unidad residencial	Consumo total m^3/H	Caudal de diseño (m^3/h)
Casa 1	3,33	4,0

Tabla 22. Caudal de diseño para usuario: casas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8

Unidad residencial	Consumo total m^3/H	Caudal de diseño (m^3/h)
Casas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8	2,43	2,50

11.1.3 Diseño del centro de medición

Con base en el numeral 5.3 y el paso anterior (11.1.2.3), se seleccionan los medidores de los cuales se tomaron los caudales de diseño, es decir, el medidor G-2.5 para la casa 1 y el medidor G-1.6 para las casas 2 a 8.

Tabla 23. Caudal de cada medidor y caudal total del centro de medición.

Unidad residencial	Medidor	Caudal de diseño (m^3/h)
Casa 1	G-2.5	4,0
Casa 2	G-1.6	2,5
Casa 3	G-1.6	2,5
Casa 4	G-1.6	2,5
Casa 5	G-1.6	2,5
Casa 6	G-1.6	2,5
Casa 7	G-1.6	2,5
Casa 8	G-1.6	2,5
Q TOTAL		**21,5**

El nicho de medición cuenta, entonces, con ocho medidores en total, uno para cada unidad residencial. Se observa que el caudal total de gas natural para todo el proyecto es de 21,5 m^3/h, siendo menor que 30 m^3/h. En ese sentido, se pueden instalar los ocho contadores en un solo centro de medición.

11.1.4 Definición del número de etapas de regulación

De acuerdo con las presiones de operación de los aparatos gasodomésticos previamente identificadas en su ficha técnica, no son cercanas a 20 mbar, es decir, no requieren

reguladores asociados o de segunda etapa. Por esta razón, la regulación se realizará en una única etapa en el centro de medición y regulación.

Desde la red externa de media presión al nicho de regulación, la presión de entrada será de 60 psi y saldrá en baja presión con 21 mbar desde el centro de regulación y medición hacia los aparatos gasodomésticos.

Teniendo en cuenta que son pocas las unidades residenciales, se ubicará un único centro de medición y regulación en la parte externa del proyecto, cerca de la carretera, donde se conectará la acometida a la red externa.

11.1.5 Trazado general de la red en planta

Con base en los numerales 3.2.2.3 y 5.5 de esta guía, ya habiendo localizado los aparatos gasodomésticos, el centro de medición y las etapas de regulación se traza la red individual en las zonas externas de las viviendas (vías de acceso, parqueaderos, zonas verdes), desde el centro de medición hasta el frente del cuarto de ropas de cada casa, por donde entra la tubería.

Posteriormente, se ubican en lugares de fácil acceso las válvulas de paso que requiere cada aparato doméstico previsto (numeral 3.1.4.4), para luego trazar el recorrido de la red interna hasta cada artefacto, pasando antes por su correspondiente válvula de paso.

A continuación se muestra el trazado de la red para las casas 1 y 2 (ilustración 42), para las demás viviendas se debe realizar el mismo procedimiento.

