Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

Dimensionamiento del diámetro de las tuberías para el abastecimiento de gas natural y el sistema de seguridad por ventilación al edificio multifamiliar Venecia Breña, Lima - Perú

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Gustavo Alexis QUICAÑO PAUCAR

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Quicaño, G. (2022). *Dimensionamiento del diámetro de las tuberías para el abastecimiento de gas natural y el sistema de seguridad por ventilación al edificio multifamiliar Venecia Breña, Lima - Perú*. [Monografía técnica de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Gustavo Alexis Quicaño Paucar
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70574716
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-3248-8680
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número de documento de identidad	
URL de ORCID	
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MANUEL VICENTE HERQUINIO ARIAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	21288812
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	JORGE LUIS GASTELO VILLANUEVA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08434899
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40420005
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.2.5.1. Energética
Grupo de investigación	
Agencia de financiamiento	PROPIA
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Breña Latitud: -12° 3' 25" Sur Longitud: -77° 3' 13" Oeste
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del PERÚ, Decana de América)
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

XIII CAP DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE LA MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS, MODALIDAD DE TITULACIÓN M-3 – POR SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo las 15:00 horas del día miércoles 21 de diciembre de 2022, en la Sala de Sesión Virtual de la Facultad de Ciencias Físicas, bajo la presidencia del Ing. MANUEL VICENTE HERQUINIO ARIAS y con la asistencia de los miembros Dr. Ing. JORGE LUIS GASTELO VILLANUEVA y el Mg. Ing. EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA, se dio inicio a la Sesión PúblicaVirtual de Sustentación de la Monografía Técnica para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, mediante la Modalidad de Titulación M-3 Por Suficiencia Profesional, del Bachiller:

GUSTAVO ALEXIS QUICAÑO PAUCAR

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller GUSTAVO ALEXIS QUICAÑO PAUCAR, a realizar la Exposición del trabajo de la Monografía Técnica titulada "DIMENSIONAMIENTO DEL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL Y EL SISTEMA DE SEGURIDAD POR VENTILACIÓN AL EDIFICIO MULTIFAMILIAR VENECIA BREÑA, LIMA - PERÚ".

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller a abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado. Se procedió a promediar la nota final del curso de actualización y la nota de la sustentación para obtener la calificación final.

Al término de la deliberación del Jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida por el Bachiller, la misma que fue:

.....QUINCE..... .....15.....

El Presidente del Jurado Ing. MANUEL VICENTE HERQUINIO ARIAS, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller GUSTAVO ALEXIS QUICAÑO PAUCAR Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 16:01 horas, del mismo día, se levantó la sesión.

Ing. MANUEL VICENTE HERQUINIO ARIAS
PRESIDENTE DEL JURADO

Dr. Ing. JORGE LUIS GASTELO VILLANUEVA
MIEMBRO DEL JURADO

Mg. Ing. EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA
MIEMBRO DEL JURADO

UNMSM
Firmado digitalmente por LOZANO BARTRA Whualkuer Enrique FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 25.12.2022 19:56:59 -05:00

DR. WHUALKUER ENRIQUE LOZANO BARTRA
VICEDECANO ACADÉMICO FCF

Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:
https://us06web.zoom.us/j/84788203742?pwd=QTBJWXRGQjNvMHgvSzRVVmE5VURqUT09
ID de reunión: 847 8820 3742
Código de acceso: 979319
Grabación archivada en el siguiente enlace:
https://drive.google.com/file/d/1d8TrFgvYxMFn3bin7HdgYImbc3EmW90I/view?usp=share_link

Anexo 1

Informe de evaluación de Originalidad

1. Facultad de Ciencias Físicas
2. Escuela/Unidad de Posgrado
   Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos
3. Autoridad Académica que emite el informe deoriginalidad
   El Director de la EPIMF
4. Apellidos y nombres de la autoridad académica
   Sarango Julca Douglas Donal
5. Operador del programa Informático desimilitudes
   Dr. Ing. Douglas Sarango Julca
6. Documento evaluado (1)
   "Dimensionamiento del diámetro de las tuberías para el abastecimiento de gas natural y el sistema de seguridad por ventilación al edificio multifamiliar Venecia Breña, Lima"
7. Autor del documento (2)
   GUSTAVO ALEXIS QUICAÑO PAUCAR
8. Fecha de recepción del documento 7/12/22
9. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes 7/12/22
10. Software utilizado
    - Turnitin (X)
    - Ithenticate
    - Otro (especificar)
11. Configuración del programa detector de similitudes
    - Excluye textos entrecomillados
    - Incluye Bibliografía
    - Excluye cadenas menores a 40 palabras
12. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes[3]
    7%
13. Fuentes originales de las similitudes encontradas[4]
    Ver Anexo
14. Observaciones
    Ninguna
15. Calificación de originalidad
    - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones (X)
    - Documento cumple criterios de originalidad, con observaciones
    - Documento no cumple criterios de originalidad
16. Fecha del Informe 29 /12 /22

FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Director U.N.M.S.M

UNMSM

Firmado digitalmente por SARANGO JULCA Douglas Donal FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13.07.2022 19:58:40 -05:00

DR. ING. Douglas Sarango Julca
DIRECTOR (e) DE LA EPIMF

---

1 Otro (especificar) Informe Profesional Modalidad de Titulación M-4

2 Apellidos y Nombres completos

3 En letras y números

4 Indicarlas en orden decreciente y su respectivo porcentaje

Dedicatoria

A mis padres y a mi novia Diana Bazán por su incondicional apoyo en mis estudios; y a mis profesores por todo el conocimiento que compartieron conmigo mediante sus enseñanzas.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO 1: GENERALIDADES 7
1.1. Introducción 7
1.2. Importancia del tema 7
1.3. Identificación del problema 8
1.4. Propuesta de solución 8
1.5. Objetivos 9
1.5.1. Objetivo general 9
1.5.2. Objetivos específicos 9
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO 11
2.1. Antecedentes del estudio 11
2.2. Principios Fundamentales 12
2.2.1. Composición del Gas Natural 12
2.2.2. Características del gas natural 12
2.2.3. Propiedades del gas natural 13
2.2.4. Artefactos de gas 13
2.2.5. Ducto de evacuación de gases 14
2.2.6. Diseño de ductos de evacuación de gases 15
2.2.7. Sistema de evacuación directa a través de frontis o fachada 16
2.2.8. Métodos de ventilación de los ambientes interiores 18
2.2.9. Rejilla de ventilación 18
2.2.10. Módulo de compresibilidad 19
2.2.11. Módulo de compresibilidad isotermo e isentrópico 20
2.2.12. Ecuación de continuidad 20
2.2.13. Ecuación de cantidad de movimiento para flujo compresible 21
2.2.14. Ecuación de la energía 21
2.3. Fundamento teórico 21
2.4. Matemática para el Dimensionamiento de la Tubería 23
2.4.1. Fórmula de Pole 23
2.4.2. Fórmula de Renouard 24
2.4.3. Fórmula de Renouard Cuadrática 25

2.4.4. Ecuación para el caudal 25
2.4.5. Cálculo de la Presión Absoluta 26
2.4.6. Cálculo de la Velocidad 26
2.4.7. Cálculo del Caudal de Diseño 27
2.4.8. Cálculo de la Longitud Efectiva 28
CAPITULO 3: DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA 30
3.1. Cálculo de la red principal montante 30
3.2. Cálculo de la red individual 31
3.3. Datos Iniciales 31
3.4. Metodología del Cálculo 32
3.5. Cálculos de Ingeniería 33
3.5.1. Selección de regulador de red principal (montante) 33
3.5.2. Dimensionamiento de la Tubería Línea Montante 35
3.5.3. Selección de regulador y medidor de la red individual 44
3.5.4. Dimensionamiento de la Tubería de la Línea Individual 46
3.5.5. Determinación del ducto de evacuación de monóxido 51
3.5.6. Cálculo de ventilaciones 54
CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 57
4.1. Resultados 57
4.2. Discusión 58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 60
Conclusiones 60
Recomendaciones 62
BIBLIOGRAFÍA 63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición del gas natural 12
Tabla 2. Propiedades Físicas y Químicas del Gas Natural 13
Tabla 3. Diámetro del conector de evacuación directa a través de fachada para artefactos a gas 16
Tabla 4. Valoración de componentes del conector de evacuación 17
Tabla 5. Características de la tubería PE AL PE 22
Tabla 6. Características de la tubería de cobre tipo L 23
Tabla 7. Valores del factor de fricción (K) 24
Tabla 8. Factor de simultaneidad 27
Tabla 9. Pérdida por accesorios para Cobre 29
Tabla 10. Pérdida por accesorios para PE AL PE 29
Tabla 11. Distribución de los departamentos por piso 32
Tabla 12. Tipos de reguladores con presión de entrega 340mbar 34
Tabla 13. Cálculos de la línea montante 43
Tabla 14. Tipos de Reguladores con presión de entrega 23mbar 44
Tabla 15. Tipos de Medidores con presión de entrada 23mbar 45
Tabla 16. Cálculos de la línea individual 51
Tabla 17. Tabla de requerimientos de ventilación 54
Tabla 18. Cálculo de ventilaciones 56
Tabla 19. Resumen de resultados 58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto multifamiliar 9
Figura 2. Medidas necesarias para el cálculo y diseño de ducto por fachada..... 15
Figura 3. Distancia mínima del extremo del conducto de evacuación de artefactos para tiro natural..... 16
Figura 4. Ejemplo de rejillas de ventilación..... 19
Figura 5. Línea Montante 35
Figura 6. Línea Individual 46
Figura 7. Medidas del ducto de evacuación proyectado 52

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1. Introducción

El Perú cuenta con gran potencial de fuentes de energías como el gas natural, sin embargo, nuestro país depende en un 72% de hidrocarburos, con las consecuencias crecientes de la contaminación ambiental, degradando la calidad de vida de las personas, más aún cuando casi tres millones de personas no tienen acceso a la energía moderna. (Aita, 2017)

En la actualidad el gas natural es el combustible de mayor crecimiento en el mundo por las ventajas que ofrece su uso industrial, residencial y comercial. En nuestro medio se viene dando el cambio de la matriz energética, es así que el reglamento nacional de edificaciones exige planos de instalación de gas natural para las nuevas edificaciones individuales o multifamiliares, obligando a las municipalidades su cumplimiento. (RNE, 2006)

La siguiente monografía técnica desarrolla el dimensionamiento para el abastecimiento de la red interna de gas natural garantizando la presión de caudal en los 60 departamentos que tendrá el edificio multifamiliar Venecia.

1.2. Importancia del tema

En el Perú se descubrió en la década de los ochenta yacimientos gasíferos, esta daba una visión de abastecimiento energético que en esa época había una baja producción de petróleo con serias consecuencias en la operatividad de la industria, hoy se revierte esto con una visión de masificación incluyendo el uso doméstico.

El uso doméstico requiere de instalaciones seguras en todo sentido de la palabra, los cálculos deberán tener las consideraciones ingenieriles, tanto de las propiedades del

fluido gas natural y la conducción. Deberán ser concordantes con la normatividad vigente, rigurosos en el diseño y construcción; garantizando los requisitos mínimos de seguridad y los procedimientos para el funcionamiento correcto.

1.3. Identificación del problema

El crecimiento demográfico en la ciudad de Lima ha creado la gran necesidad de nuevas viviendas que bajo este contexto en la actualidad no es posible horizontalmente, pero si verticalmente satisfaciendo con edificios multifamiliares; sin embargo, estos deben contar con una fuente de energía continua y económica, esta es el gas natural.

El gas natural como fluido altamente combustible debe ser conducida por tuberías que den seguridad al usuario, sobre todo si esto se da en edificios destinados para viviendas multifamiliares, en este caso ya son sistemas que deben ser diseñadas con bases ingenieriles de la mecánica de fluidos, asegurando la calidad y seguridad de forma continua.

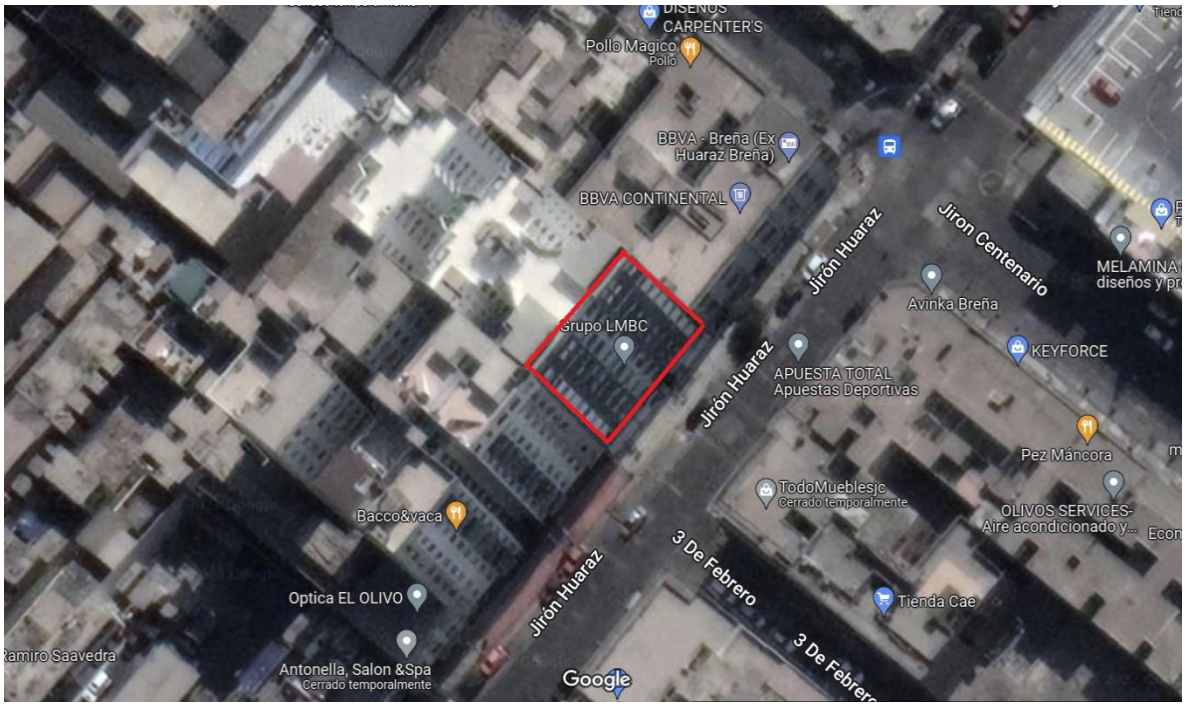
1.4. Propuesta de solución

Una gran ventaja del gas natural es un fluido amigable con el medio ambiente pero muy peligroso si no es tratado con ingeniería el sistema de conducción, el mercado nacional ofrece una variedad de tuberías, pero estas deben ser evaluadas con bases de la ingeniería mecánica de fluidos sobre todo las presiones de trabajo.

Este trabajo determinará el sistema de conducción de gas natural bajo estos términos al edificio multifamiliar Venecia ubicado en Jr. Huaraz N°1630 – Breña mediante una tubería principal y otras para la distribución individual a cada uno de los departamentos.

Figura 1.

Ubicación del proyecto multifamiliar



Nota. Fuente: Google maps

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Dimensionar el diámetro de las tuberías de conducción de gas natural para el abastecimiento al edificio multifamiliar ¨Venecia¨, en el distrito de Breña, de la ciudad de Lima, con calidad y seguridad.

1.5.2. Objetivos específicos

- Calcular el caudal de dotación al edificio e individualmente a cada departamento, en concordancia según la norma NTP 111.011.
- Seleccionar el regulador de presión de la red montante para una presión de trabajo de 340mbar y de la línea individual para una presión de trabajo de

23mbar, en concordancia según la norma NTP 111.011.

- Dimensionar los diámetros, y las características de las tuberías necesarias para cada circuito que conduzca desde la llegada al edificio hasta los artefactos, en concordancia según la norma NTP 111.011.
- Seleccionar el tipo de medidor para la distribución interior de cada departamento.
- Dimensionar los componentes de seguridad de evacuación de gases por combustión según la norma EM 040 y determinar el área de las rejillas de ventilación para cada departamento, para dar seguridad al ambiente ante posibles fugas de gases, en concordancia según la norma NTP 111.011 y EM 040.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Riofrio Pariona L. y Zavala Egoavil J. (2021), en su tesis “Diseño de la ventilación natural de ambientes y conductos destinados al alojamiento de gabinetes para gas natural en edificio multifamiliar - Miraflores - Lima”, estas consideraciones permitieron plantear el sistema de seguridad por ventilación para un edificio multifamiliar.

Ita Romero L. (2021), en el trabajo de investigación “Diseño del sistema de tuberías de cobre y PE AL PE en el suministro de gas natural para consumo en el condominio residencial libertadores San Isidro - Lima”, nos da a conocer el diseño de instalaciones de gas natural al condominio en material cobre y PE AL PE obteniendo resultados en la velocidad menor a 40m/s y una pérdida de presión menor al 30% de lo permisible.

García Acharte F. (2018), en el trabajo de investigación “Dimensionamiento de las tuberías para el abastecimiento de gas natural al edificio multifamiliar Mar de Plata. Distrito de San Miguel, Lima. Perú”, nos da a conocer la forma de iterar para hallar el diámetro de la tubería montante e individual en concordancia según la norma NTP 111.011.

Flores Vega F. (2017), en la tesis “Diseño de instalaciones de gas natural del Edificio Multifamiliar Gallese con el uso de las normas complementadas Norma Técnica E.M. 040 Instalaciones de Gas y Norma Técnica Peruana (111.011-2014).2016”, nos muestra el uso de la norma técnica peruana en el diseño de instalaciones natural a un edificio multifamiliar.

2.2. Principios Fundamentales

2.2.1. Composición del Gas Natural

Es un combustible proveniente de fósiles del tipo hidrocarburos y se encuentra en estado gaseoso o en disolución con el petróleo, tiene como principal componente al metano en más de 80% y otros como el butano, propano, el Etano. La composición del gas naturas de nuestro medio se compone de:

Tabla 1.

Composición del gas natural

Componentes del Gas Natural			
Metano	(C H_4)	Octano	(C_8H_{18})
Etano	(C_2H_6)	Etileno	(C_2H_4)
Propano	(C_3H_8)	Propileno	(C_3H_6)
Butano	(C_4H_{10})	Butileno	(C_4H_8)
Pentano	(C_5H_{10})	Benceno	(C_6H_6)
Hexano	(C_6H_{14})	Tolueno	(C_7H_8)
Heptano	(C_7H_6)		

Nota. Fuente: Cáceres 1999, El gas natural

2.2.2. Características del gas natural

Es un combustible que se consume tal como se encuentra en la naturaleza y por eso se denomina energía primaria; su suministro es continuo en calidad y cantidad, no requiere almacenar ni transformar. Es más ligero que el aire (densidad relativa 0,61) por lo que una fuga representa un peligro mínimo.

Su combustión no genera partículas sólidas, produce un mínimo de CO2, no genera humo. La producción de SO2 es casi nula al igual que del NOx; el valor de su poder calorífico es de 10,440 $kcal/m^3$.

2.2.3. Propiedades del gas natural

Tiene un contenido muy variable, etano, nitrógeno, CO2, H2O, butano, propano y otros que a continuación se indican:

Tabla 2.