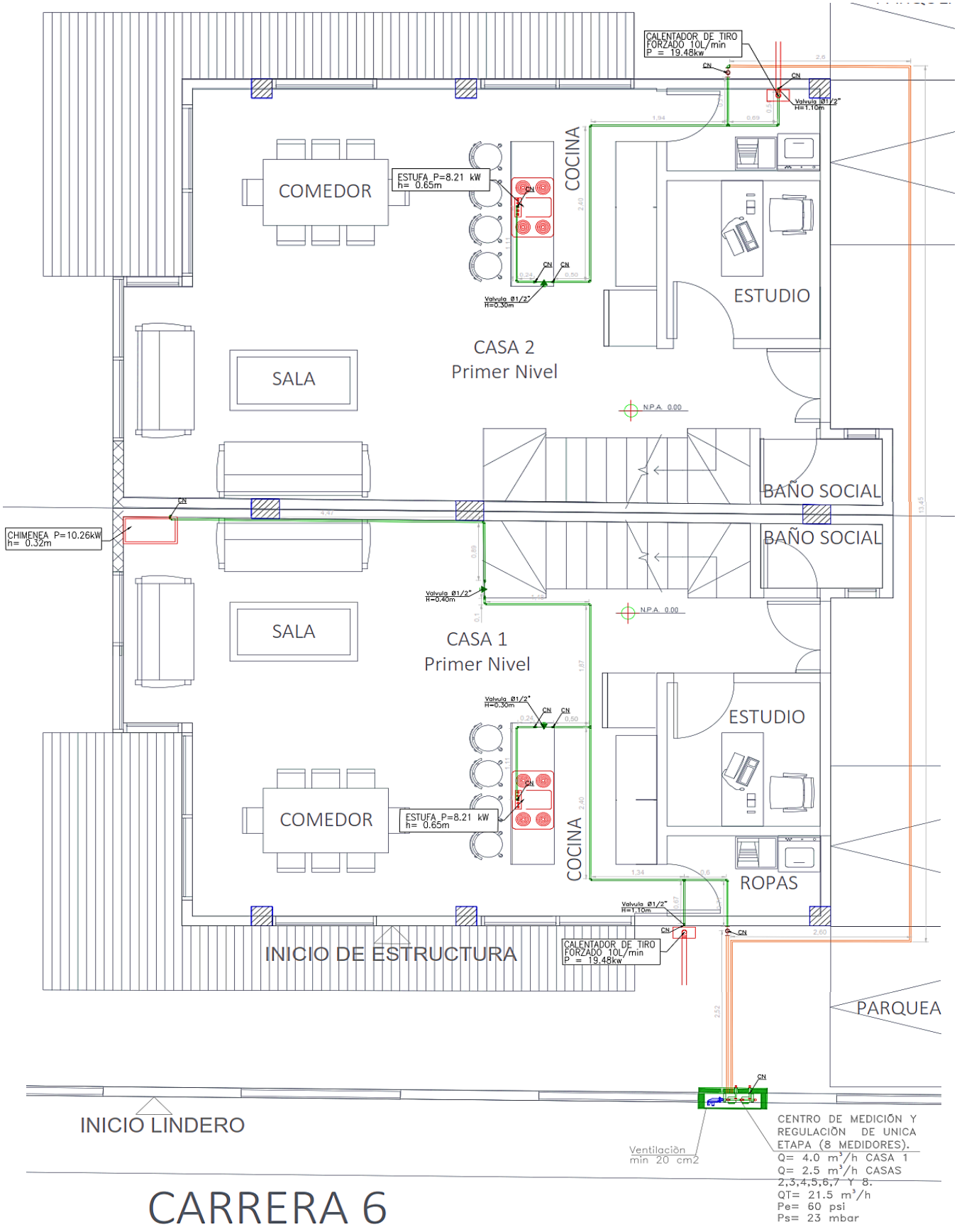


Ilustración 42. Trazado de la red para las casas 1 y 2.

11.1.6 Selección del material de la tubería

Con base en el numeral 5.6, para la tubería trazada en las zonas externas de las viviendas (vías de acceso, parqueaderos, zonas verdes), desde el centro de medición y regulación se instalará tubería de polietileno enterrada (tubería trazada en color naranja en el plano) hasta cada una de las casas.

La tubería trazada en la zona interna de las casas (tubería trazada en color verde en el plano) será de cobre, embebida en pisos y muros.

Se hace necesario instalar un elevador en la zona de transición de las dos tuberías.

11.1.7 Esquema de la red en tres dimensiones

De acuerdo con el numeral 5.7 de esta guía, se elabora el esquema de la red y todas sus partes en tres dimensiones, con el fin de observar el trazado en su totalidad, tanto la red horizontal como la vertical.

Cada tramo continuo de la tubería se identifica con caracteres en los nodos en los que se haga cambio de diámetro, cambio de material o donde se ramifique.

En el plano también se especifican el material, la longitud total, un diámetro supuesto y la forma como se instalará cada tramo de la tubería.

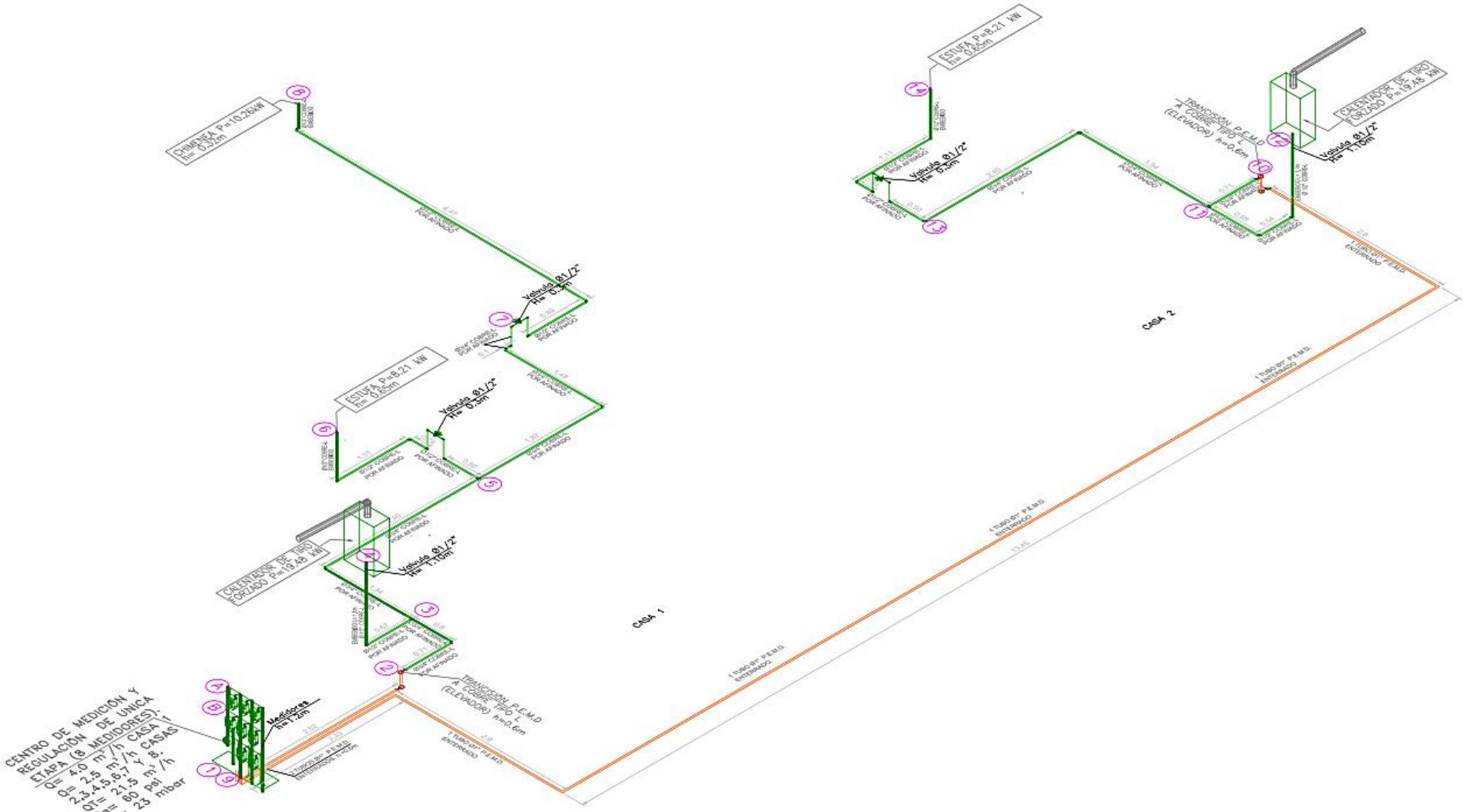


Ilustración 43. Trazado en tres dimensiones de la red para las casas 1 y 2.