Propiedades Físicas y Químicas del Gas Natural

Propiedades Físicas	Propiedades Químicas
Fórmula molecular	CH_4
Peso molecular	18.2
Temperatura de ebullición a 1 atmósfera	-160.0°C
Temperatura de fusión	-180.0°C
Densidad de los vapores	0.61
Densidad del líquido	0.554
Relación de expansión	1 litro de líquido se convierte en 600 litros de gas
Solubilidad en el agua a 20°C	Ligeramente soluble (de 0,1 a 1%)

Nota. Fuente: Grupo Naturgy – Características del gas natural

2.2.4. Artefactos de gas

Son artefactos que suministran energía calorífica mediante la combustión de algún gas, además ofrece otras ventajas a tener en cuenta como el gran ahorro que generan de mediano a largo plazo; por estas y muchas razones es conveniente evaluar la posibilidad de usar el gas natural como fuente de energía a la hora de adquirir nuevos artefactos para el hogar.

Estos artefactos se clasifican de la siguiente manera:

- **Artefacto de gas Tipo A:** El dispositivo está diseñado para ser utilizado sin conexión en el ducto de escape para que puedan mezclarse con el aire del ambiente en el que se encuentra el dispositivo; el aire utilizado

para la combustión se toma del mismo local donde está instalado el equipo de gas. Podemos mencionar algunos artefactos del Tipo A: cocinas domésticas, termas tipo A que no necesitan ductos de evacuación, hornos domésticos, entre otros.

- **Artefactos de gas Tipo B:** Es el artefacto diseñado para conectar y usarlo en ducto de evacuación hacia el exterior del ambiente en que está ubicado el artefacto; el aire para la combustión se obtiene del mismo ambiente en donde está instalado el artefacto a gas. Existen dos clases de artefactos Tipo B:

  Tipo B.1: son artefactos para ductos de evacuación mediante tiro natural, se utiliza una chimenea por donde viajan los gases mediante tiro natural hacia el exterior.

  Tipo B.2: son artefactos para ductos de evacuación mediante tiro mecánico, se utiliza un extractor ubicado en la parte superior de la chimenea.

- **Artefactos de gas Tipo C:** Es un dispositivo con un diseño de cámara de combustión cerrada, lo que significa un circuito de combustión que está aislado del ambiente en el que se instala el dispositivo. Está diseñado para la conexión directa al ambiente abierto a través de una entrada de aire y canales para la eliminación de los productos de la combustión.

2.2.5. Ducto de evacuación de gases

Es un conducto continuo que se instala desde el collarín del artefacto a gas hacia la atmósfera externa para descargar al exterior los productos de la combustión. Estos sistemas pueden ser de tiro mecánico (uso de extractores o

ventiladores) o de tiro natural (evacuación generada gracias a la diferencia de temperatura acerca de la atmósfera exterior y los gases de combustión).

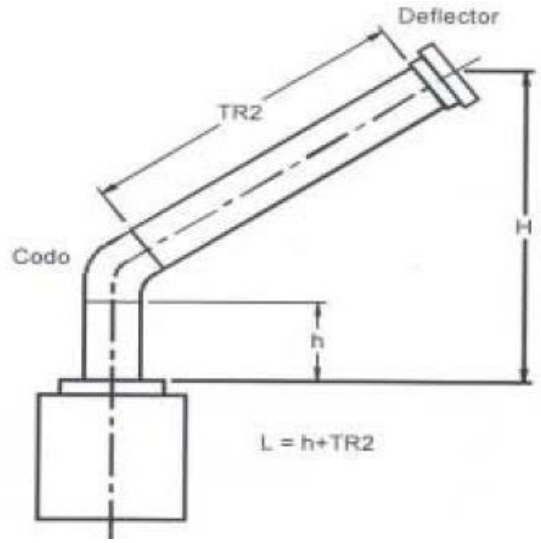
2.2.6. Diseño de ductos de evacuación de gases

Se debe tener en cuenta lo siguiente al diseñar los ductos de evacuación.:

- Se calcula la potencia del artefacto y el tipo A, B o C.
- Sólo para los artefactos a gas del tipo B se realizará el cálculo de los ductos. Para los artefactos a gas del tipo A no se considera instalación de ducto de evacuación.
- Tener con exactitud cuántos artefactos se conectarán y el tipo de tiro natural o mecánico.
- Determinar si se colocará un ducto individual o colectivo.
- Definir el tipo de material del ducto, si es metálico o de mampostería.
- Calcular el diámetro, longitud y altura del ducto con relación a las tablas suministradas en la norma EM.040.

Figura 2.

Medidas necesarias para el cálculo y diseño de ducto por fachada



2.2.7. Sistema de evacuación directa a través de frontis o fachada

Se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Validar que el diámetro mínimo del conector, en función de la potencia del artefacto, este dentro del rango de la Tabla 3. Solo los conectores con una sección transversal circular son aceptables en esta situación

Tabla 3.

Diámetro del conector de evacuación directa por medio de fachada para artefactos a gas

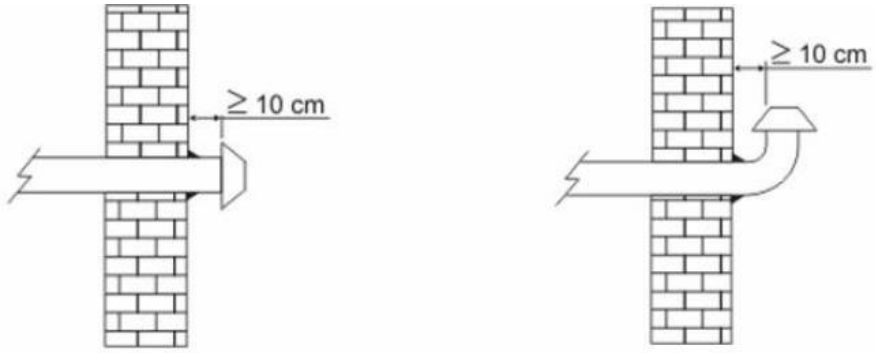
Potencia nominal del artefacto	Diámetro o interior mínimo del conector de evacuación a nivel del mar (en mm)
P<= 11,5 kW	90
11,6 kW <P<17,5, Kw	110
17,6 kW<P< 24,0 kW	125
24,1kW<P<31,5kW	139
31,5kW<P	175

Nota. Fuente. Norma Técnica de Edificación EM.040

- El conector debe mantener una pendiente positiva de al menos 2 grados sexagesimales (3 por ciento) y hasta 45 sexagesimales en todos los tramos.
- El extremo del conector (excluyendo al sombrerete) debe estar separado al menos, 10cm del muro que ha atravesado y cumplir con los distanciamientos establecidos en la Figura 3.

Figura 3.

Distancia mínima del extremo del ducto de evacuación de artefactos para tiro natural



Nota. Fuente. Norma Técnica de Edificación EM.040

- El sistema de evacuación debe dimensionarse de tal manera que se cumpla el siguiente requisito: Si la puntuación detallada que aparece en la tabla 4, asignada para cada accesorio o tramo que desde el diseño pueda formar parte del sistema de evacuación, la suma total de los puntos de los elementos utilizados en su diseño real deberá presentar un valor positivo mayor o igual a 1.

Tabla 4.

Valoración de componentes del conector de evacuación

Aspecto	Puntos Unitarios	Cantidad	Puntos (-)	Puntos (+)	Valoración Global
* Ganancia de Cota:	+1,0 (**)				
Componentes de conector:  Codo Mayor que 45° y no superior a 90° (vertical - horizontal).	-2				
 Codo no superior a 45° (vertical ascendente).	-1				
 Codo Mayor que 45° y no superior a 90° (No vertical - No ascendente).	-2				
 Codo no superior a 45° (No vertical - No ascendente).	-1				
 Codo Mayor que 45° y no superior a 90° (horizontal - vertical).	-0.3				
 Codo no superior a 45° (horizontal ascendente).	-0.1				
 Por cada metro de longitud de los tramos rectos verticales u horizontales del conector.	-0.5				
 Deflector de modelo aceptado.	-0.3				
		TOTAL PUNTOS			

(*) Por cada 10 cm de cota total (H) ganada en el conector por cualquier concepto.
(**) Este valor para altitudes diferentes a la del nivel del mar, se debe afectar por el siguiente factor [0,85*(P2/P1)] donde P1: presión atmosférica a nivel del mar y P2: presión atmosférica en el sitio de la instalación.

Nota. Fuente. Norma Técnica de Edificación EM.040

2.2.8. Métodos de ventilación de los ambientes interiores

Si la cantidad de aire que entra de forma natural es insuficiente para cubrir las necesidades de combustión, renovación y dilución de los aparatos de gas que se encuentran en el interior, es necesario introducir más aire al ambiente por medio de aberturas permanentes o rejillas.