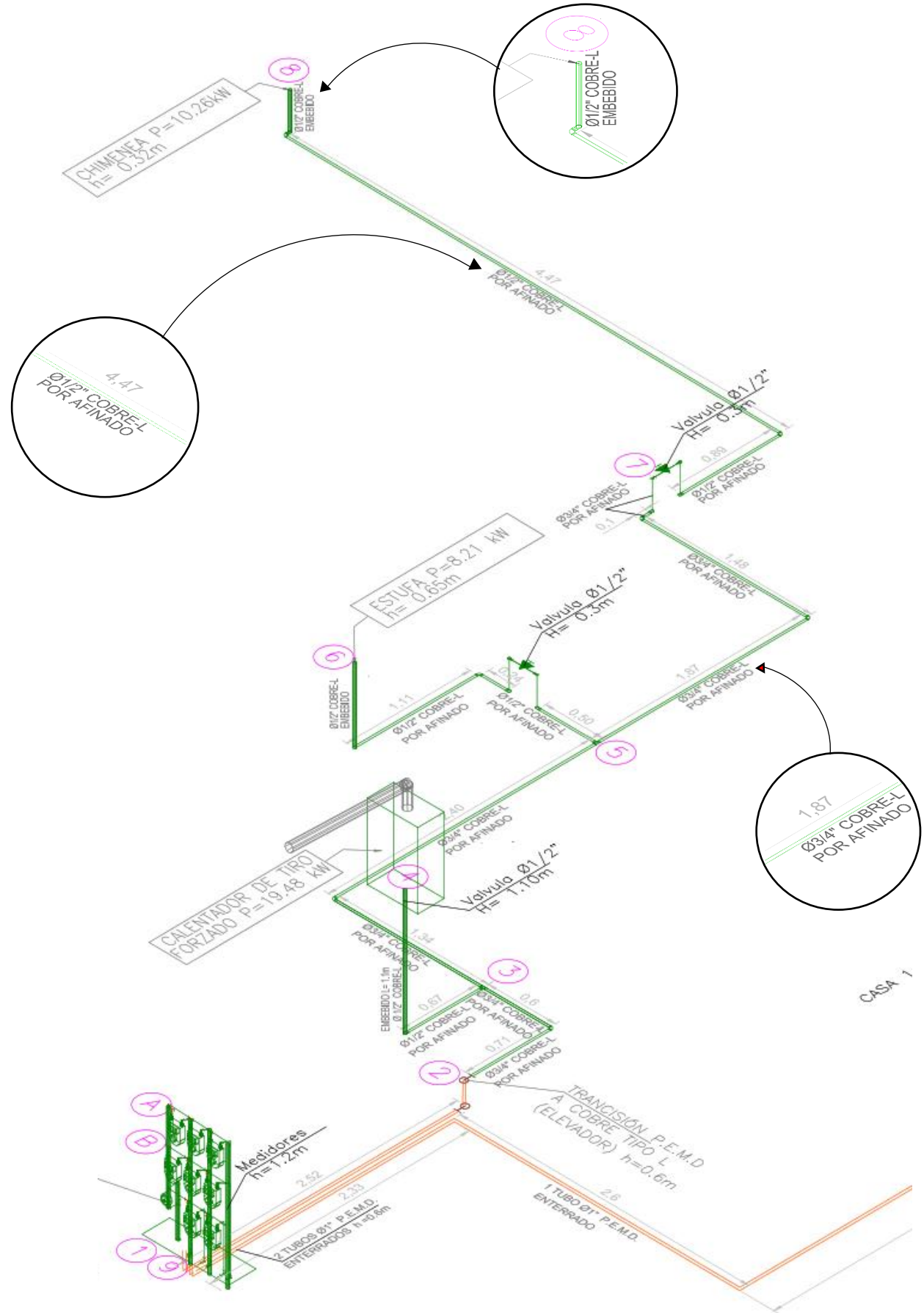


Ilustración 44. . Trazado en tres dimensiones de la casa 1.

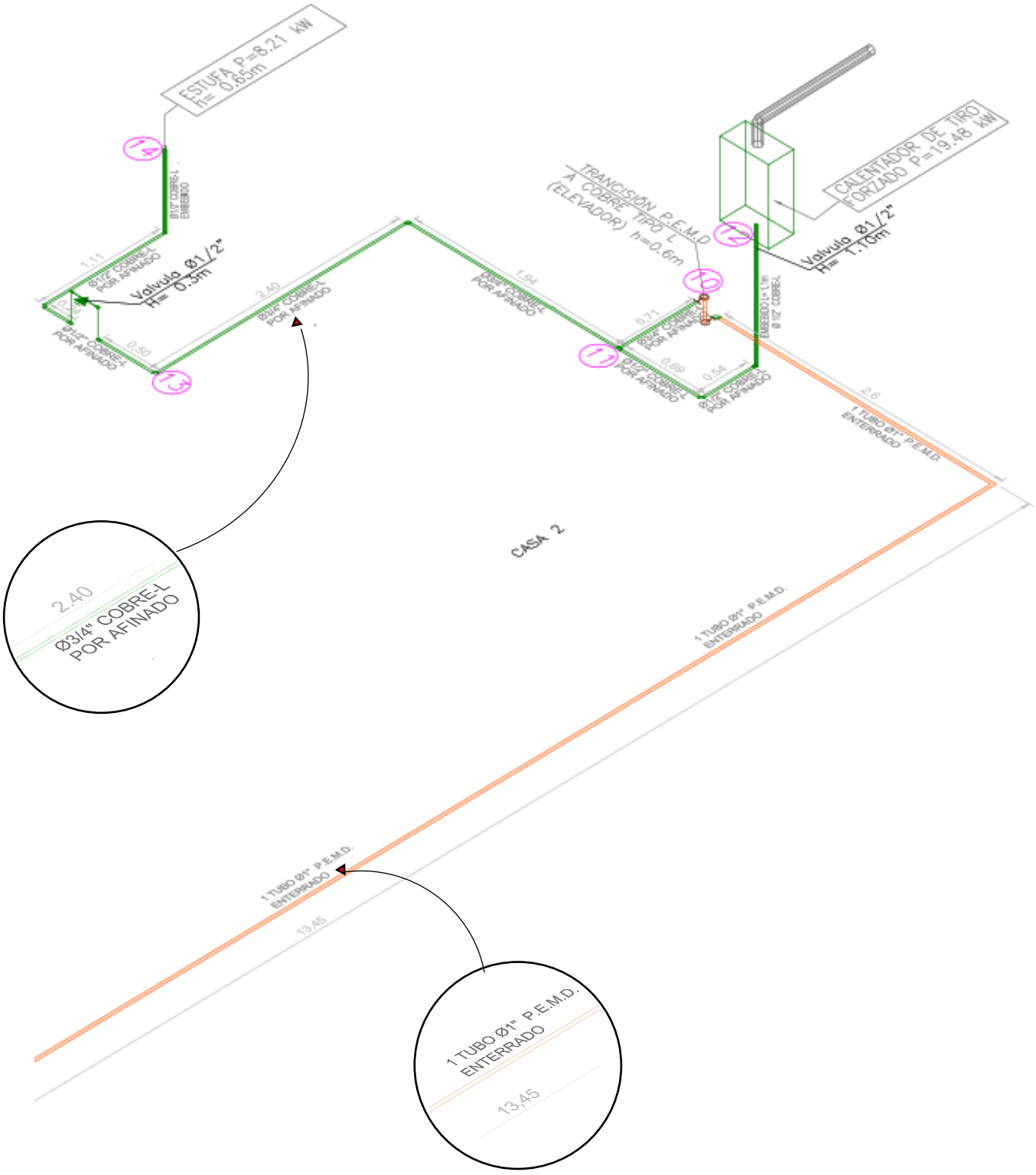


Ilustración 45. Trazado en tres dimensiones de la casa 2.