Se tiene dos tipos de ambiente:

Espacio confinado: “Ambiente interior de una edificación cuyo volumen es menor a 4,8 m3/KW de potencia nominal agregada o conjunta de todos los artefactos a gas instalados.” (NORMA TECNICA DE EDIFICACION EM.040 INSTALACIONES DE GAS, pág. 6)

Espacio confinado: “Ambiente interior de una edificación que es mayor o igual a 4,8 m3/kW de potencia nominal agregada o conjunta de todos los artefactos a gas instalados.” (NORMA TECNICA DE EDIFICACION EM.040 INSTALACIONES DE GAS, pág. 6)

2.2.9. Rejilla de ventilación

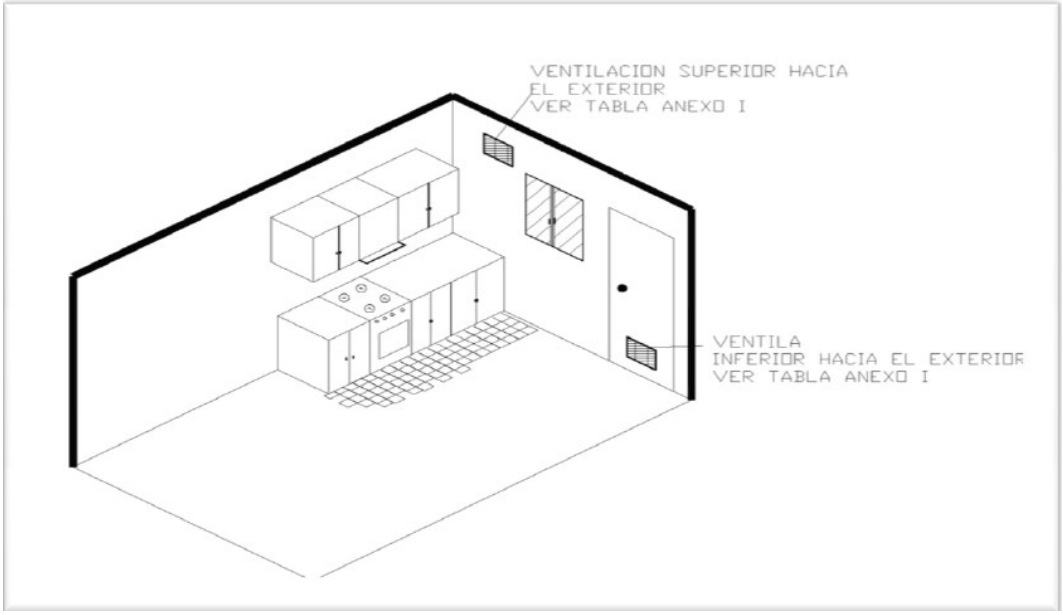
Es de suma importancia que los ambientes con artefactos de gas natural tengan una ventilación adecuada para ello utilice rejillas de ventilación que deben estar en excelentes condiciones y asegúrese de que nunca estén bloqueadas, dejando siempre escapar el aire.

La principal función de la rejilla es:

- **Evacuación del gas en caso de fuga:** el gas natural tiene tendencia a elevarse y dispersarse rápidamente en la atmósfera porque es más liviano que el aire. Por ello, al instalar gas natural, se debe colocar una rejilla inferior cerca del piso y una superior cerca del techo. Esto permite que el aire exterior entre y se disipe a través de la rejilla trasera hacia el exterior.

Figura 4.

Ejemplo de rejillas de ventilación



Nota. Fuente: Gas Natural Fenosa (2010)

2.2.10. Módulo de compresibilidad

Todo cuerpo líquido, gas o sólido al ser sometido a un incremento de presión (Δp) va producir cambios en su volumen (ΔV); la unidad de variación por volumen (ΔV/V) por el incremento de presión ((ΔV/V)/Δp) será siempre una constante como función de las propiedades elásticas del cuerpo como el módulo de compresibilidad.

De forma específica para los fluidos gaseosos se denomina módulo de compresibilidad:

$$K = -V\frac{dp}{dV}$$

2.2.11. Módulo de compresibilidad isotermo e isentrópico

Los cambios de presión y volumen (dP/dV) pueden darse mediante dos procesos de compresión, isentrópico adiabático, temperatura constante e isotermo.

Estas se cuantifican en función de la densidad de la forma: (White, 2004)

$K_T = \rho(\frac{dp}{d\rho})_T$ isotérmico

$K_S = \rho(\frac{d\rho}{dp})_S$ isentrópico

En los gases el módulo isotérmico es siempre menos que el isentrópico.

2.2.12. Ecuación de continuidad

Es el producto de la ley de la conservación de la masa, donde menciona que, en un conducto o tubería, sin importar su sección; siempre y cuando no hay derivaciones, la cantidad de flujo que entra por un extremo, debe salir la misma cantidad por el otro extremo, es decir que el fluido se conserva a través de una cañería.

$\dot{m}_E = \dot{m}_S$

$\rho_E V_{rE} A_E = \rho_S V_{rS} A_S$

$\rho cA = (\rho + \Delta\rho)(c - \Delta v)A$

$\Delta v = c \frac{\Delta\rho}{\rho+\Delta\rho}$

Donde:

$\dot{m}_E$, $\dot{m}_S$: Flujo másico de entrada y salida

V_{rE}, V_{rS} : Velocidad relativa de entrada y salida

ρ_E, ρ_S : Densidad de entrada y salida

c: Velocidad de perturbación

Δv : Variación de la velocidad

2.2.13. Ecuación de cantidad de movimiento para flujo compresible

$F = \dot{m}(v_S - v_E)$

$F = pA - (p + \Delta p\ )A = -\Delta p\ .A$

$\dot{m} = \rho cA$

$(v_S - v_E) = (v_{rS} - v_{rE}) = \big((c - \Delta v) - c\big) = -\Delta v$

$-\Delta p = \rho c(-\Delta v)$

$\Delta p = \rho c \Delta v$

2.2.14. Ecuación de la energía

$\left(\delta q - \delta w = d(h + \frac{v^2}{2} + gz)\right)$

Para un proceso adiabático sin disipación o despreciando el trabajo y la energía potencial (generalmente en gases), tenemos:

$h + \frac{v^2}{2} = cte = h_0$

En donde "h_0" es la máxima entalpía que puede alcanzar un líquido cuando alcanza el estado isoentrópico de reposo.

Es este estado de estancamiento, se utiliza comúnmente como estado de referencia en los flujos compresibles: en el desarrollo isoentrópico, la presión y la temperatura del flujo son siempre inferiores a las correspondientes al estado de estancamiento.

2.3. Fundamento teórico

Consideraciones para el dimensionamiento del sistema de conducción con tuberías de cobre y tubo compuesto de aluminio-polietileno (PE AL PE) para el abastecimiento de gas natural:

- Caudal máximo de gas natural para los artefactos de consumo.

- Presión mínima para el flujo del gas natural seco para el adecuado funcionamiento de los artefactos.
- Composición de los materiales de la tubería y accesorios. (Tabla 5 y 6)
- Proyección de puntos para la futura demanda de nuevos artefactos.
- Consideración del factor de simultaneidad en relación al caudal máximo probable.
- Consideraciones de las propiedades del poder calorífico y gravedad específica del gas para el cálculo del diámetro de las tuberías medido a condición estándar.
- La pérdida de carga de presión en el sistema interno y el medidor individual.
- Pérdida de energía por fricción en las longitudes de las tuberías y accesorios.
- Consideraciones de la normatividad permisible de la velocidad máxima.

Tabla 5.

Características de la tubería PE AL PE

Referencia del diametro	Diametro interno (mm)	Diametro externo	Equivalencia con Acero	Presion de Rotura	Temperatura de trabajo	Presion de trabajo (PSI)
12 16	12,0	16,0	3/8¨	870	(-20 a 40)	60
14 18	14,0	18,0		870	(-20 a 40)	60
16 20	16,0	20,0	1/2¨	725	(-20 a 40)	60
20 25	20,0	25,0	3/4¨	580	(-20 a 40)	60
26 32	26,0	32,0	1¨	580	(-20 a 40)	60

Nota. Fuente: tubería PE AL PE para gas doméstico

Tabla 6.

Características de la tubería de cobre tipo L

Diámetro nominal	Diametro exterior real	Tolerancia diámetro	Espesor de pared (mm)	Tolerancia espesor	Peso kg/m	Presión máxima de trabajo	
						Kg/cm2	Lb/Pulg2
1/4¨	3/8¨	0,03	0,76	0,08	0,816	71	1010
3/8¨	1/2¨	0,03	0,89	0,1	0,294	62	882
1/2¨	5/8¨	0,03	1,02	0,1	0,424	57	811
3/4¨	7/8¨	0,03	1,14	0,1	0,673	45	640
1¨	1 1/8¨	0,04	1,27	0,13	0,971	39	555
1 1/4¨	1 3/8¨	0,04	1,4	0,15	1,314	35	498
1 1/2¨	1 5/8¨	0,05	1,52	0,15	1,692	32	455
2¨	2 1/8¨	0,05	1,78	0,18	2,601	28	398

Nota. Fuente: Elaboración de productos de cobre S.A (EPC 2005).

2.4. Matemática para el Dimensionamiento de la Tubería

2.4.1. Fórmula de Pole

Diámetro de tubería

Para nuestro caso los artefactos trabajaran a presiones máximas de 50mbar, la norma NTP 111.011 señala para estos casos que el diámetro de la tubería se determinará por:

$$\emptyset = \sqrt[5]{\left(\frac{L}{\Delta P}\right)\left(\frac{PCT}{(Coeficiente) * K}\right)^2} \quad (1)$$

Pérdida de presión

Si se despeja la pérdida de presión se tiene:

$$\Delta P = \left(\frac{L}{\emptyset^5}\right)\left(\frac{PCT}{(Coeficiente) * K}\right)^2 \quad (2)$$

Donde:

K: Factor de fricción según ∅

∅: Diámetro de interno (cm)

L: Longitud (m)

PCT: Potencia de cálculo total (Mcal/hora)

ΔP: Pérdida de presión (Pa)

$Coeficiente$: Para el gas natural Seco es 0.0011916

Tabla 7.

Valores del factor de fricción (K)

$\emptyset -$ pulgadas	K
$3/8 - 1$	1800
$1\,1/4 - \ 1\,1/2$	1980
$2 - 2\,1/2$	2160
3	2340
4	2420

Nota. Fuente. NTP 111.011 (2014)

2.4.2. Fórmula de Renouard

Según la NTP 111.010 la pérdida de presión se debe determinar por:

$$\Delta p = 22{,}759 * \rho * L * \frac{Q^{1,82}}{\emptyset^{4,82}} \quad (3)$$

Donde:

Δp: Pérdida de presión (mbar)

$\emptyset$: Diámetro (mm)

L: Longitud (m)

ρ: Densidad gas natural seco

Q: Caudal (m^3/h) a condiciones estándar.

2.4.3. Fórmula de Renouard Cuadrática

Para presiones que se encuentren dentro del rango de <0bar, 4bar>. (NTP 111.010)

$$P_1^2 - P_2^2 = 48{,}6 * \rho * L * \frac{Q^{1,82}}{\emptyset^{4,82}} \quad (4)$$

También se puede utilizar la siguiente formula, para poder hallar la presión en el punto final por tramo:

$$P_1 = \sqrt{P_2^2 + 48{,}6 * \rho * L * \frac{Q^{1,82}}{\emptyset^{4,82}}} \quad (5)$$

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - 48{,}6 * \rho * L * \frac{Q^{1,82}}{\emptyset^{4,82}}} \quad (6)$$

Donde:

Q: Caudal a condiciones estándar (m^3/h)

L: Longitud (m)

$\emptyset$: Diámetro (mm)

ρ: Densidad relativa del gas natural seco (0.61)

P_1, P_2: Presiones absolutas en 1 y 2 (kg/cm^2)

2.4.4. Ecuación para el caudal

Se define el gasto calorífico P_n al consumo normal cuando el artefacto está en funcionamiento, la potencia útil o nominal es la que se entrega al artefacto; y por otro lado el poder calorífico superior (PCS) es una característica del gas que en este caso 9500 $kcal/m^3$. La relación del gasto calorífico y del poder calorífico nos entrega el caudal de la forma:

$$Q = \frac{P_n}{PCS} \quad (7)$$

Donde:

Q: Caudal (m^3/h)

P_n: Potencia nominal ($kcal/h$)

PCS: Poder calorífico superior (PCS = 9500$kcal/m^3$)

2.4.5. Cálculo de la Presión Absoluta

Si adicionamos a la presión manométrica la presión atmosférica se obtiene la llamada presión absoluta, (Cengel & Cimbala, 2010)

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man} \quad (8)$$

Donde:

P_{abs}: Presión Absoluta (bar)

P_{atm}: Presión Atmosférica (1.01325 bar)

P_{man}: Presión Manométrica (bar)

2.4.6. Cálculo de la Velocidad

$$V = \frac{365{,}35 * Q}{(P_{abs}) * D^2} \quad (9)$$

Donde:

Q: Caudal (m^3/h)

P_{abs}: Presión absoluta (bar)

D: Diámetro de la tubería (mm)

V: Velocidad (m/s)

Si se despeja el diámetro se tiene:

$$D = \sqrt{\frac{365.35 * Q}{V * P_{abs}}} \quad (10)$$

2.4.7. Cálculo del Caudal de Diseño

$$Q_d = Q_p * N^{\circ}_{dep} * f_s \quad (11)$$

Donde:

Q_d: Caudal de diseño (m^3/h)

Q_p: Caudal individual (m^3/h)

N°_{dep}: Número de departamentos

f_s: Factor de simultaneidad que depende del número de departamentos

Para poder utilizar los datos del factor de simultaneidad veremos en la siguiente tabla:

Tabla 8.

Factor de simultaneidad

N° de Dptos	f_s
1	1
2	0.7
3	0.6
4	0.55
5 a 7	0.5
8 a 14	0.45
15 a 49	0.4
50 a 100	0.35

Nota. Fuente. Calidda (2014)

2.4.8. Cálculo de la Longitud Efectiva

El sistema de tuberías tiene pérdidas de energía para trasladar al fluido de un punto a otro, estas pérdidas son las pérdidas por fricción de toda la longitud de la tubería y las otras pérdidas de energía por accesorios; en este caso la cantidad de pérdidas de energía por la gran cantidad de accesorios es muy significativa.

Cuando es significativa la pérdida por accesorios, es conveniente expresar en términos de longitud esta pérdida, entonces determinamos una longitud de tubería del mismo diámetro y material del sistema, que ocasione la misma magnitud de pérdida de energía que el accesorio, a esta se denomina longitud equivalente (L_{eq}).

La literatura especializada señala que cuando dos sistemas de tuberías producen el mismo caudal, teniendo la misma perdida de carga se dice que los sistemas de tuberías son equivalentes. (Rocha, 2007)

Entonces las pérdidas por fricción y accesorios son expresadas en longitud; la longitud total de pérdidas denominada como longitud efectiva es determinada por: (Sancho, 2011)

$$L_T = L_f + L_{eq} \qquad (12)$$

Donde:

L_T: Longitud efectiva

L_f: Longitud por fricción

L_{eq}: Longitud equivalente por accesorios, que depende del diámetro de la tubería y está dado por:

$$L_{eq} = \sum \left(N_i \left(\frac{L}{D} \right)_i \right)$$

Donde:

N_i: Cantidad de accesorio utilizado

$\left(\frac{L}{D}\right)_i$: Coeficiente de pérdida de carga por accesorio

La fórmula se reduce a la siguiente:

$$L_T = L_f + \sum \left(N_i \left(\frac{L}{D}\right)_i\right) \quad (13)$$

Para verificar los datos de las pérdidas por accesorios verificaremos las siguientes tablas:

Tabla 9.

Pérdida por accesorios para Cobre

Pérdidas por accesorios					
Material	Diámetro	Codos 45°	Codos 90°	Tee 90°	Tee 180°
Cobre	1/2"	0,24	0,46	0,92	0,30
	3/4"	0,34	0,61	1,22	0,43
	1"	0,43	0,76	1,52	0,52
	1 1/4"	0,55	1,07	2,14	0,70
	1 1/2"	0,64	1,22	2,44	0,79
	2"	0,80	1,55	3,10	1,04

Nota. Fuente. Directivas de Calidda

Tabla 10.

Pérdida por accesorios para PE AL PE

Material	Diámetro	Codos 45°	Codos 90°	Tee 90°	Tee 180°
PE AL PE	(12-16)	0,21	0,38	0,77	0,26
	(14-18)	0,25	0,45	0,9	0,31
	(20-25)	0,35	0,64	1,28	0,44
	(26-32)	0	1	1,35	0,6
	(33-40)	0	1,2	1,3	0,6
	(42-50)	0	1,2	1,3	0,7
	(54-63)	0	1,3	1,4	0,7

Nota. Fuente. Directivas de Calidda

CAPITULO 3: DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

El procedimiento de los cálculos se describirá considerando la aplicación del abastecimiento de gas natural al edificio multifamiliar Venecia, distrito de Breña, Lima – Perú, considerando los fundamentos de la ingeniería mecánica de fluidos concordado con la normatividad local NTP y otras internacionales, todas ellas relacionadas con gas natural para edificaciones.

3.1. Cálculo de la red principal montante

Para diseñar la red principal se tendrá las siguientes condiciones:

Condición de llegada de la red principal:

Este proceso está constituido por la presión de llegada de la red troncal de 4bar, esta tiene que reducirse a las necesidades del edificio de 340mbar, mediante el accesorio regulador. (NTP 111.011)

Condición de velocidad de la red principal:

Es la primera etapa, punto de salida del regulador de 340mbar donde la máxima velocidad permitida es de 40 m/s (NTP 111.011)

Se tomará en cuenta para las tuberías de acero la caída de presión máxima admisible es del 10% de la presión de entrada. (NTP 111.010)

La caída de presión máxima admisible es 30% de la presión de entrada para tuberías de Cobre.

Se tendrá en cuenta que la presión atmosférica es de 1,01325 bar.

El gas natural tiene como valor de 0,61 para la densidad relativa (NTP 111.011)

El gas natural tiene como valor de 11,05 KW-h/m^3 para el poder calorífico superior (NTP 111.011)

El factor de simultaneidad es función del número de departamentos. (Tabla 8)

La potencia por artefacto, para la cocina de baja presión (4 hornillas + horno) es 10.7KW y para la terma de acumulación la potencia es 12KW (NTP 111.022).

3.2. Cálculo de la red individual

Para diseñar las redes individuales se tendrá las siguientes condiciones:

Condición de llegada de la red individual:

Es la segunda etapa que recibe la presión de hasta 340mbar proveniente de la línea montante y mediante un accesorio regulador entregará a la red individual la presión de 23 mbar. (NTP 111.011)

Para el gas natural tiene como valor de 1,5 mbar, la caída de presión de medidor (NTP 111.011)

Las presiones finales de uso para los artefactos a gas natural deberán tener una presión mínima de 18mbar y máxima de 23mbar.

Condición de velocidad de la red individual:

La velocidad de circulación permisible deberá ser menor de 40 m/s (NTP 111.011)

Se tendrá en cuenta que la presión atmosférica es de 1,01325 bar.

El gas natural tiene como valor de 0,61 para la densidad relativa (NTP 111.011)

El gas natural tiene como valor de 11,05 KW-h/m^3 para el poder calorífico superior (NTP 111.011)

El factor de simultaneidad es función del número de departamentos. (Tabla 8)

3.3. Datos Iniciales

Los datos iniciales son:

- Potencia total por departamento que es la suma de todos los artefactos que van a utilizar el gas natural que para este caso son: la cocina y la terma que

sumados dan: 22,70 KW.

- El número de departamentos: 60

- El número de pisos por el número de departamentos:

Tabla 11.

Distribución de los departamentos por piso

Piso	Torre	N° de Dptos	Torre	N° de Dptos
2	A	4	B	2
3	A	4	B	2
4	A	4	B	2
5	A	4	B	2
6	A	4	B	2
7	A	4	B	2
8	A	4	B	2
9	A	4	B	2
10	A	4	B	2
11	A	4	B	2

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.4. Metodología del Cálculo

La metodología para el cálculo es la siguiente:

- Calculamos el Caudal de diseño del Multifamiliar Venecia para seleccionar el tipo de regulador que se va a utilizar en la primera y segunda etapa.
- Calculamos el Dimensionamiento de la tubería de la red montante; calculando el diámetro de la tubería por tramos.
- Cálculo de Caudal de diseño.
- Cálculo de la presión absoluta
- Cálculo de la longitud equivalente

- Cálculo de la potencia en cada punto para luego calcular la perdida de carga en cada tramo.
- Verificamos el Cálculo de la velocidad que tiene que ser menor a 40 m/s.
- En el caso de la red montante utilizaremos tuberías de cobre tipo L.
- Luego vamos a calcular el Dimensionamiento de la Línea Individual Interna de cada departamento donde empezamos los cálculos seleccionando el tipo de medidor a utilizar por cada departamento.
- Seguidamente realizamos el cálculo del diámetro para cada departamento por cada tramo el cual tiene un proceso similar al cálculo del dimensionamiento de la red montante**.**
- En el caso del cálculo de la Línea individual interna utilizaremos tuberías de PE AL PE el cual tiene dos diámetros que son los más comunes o los más utilizados (12-16) y (20-25) debido a que esos diámetros son los únicos que circulan en el mercado para las instalaciones internas de gas natural.