11.1.8 Cálculo de la longitud equivalente

Con base en el numeral 5.8, se cuantifica la longitud de los tramos segmentados e identificados previamente, sumando las tuberías horizontal y vertical.

Posteriormente, se multiplica por 1,20 la longitud real de cada tramo para sumarle un 20%, que corresponde a los accesorios, teniendo en cuenta de esta manera la pérdida de energía generada por éstos y obteniendo como resultado la longitud equivalente de cada tramo.

Tabla 24. Longitud equivalente de los tramos de la red para la casa 1

Tramo		Longitud real (m)	Longitud equivalente (m)
De	A		
A	1	1,20	1,44
1	2	3,12	3,74
2	3	1,31	1,57
3	4	1,92	2,30
3	5	3,74	4,49
5	6	3,29	3,95
5	7	3,85	4,62
7	8	6,28	7,54

Tabla 25. Longitud equivalente de los tramos de la red para la casa 2

Tramo		Longitud real (m)	Longitud equivalente (m)
De	A		
B	9	1,20	1,44
9	10	22,18	26,62
10	11	0,71	0,85
11	12	2,33	2,80
11	13	4,34	5,21
13	14	3,30	3,96

11.1.9 Cálculos del diámetro mínimo, la pérdida de presión y la velocidad del gas

El cálculo del diámetro mínimo de cada tramo se realiza junto con el de pérdida de presión y verificación de la velocidad máxima permitida del gas, mediante las siguientes ecuaciones:

$$\Delta P = 23200 * G * Le * \ Q^{1,82} * \ D^{-4,82} \qquad \textit{Ecuación 25}$$

$$V = 354 * Q * \ P.abs^{-1} * \ D^{-2} \qquad \textit{Ecuación 26}$$

En este caso, la red es de baja presión, por lo que para calcular el diámetro y la pérdida de presión se usa la fórmula de Renouard lineal (ecuación 14).

Con base en el numeral 5.9.1 de la presente guía, se elabora una tabla con los resultados de los cálculos realizados, como el caudal de diseño, el caudal requerido por los gasodomésticos y la longitud equivalente de los tramos de la red para cada una de las casas.

Para calcular la pérdida de presión se supone un diámetro para cada tramo de la tubería, garantizando que con el diámetro seleccionado se obtenga una pérdida total acumulada menor o igual que 4 mbar en todas las salidas de conexión a los artefactos a gas, es decir, que con una presión inicial de 23 mbar y considerando

una pérdida al paso por el medidor de 2 mbar se garantice en el aparato más crítico una presión final mayor que 17 mbar.

Datos:

Presión inicial = 23,00 mbr

Pérdida paso medidor = 2,00 mbr

Presión de salida medidor = 21,00 mbr

Presión atmosférica para Bogotá = 721,00 mbar

Si la presión resultante en los puntos de conexión a los aparatos es menor que 17 mbar, se debe suponer otro diámetro mayor al seleccionado.

Al mismo tiempo, el diámetro seleccionado debe mantener la velocidad del gas para todos los tramos de la red, que debe ser menor que 20 m/s. En caso de que con el diámetro seleccionado la velocidad del gas sea mayor que 20 m/s, se debe cambiar por uno mayor hasta que la velocidad sea menor a la máxima permitida.

Tabla 26. Cálculo de diámetros mínimos, pérdida de presión y velocidad en la red para la casa 1

(1) Tramo		(2) Caudal m^3/h	(3) Longitud equivalente (m)	(4) Material	(5) Ø		(6) Presión (mbar)				(7) Velocidad m/s	(8) Observ.
De	A				in	mm	Inicial	∆ P	Acum.	Final		
A	1	4,00	1,44	Cobre	1	26,64	21,00	0,04	0,04	20,96	2,77	OK
1	2	4,00	3,74	P.E.	1	20,40	20,96	0,35	0,39	20,61	4,72	OK
2	3	4,00	1,57	Cobre	¾	19,94	20,61	0,17	0,56	20,44	4,94	OK
3	4	1,71	2,30	Cobre	½	13,83	20,44	0,30	0,86	20,14	4,39	OK
3	5	2,29	4,49	Cobre	¾	19,94	20,44	0,17	0,73	20,27	2,82	OK
5	6	0,72	3,95	Cobre	½	13,83	20,27	0,11	0,84	20,16	1,85	OK
5	7	0,90	4,62	Cobre	¾	19,94	20,27	0,03	0,76	20,24	1,11	OK
7	8	0,90	7,54	Cobre	½	13,83	20,24	0,31	1,07	19,93	2,31	OK

Presión final mayor a 17 mbar en conexión a los aparatos.

Tabla 27. Cálculo de diámetros mínimos, pérdida de presión y velocidad en la red para la casa 2

(1) Tramo		(2) Caudal m^3/h	(3) Longitud equivalente (m)	(4) Material	(5) Ø		(6) Presión (mbar)				(7) Velocidad m/s	(8) Observ.
De	A				in	mm	Inicial	∆ P	Acum.	Final		
B	9	2,50	1,44	Cobre	1	26,64	21,00	0,02	0,02	20,98	1,73	OK
9	10	2,50	26,62	P.E.	1	20,40	20,98	1,07	1,08	19,92	2,95	OK
10	11	2,50	0,85	Cobre	¾	19,94	19,92	0,04	1,12	19,88	3,08	OK
11	12	1,71	2,80	Cobre	½	13,83	19,88	0,37	1,49	19,51	4,39	OK
11	13	0,79	5,21	Cobre	¾	19,94	19,88	0,03	1,15	19,85	0,97	OK
13	14	0,72	3,96	Cobre	½	13,83	19,85	0,11	1,26	19,74	1,85	OK

Velocidades menores que 20 m/s

(1) Corresponde a cada uno de los tramos que conforman la red interna de una de las casas, previamente identificados los nodos que los componen. Se colocan los nodos donde inicia el tramo y donde termina.

(2) Es el caudal que circulará en los tramos, de acuerdo con los caudales requeridos por los aparatos gasodomésticos, calculados en el numeral 11.1.2.

(3) Corresponde a la longitud equivalente de cada tramo, calculada en el numeral 11.1.8.

(4) Corresponde al material seleccionado de cada tramo de la tubería.

(5) Es el calibre supuesto de cada tramo de tubería y su correspondiente diámetro interno, que está sujeto a cambio y depende de los valores calculados de presión y velocidad. Es el responsable de que la presión esté por encima de lo recomendado y que la velocidad no supere el valor sugerido.

(6) Resulta de aplicar la fórmula de Renouard lineal (ecuación 14) para calcular la diferencia de presión en un tramo de un nodo a otro. En donde la presión inicial es 21,0 mbar y la final debe ser mayor o igual que 17 mbar.

(7) Es la velocidad calculada con base en la ecuación 16, que implica variables como el caudal y el diámetro de cada tramo. Se debe asegurar que la velocidad no supere los 20 m/s.

11.1.10 Cálculo de ventilaciones

11.1.10.1 Evaluación de espacios

Con base en el numeral 5.11 se evalúan los recintos en los que se instalarán aparatos gasodomésticos, con el fin de establecer si se requiere ventilación al exterior.

En la casa 1 se evalúa el primer piso, donde se instalarán la estufa y la chimenea. Esta área siempre estará unida y no se dividirá al cerrar una puerta o ventana. Es decir, que los lugares separados por puertas como el cuarto de ropas, el estudio y el baño social no se tienen en cuenta.