3.5. Cálculos de Ingeniería

3.5.1. Selección de regulador de red principal (montante)

- Regulador de Primera Etapa:

De la ecuación (7) y reemplazando los valores tenemos:

$$Q = \frac{P_{Artefactos}}{PCS} = \frac{(10.7 + 12)Kw}{11{,}05\,\frac{Kw - h}{m^3}} = 2{,}05\,m^3/h$$

De la ecuación (11), y viendo la tabla (8) para el valor del factor de simultaneidad; reemplazando los datos tenemos:

$$Q_d = Q_p * N^{\circ}_{dep} * f_s = 2{,}054 * 60 * 0{,}35 = 43{,}14\,m^3/h$$

Tabla 12.

Tipos de reguladores con presión de entrega 340mbar

Presión de entrada: 3 a 4bar	
Presión de salida: 340mbar	
Tipo de Reguladores	Caudal máx.(m^3/h)
B6	6
B10	10
B25	25
B50	50

Nota. Fuente: Flores, 2017

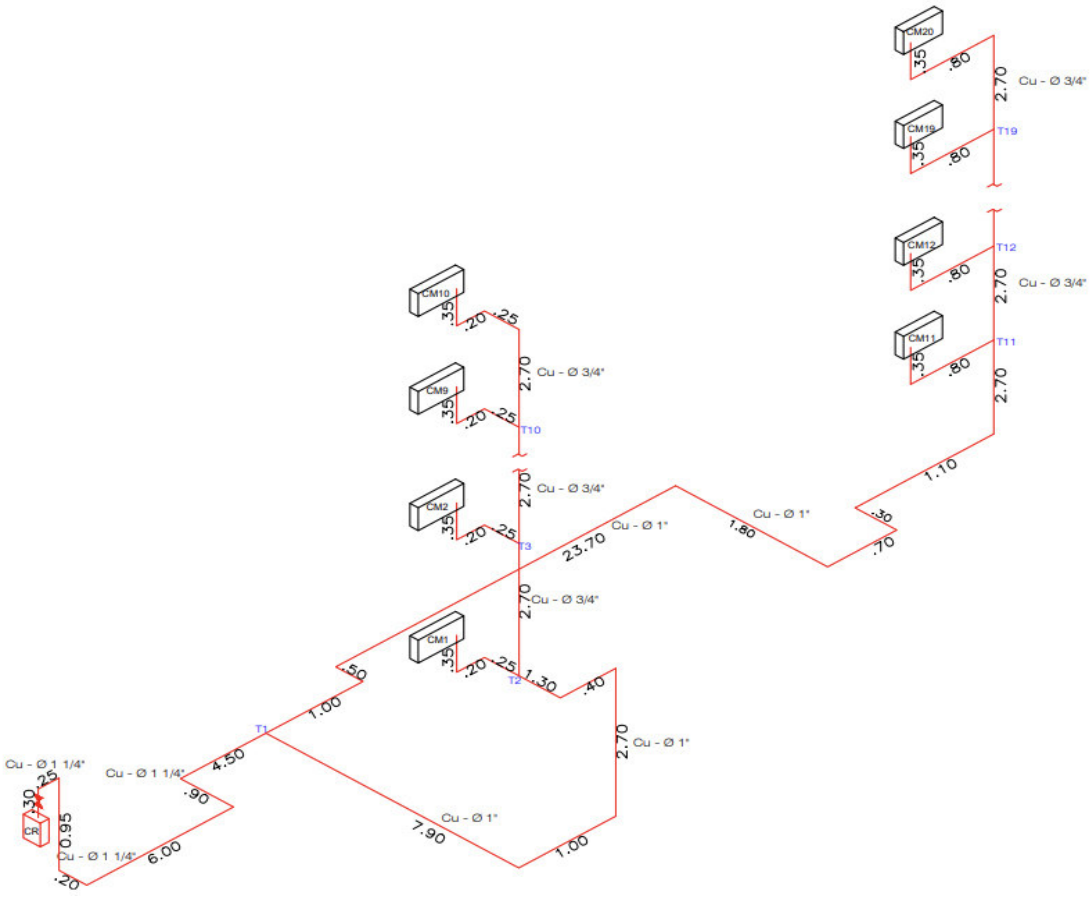
Con el dato del caudal de diseño de la red principal (montante) podemos elegir el tipo de regulador que podemos utilizar, según la tabla 12 en este caso se utiliza el regulador B50 que nos va abastecer un caudal máximo de 50 m^3/h a una presión de 340mbar.

3.5.2. Dimensionamiento de la Tubería Línea Montante

Para el dimensionamiento elegimos el recorrido con altas pérdidas de presión y mayores caudales en la ramificación.

Figura 5.

Línea Montante



Nota. Fuente: Elaboración propia

Pérdida del Punto CR al Punto T1

- **Calculamos el caudal de diseño:**

De la ecuación (11), y viendo la tabla (8) para el valor del factor de simultaneidad; reemplazando los datos tenemos:

$$Q_d = Q_p * N^{\circ}_{dep} * f_s$$

$$Q_d = 2{,}054 * 60 * 0{,}35$$

$$Q_d = 43{,}14\, m^3/h$$

Cálculo de la presión absoluta:

Se sabe:

$P_{atm} = 1{,}01325 bar$ (presión atmosférica)

$P_{man} = 340 mbar = 0{,}34 bar$ (presión otorgada por el regulador)

De la ecuación (8) y reemplazando:

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man}$$

$$P_{abs} = 1{,}01325 + 0{,}34$$

$$P_{abs} = 1{,}35325\ bar$$

- **Cálculo del diámetro:**

Para calcular el diámetro se considera el valor máximo de la velocidad permitida ($V = 40\, m/s$) reemplazando los datos en la ecuación (10) y seleccionando un diámetro superior al resultado.

$$D = \sqrt{\frac{365{,}35 * Q_d}{V * P_{abs}}}$$

$$D = \sqrt{\frac{365{,}35 * 43{,}14}{40 * 1{,}35325}}$$

$$D = 17{,}06 mm$$

Este diámetro obtenido en el cálculo, se tiene que comparar con los diámetros comerciales, entonces se selecciona $D = 32{,}13 mm = 1\ 1/4"$ que es un diámetro superior.

Con este diámetro se verifica la velocidad en la siguiente ecuación (9).

$$V = \frac{365.35 * Q_d}{P_{abs} * D^2}$$

$$V = \frac{365.35 * 43{,}14}{1{,}35325 * 32{,}13^2}$$

$V = 11{,}28\, m/s$

Como la velocidad es menor a $40\, m/s$ se procede a calcular la longitud efectiva del tramo.

- **Cálculo de la Longitud efectiva:**

Donde la $L_f = 13{,}10m$ con accesorios utilizados: 06 codos $90°$; reemplazando en la ecuación (12). Y viendo la tabla (9) para el diámetro $1\ 1/4$ ".

$L_{CR-T1} = L_f + L_{eq} = 13{,}10 + [\sum(Cantidad_{accesorios} \times Factor_{accesorio})]$

$L_{CR-T1} = 13{,}10 + 6(1{,}07)$

$L_{CR-T1} = 19{,}52m$

- **Cálculo de la caída de presión en el tramo:**

Reemplazando en la ecuación (6):

$$P_{T1(abs)} = \sqrt{P_{CR}^2 - 48{,}6 * \rho * L * \frac{Q^{1,82}}{\emptyset^{4,82}}}$$

$$P_{T1(abs)} = \sqrt{(0{,}34 + 1{,}01325)^2 - 48{,}6 * 0{,}61 * 19{,}52 * \frac{43{,}14^{1,82}}{32{,}13^{4,82}}}$$

$P_{T1(abs)} = 1{,}34218bar$

Tenemos:

$P_{T1(man)} = P_{T1(abs)} - P_{atm}$

$P_{T1(man)} = 1{,}34218 - 1{,}01325 = 0{,}328bar$

$P_{T1(man)} = 328{,}93mbar$

De acá se obtiene la caída de presión:

$\Delta P_{CR-T1} = P_{CR} - P_{T1}$

$\Delta P_{CR-T1} = 340 - 328{,}93$

$\Delta P_{CR-T1} = 11{,}07mbar$

Ahora con estos datos vamos a calcular la Velocidad (V), reemplazando en la siguiente ecuación (9)

$$V = \frac{365{,}35 * Q_d}{P_{abs} * D^2}$$

$$V = \frac{365{,}35 * 43{,}14}{1{,}34218 * 32{,}13^2}$$

$$V = 11{,}38\, m/s$$

Se valida que la velocidad sea menor a $40\, m/s$.

Pérdida tramo del Punto T1 al Punto T2

Como ya se conoce el diámetro de la tubería del punto CR hasta el punto T1, se procede a calcular el diámetro en el tramo de T1 a T2.

- **Calculamos el caudal de diseño:**

De la Ecuación (11) y de la tabla (8) para 40 departamentos y reemplazando valores se tiene:

$$Q_d = Q_p * N^{\circ}_{dep} * f_s$$

$$Q_d = 2{,}054 * 40 * 0{,}40$$

$$Q_d = 32{,}87\, m^3/h$$

- **Cálculo de la presión absoluta:**

Se sabe que la presión absoluta en el punto T1 es:

$$P_{T1(abs)} = 1{,}34218\, bar$$

- **Cálculo del diámetro:**

Para calcular el diámetro se considera el valor máximo de la velocidad permitida $(V = 40\, m/s)$ reemplazando los datos en la ecuación (10) y seleccionando un diámetro superior al resultado.

$$D = \sqrt{\frac{365{,}35 * Q_d}{V * P_{abs}}}$$

$$D = \sqrt{\frac{365{,}35 * 32{,}87}{40 * 1{,}34218}}$$

$$D = 14{,}95mm$$

Este diámetro obtenido en el cálculo, se tiene que comparar con los diámetros comerciales, entonces se selecciona $D = 26{,}04mm = 1$ " que es un diámetro superior.