En la casa 2 se evalúa el primer piso, donde se instalará la estufa, así como el cuarto de ropas, en el que irá el calentador, a diferencia de la casa 1 en la que el calentador está fuera de la casa, por lo cual no requiere ventilación adicional.

Tabla 28. Evaluación de espacios en las casas 1 y 2.

(1) Espacio	(2) Área (m^2)	(3) Altura (m)	(4) Volumen (m^3)	(5) Volumen (-30%) (m^3)	(6) Potencia en Kw		(7) Volumen requerido (m^3)	Observación
					Admisible	Instalada		
PRIMER PISO CASA 1	44,36	2,60	115,34	80,74	23,75	18,47	89,71	NO VENTILAR
PRIMER PISO CASA 2	44,36	2,60	115,34	80,74	23,75	8,21	39,88	NO VENTILAR
CUARTO DE ROPAS CASA 2	2,75	2,60	7,15	5,01	1,47	19,48	94,62	VENTILAR

(1) Corresponde al recinto que se evalúa, en el cual se tiene previsto instalar aparatos gasodomésticos.

(2) Se refiere al área del recinto en mención, la cual siempre estará unida y no se dividirá al cerrar una puerta o ventana.

(3) Corresponde a la altura de los muros de piso a techo que encierran dicho recinto.

(4) Se trata del volumen del espacio resultante de multiplicar el área por la altura del recinto.

(5) Corresponde al volumen del recinto menos el 30%, que es el porcentaje de espacio que se considera ocupa el mobiliario, razón por la cual se debe descontar del volumen total del área.

(6) Relación de la potencia admisible en el recinto, de acuerdo con la normativa, y la potencia de los aparatos que realmente se instalarán allí.

De acuerdo con el numeral 4.6.2, la potencia admisible o potencia máxima a instalar se calcula dividiendo el 70% del volumen en 3,4.

$$Pot.Máx = Vol\ /\ 3{,}4$$ *Ecuación 27*

(7) Corresponde al volumen requerido en el recinto para cumplir con los estándares de ventilación, de acuerdo con la suma de las potencias de los aparatos que se instalarán en su interior.

$$Vol.req = Pot * 3{,}4$$ *Ecuación 28*

Si el volumen del recinto menos el 30% (5) es igual o superior al resultado de la ecuación 18 no necesita ventilación extra. No obstante, si este volumen en la columna (5) es menor al requerido, implica que sí necesita de ventilación extra.

$$Vol.req \geq 0{,}7Vol$$

El volumen del espacio en el primer piso de la casa 1, en el que están la estufa y la chimenea, cumple con los requerimientos de acuerdo con la potencia de estos dos aparatos, por lo cual no requiere ventilación extra.

En la casa 2, el volumen del espacio donde se instalará la estufa cumple con lo requerido. Por su parte, el cuarto de ropas donde está el calentador sí requiere ventilación extra, ya que no cumple con el volumen requerido de acuerdo con la potencia de este artefacto a gas.

11.1.10.2 Cálculo de rejillas de ventilación superior e inferior para la casa 2

Se dimensionan las rejillas de ventilación que requiere el cuarto de ropas de la casa 2, con el fin de dar cumplimiento a los estándares de ventilación y renovación del aire de dicho espacio.

De acuerdo con la ubicación del cuarto de ropas, la ventilación se puede hacer directa al exterior. Con base en el numeral 4.6.3, para las ventilaciones que comunican directamente al exterior se aplica la siguiente fórmula:

$$A.Vent = Pot * A.min$$ *Ecuación 20*

Entonces,

$$19{,}48\ kW \quad x \quad 6\ cm^2 \quad = \quad 116{,}88\ cm^2$$

Entonces, en el cuarto de ropas se diseñan la ventilación superior e inferior con un espacio igual o mayor al área libre de 116,88 cm^2, conectando directamente al exterior.