Con este diámetro se verifica la velocidad en la siguiente ecuación (9).

$$V = \frac{365{,}35 * Q_d}{P_{abs} * D^2}$$

$$V = \frac{365{,}35 * 32{,}87}{1{,}34218 * 26{,}04^2}$$

$$V = 13{,}37\, m/s$$

Como la velocidad es menor a $40\, m/s$ se procede a calcular la longitud efectiva del tramo.

- **Cálculo de la Longitud efectiva:**

Donde la $L_f = 13{,}30m$, con accesorios utilizados: 04 codos $90°$ y 01 Tee 90°; reemplazando en la ecuación (12). Y viendo la tabla (9) para el diámetro 1 ".

$$L_{T1-T2} = L_f + L_{eq}$$

$$L_{T1-T2} = 13{,}30 + [\sum(Cantidad_{accesorios} \times Factor_{accesorio})]$$

$$L_{T1-T2} = 13{,}30 + [4 * 0.76 + 1 * 1{,}52]$$

$$L_{T1-T2} = 17{,}86m$$

- **Cálculo de la caída de presión en el tramo:**

Reemplazando en la ecuación (6)

$$P_{T2(abs)} = \sqrt{P^2_{T1(abs)} - 48{,}6 * \rho * L * \frac{Q^{1{,}82}}{\emptyset^{4{,}82}}}$$

$$P_{T2(abs)} = \sqrt{(1{,}34218)^2 - 48{,}6 * 0{,}61 * 17{,}86 * \frac{32{,}87^{1{,}82}}{26{,}04^{4{,}82}}}$$

$$P_{T2(abs)} = 1{,}325 bar$$

Tenemos:

$$P_{T2(man)} = P_{T2(abs)} - P_{atm}$$

$$P_{T2(man)} = 1{,}325 - 1{,}01325 = 0{,}31175 \text{ bar}$$

$$P_{T2(man)} = 311{,}75\ mbar$$

De acá se obtiene la caída de presión:

$$\Delta P_{T1-T2} = P_{T1} - P_{T2}$$

$$\Delta P_{T1-T2} = 328{,}93 - 311{,}75$$

$$\Delta P_{T1-T2} = 17{,}18\ mbar$$

Ahora con estos datos se pasa a calcular la Velocidad (V), reemplazando en la siguiente ecuación (9)

$$V = \frac{365{,}35 * Q_d}{P_{abs} * D^2}$$

$$V = \frac{365{,}35 * 32{,}87}{1{,}325 * 26{,}04^2}$$

$$V = 13{,}37\, m/s$$

Se valida que la velocidad sea menor a $40\, m/s$.

Pérdida del Punto T2 al Punto T3

Como ya se conoce el diámetro de la tubería del punto T1 hasta el punto T2, se procede a calcular el diámetro en el tramo de T2 a T3.

De la Ecuación (11) y la tabla (8) para 36 departamentos y reemplazando valores se tiene:

$$Q_d = Q_p * N^{\circ}_{dep} * f_s$$

$$Q_d = 2{,}054 * 36 * 0{,}40$$

$Q_d = 29{,}58\, m^3/h$

- **Cálculo de la presión absoluta:**

Se sabe que la presión absoluta en el punto T2 es:

$P_{T2(abs)} = 1{,}325\ bar$ (absoluta)

- **Cálculo del diámetro:**

Para calcular el diámetro se considera el valor máximo de la velocidad permitida ($V = 40\, m/s$) reemplazando los datos en la ecuación (10) y se selecciona un diámetro superior al resultado.

$$D = \sqrt{\frac{365{,}35 * Q_d}{V * P_{abs}}}$$

$$D = \sqrt{\frac{365{,}35 * 29{,}58}{40 * 1{,}325}}$$

$D = 14{,}28mm$

Este diámetro obtenido en el cálculo, se tiene que comparar con los diámetros comerciales, entonces se selecciona $D = 19{,}95mm = 3/4$ " que es un diámetro superior.

Con este diámetro se verifica la velocidad en la siguiente ecuación (9)

$$V = \frac{365{,}35 * Q_d}{P_{abs} * D^2}$$

$$V = \frac{365{,}35 * 29{,}58}{1{,}325 * 19{,}95^2}$$

$V = 20{,}49\, m/s$

Como la velocidad es menor a $40\, m/s$ se procede a calcular la longitud efectiva del tramo.

- **Cálculo de la Longitud efectiva:**

Donde la $L_f = 2{,}70m$, con accesorios utilizados: 01 Tee 90°; reemplazando en la ecuación (12). Y viendo la tabla (9) para el diámetro $3/4$ ".

$$L_{T3-T2} = L_f + L_{eq} = 2{,}70 + [\sum(Cantidad_{accesorios} \times Factor_{accesorio})]$$

$$L_{T3-T2} = 2{,}70 + 1 * 1.22$$

$$L_{T3-T2} = 3{,}92m$$

- **Cálculo de la caída de presión en el tramo:**

Reemplazando en la ecuación (6):

$$P_{T3(abs)} = \sqrt{P_{T2(abs)}^2 - 48{,}6 * \rho * L * \frac{Q^{1,82}}{\emptyset^{4,82}}}$$

$$P_{T3(abs)} = \sqrt{(1{,}325)^2 - 48{,}6 * 0{,}61 * 3{,}92 * \frac{29{,}58^{1,82}}{19{,}95^{4,82}}}$$

$$P_{T3(abs)} = 1{,}314bar$$

Tenemos:

$$P_{T3(man)} = P_{T3(abs)} - P_{atm}$$

$$P_{T3(man)} = 1{,}314 - 1{,}01325 = 0{,}30075 \text{ bar}$$

$$P_{T3(man)} = 300{,}75\ mbar$$

De acá obtenemos la caída de presión:

$$\Delta P_{T2-T3(man)} = P_{T2(man)} - P_{T3(man)}$$

$$\Delta P_{T2-T3(man)} = 311{,}75 - 300{,}75$$

$$\Delta P_{T2-T3(man)} = 11{,}36\ mbar$$

Ahora con estos datos vamos a calcular la Velocidad (V), reemplazando en la siguiente ecuación (9):

$$V = \frac{365{,}35 * Q_d}{P_{abs} * D^2}$$

$$V = \frac{365{,}35 * 29{,}58}{1{,}314 * 19{,}95^2}$$

$$V = 20{,}67\, m/s$$

Se valida que la velocidad sea menor a $40\, m/s$.

De acá en adelante, el criterio a desarrollar es el mismo para todos los tramos y en forma resumida en la tabla (13), donde se concluye todos los cálculos requeridos para determinar el diámetro de tubería de toda la red Montante.

$$\Delta P_{Total} = \Delta P_{CR-T1} + \Delta P_{T1-T2} + \Delta P_{T2-T3} + \Delta P_{T3-T4} + \dots\dots\dots + \Delta P_{T9-T10} + \Delta P_{T10-CM10}$$

$$\Delta P_{Total} = 11{,}07mbar + 17{,}18mbar + 11{,}36mbar + \cdots + 0{,}74mbar + 0{,}56mbar$$

$$\Delta P_{Total} = 65{,}35mbar$$

Entonces de acá podemos concluir que la ΔP_{Total} es menor al 30% de la presión de entrada permisible (340mbar); es decir:

65,35 mbar < 102 mbar

Tabla 13.

Cálculos de la línea montante (Excel)

Centro de Medición	Tramo	# Inst.	P (Kw)	LR(m)	Q(M3/h)	Codo 90°	Codo 45°	Tee a 180°	Tee a 90°	L(Equiv) (m)	L total (m)	D(plg)	D(mm)	pi (mbar)	pf (mbar	Velocidad (m/s)	Δp (mbar)	Presión Final (mbar)
CM10	S22 - T1	60	476.70	13.10	43.14	6	0	0	0	6.42	19.52	1 1/4" Cu	32.130	340.000	328.934	11.38	11.07	274.65
	T1 - T2	40	363.20	13.30	32.87	4	0	0	1	4.56	17.86	1" Cu	26.040	328.934	311.757	13.37	17.18	
	T2 - T3	36	326.88	2.70	29.58	0	0	0	1	1.22	3.92	3/4" Cu	19.950	311.757	300.396	20.67	11.36	
	T3 - T4	32	290.56	2.70	26.30	0	0	1	0	0.43	3.13	3/4" Cu	19.950	300.396	293.023	18.48	7.37	
	T4 - T5	28	254.24	2.70	23.01	0	0	1	0	0.43	3.13	3/4" Cu	19.950	293.023	287.211	16.24	5.81	
	T5 - T6	24	217.92	2.70	19.72	0	0	1	0	0.43	3.13	3/4" Cu	19.950	287.211	282.803	13.97	4.41	
	T6 - T7	20	181.60	2.70	16.43	0	0	1	0	0.43	3.13	3/4" Cu	19.950	282.803	279.631	11.67	3.17	
	T7 - T8	16	145.28	2.70	13.15	0	0	1	0	0.43	3.13	3/4" Cu	19.950	279.631	277.514	9.35	2.12	
	T8 - T9	12	122.58	2.70	11.09	0	0	1	0	0.43	3.13	3/4" Cu	19.950	277.514	275.957	7.90	1.56	
	T9 - T10	8	81.72	2.70	7.40	0	0	1	0	0.43	3.13	3/4" Cu	19.950	275.957	275.212	5.27	0.74	
	T10 - CM10	4	49.94	3.50	4.52	3	0	1	0	2.26	5.76	3/4" Cu	19.950	275.212	274.653	3.22	0.56	
	Caida de presión acumulada																65.35	APROBADO

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Selección de regulador y medidor de la red individual

- Regulador de Segunda Etapa:

De la ecuación (7) y reemplazando los valores se tiene:

$$Q_p = \frac{P_{Artefactos}}{P_c} = \frac{(10.7+12)Kw}{11{,}05\frac{Kw-h}{m^3}} = 2{,}05\, m^3/h$$

De la ecuación (11), y viendo la tabla (8) para el valor del factor de simultaneidad; reemplazando los datos se tiene:

Para el caso de N° dep = 2 en simultaneidad:

$$Q_d = Q_p * N^{\circ}_{dep} * f_s = 2{,}054 * 2 * 0{,}7 = 2{,}87\ \ m^3/h$$

Para el caso de N° dep = 4 en simultaneidad:

$$Q_d = Q_p * N^{\circ}_{dep} * f_s = 1{,}936 * 4 * 0{,}55 = 4{,}52\ \ m^3/h$$

Tabla 14.

Tipos de Reguladores con presión de entrega 23mbar

Presión de entrada: 50 a 340mbar	
Presión de salida: 23mbar	
Tipo de Reguladores	Caudal máx.(m^3/h)
B6	6
B10	10

Ahora con los datos del caudal de diseño para las redes individuales se puede elegir el tipo de regulador que será instalado en cada Centro de Medición (CM), según la tabla 14 en este caso se utiliza el regulador B6 que nos va abastecer un caudal máximo de 6 m^3/h a una presión de 23mbar.

Tabla 15.

Tipos de Medidores con presión de entrada 23mbar

Presión mbar	23 mbar	
Caudal m^3/h	Min.	Max.
Tipo de Medidores	Diafragma	
G 1,6	1,6	2,5
G 4	4	6
G 6	6	10
G 10	10	16
G 16	16	25
G 25	25	40
G 40	40	65
G 65	65	100
G 100	100	160

Nota. Fuente: Metrex S.A. 2019

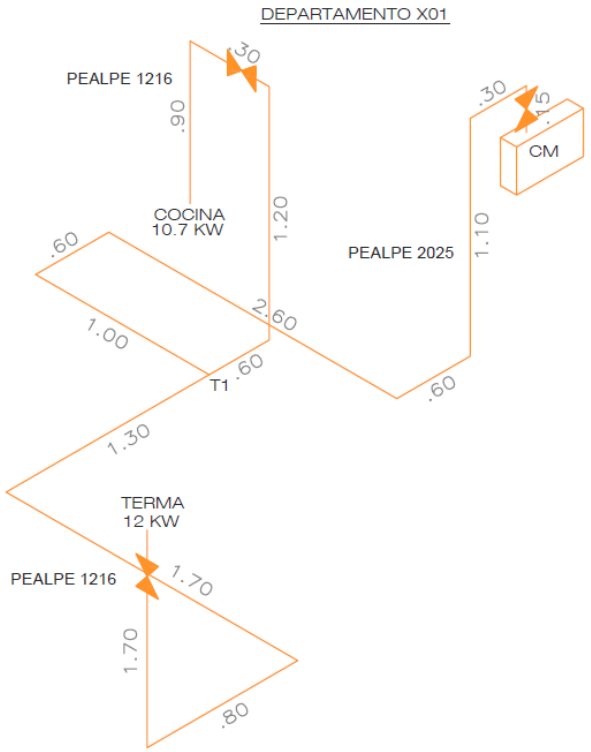
Para seleccionar el medidor por cada red individual a una presión de 23 mbar se debe considerar los caudales de $2{,}05\,m^3/h$ y $2{,}87\ m^3/h$, entonces recurrimos a la tabla 15 y se selecciona el medidor G-4 que tiene una capacidad máxima de $6\,m^3/h$.

3.5.4. Dimensionamiento de la Tubería de la Línea Individual

Para el dimensionamiento se toma el recorrido del CM1 al punto de Terma, la cual es la más larga y mayor caudal.

Figura 6.

Línea Individual



Nota. Fuente: Elaboración propia

Pérdida del Punto Centro de Medición (CM1) al Punto T1

- **Calculamos el caudal de diseño individual:**

De la ecuación (7) y reemplazando los valores se tiene:

$$Q_p = \frac{P_{Artefactos}}{PCS} = \frac{(10.7+12)Kw}{11{,}05\frac{Kw-h}{m^3}} = 2{,}05\, m^3/h$$

- **Cálculo de la presión absoluta:**

Se sabe:

$P_{atm} = 1{,}01325 bar$ (presión atmosférica)

$\Delta P_{CM} = 1{,}5 \mathrm{m} bar = 0{,}0015 bar$ (presión de pérdida de medidor)

$P_{man} = 23 mbar = 0{,}023 bar$ (presión otorgada por el regulador de segunda etapa)

De la ecuación (8) y reemplazando:

$P_{abs} = P_{atm} + P_{man} - \Delta P_{CM}$

$P_{abs} = 1{,}01325 + 0{,}023 - 0{,}0015$

$P_{abs} = 1{,}03475 \ bar$

- **Cálculo del diámetro:**

Para calcular el diámetro se considera el valor máximo de la velocidad permitida ($V = 40\, m/s$) reemplazando los datos en la ecuación (10) y se selecciona un diámetro superior al resultado.

$$D = \sqrt{\frac{365{,}35 * Q_d}{V * P_{abs}}}$$

$$D = \sqrt{\frac{365{,}35 * 2{,}05}{40 * 1{,}03475}}$$

$D = 4{,}25 mm$

Entonces se selecciona $D = 20 mm$ según la tabla (5) que es el diámetro interior de PE AL PE 2025, es el diámetro de tubería más frecuente que se usa para el inicio de las redes individuales.

- **Cálculo de la Longitud efectiva:**

Donde la $L_f = 6{,}35 m$ con accesorios utilizados: 06 codos $90°$; reemplazando en la ecuación (12). Y viendo la tabla (10) para el diámetro $D = 20 mm$.

$$L_{CM-T1} = L_f + L_{eq} = 6{,}35 + [\sum(Cantidad_{accesorios} \times Factor_{accesorio})]$$

$$L_{CM-T1} = 6{,}35 + 6(0{,}61)$$

$$L_{CM-T1} = 10{,}01m$$

- **Cálculo de la caída de presión del Punto CM1 al Punto T1:**

Reemplazando en la ecuación (2)

$$\Delta P = \left(\frac{L}{\emptyset^5}\right)\left(\frac{PCT}{(Coeficiente) * K}\right)^2$$

$$\Delta P_{CM1-T1} = \left[\frac{10{,}01}{(\frac{20}{10})^5}\right]\left[\frac{\left(22{,}70Kw * \frac{0{,}859845\frac{Mcal}{h}}{1Kw}\right)}{0{,}0011916 * 1800}\right]^2$$

$$\Delta P_{CM1-T1} = 25{,}90Pa$$

Si: $1Pa = 0.01mbar$, convirtiendo:

$$\Delta P_{CM-T1} = 0{,}26mbar$$

También se obtiene la presión final en el punto T1:

$$\Delta P_{(CM-T1)man} = P_{CM} - P_{T1}$$

$$P_{(T1)man} = P_{CM} - \Delta P_{CM-T1}$$

$$P_{(T1)man} = 21{,}5 - 0{,}26$$

$$P_{(T1)man} = 21{,}24mbar$$

Ahora con estos datos vamos a calcular la Velocidad (V) final en el Punto T1, reemplazando en la siguiente ecuación (9)

$$V = \frac{365.35 * Q_d}{P_{abs} * D^2}$$

$$V = \frac{365.35 * 2.05}{(0.02124+1{,}01325) * 20^2}$$

$$V = 1{,}81\, m/s$$

Se valida que la velocidad sea menor a $40\, m/s$.

Pérdida del Punto T1 al Punto TER (terma)

- **Calculamos el caudal de diseño individual:**

De la ecuación (7) y reemplazando los valores se tiene:

$$Q_p = \frac{P_{Artefactos}}{PCS} = \frac{12Kw}{11{,}05\frac{Kw-h}{m^3}} = 1{,}09\, m^3/h$$

- **Cálculo de la presión absoluta**

Se sabe que la presión absoluta en el punto T1 es:

$$P_{T1(abs)} = P_{T1(man)} + P_{atm}$$

$$P_{T1(abs)} = 0{,}02124 + 1{,}01325$$

$$P_{T1(abs)} = 1{,}0345$$

- **Cálculo del diámetro:**

Para calcular el diámetro se considera el valor máximo de la velocidad permitida ($V = 40\, m/s$) reemplazando los datos en la ecuación (10) y se selecciona un diámetro superior al resultado.

$$D = \sqrt{\frac{365{,}35 * Q_d}{V * P_{abs}}}$$

$$D = \sqrt{\frac{365{,}35 * 1{,}09}{40 * 1{,}0345}}$$

$$D = 3{,}10mm$$

Entonces se selecciona $D = 12mm$ según la tabla (5) que es el diámetro interior de PE AL PE 1216, es el diámetro de tubería más frecuente que se usa para las derivaciones como: cocinas, termas, secadoras, etc.

- **Cálculo de la Longitud efectiva:**

Donde la $L_f = 5{,}50m$ con accesorios utilizados: 03 codos 90° y 01 Tee 90°;

reemplazando en la ecuación (12). Y viendo la tabla (10) para el diámetro $D = 12mm$.

$$L_{T1-TER} = L_f + L_{eq} = 5{,}50 + [\sum(Cantidad_{accesorios} \times Factor_{accesorio})]$$

$$L_{T1-TER} = 5{,}50 + 3(0{,}46) + 1(0{,}92)$$

$$L_{T1-TER} = 7{,}80m$$

- **Cálculo de la caída de presión del Punto CM1 al Punto T1:**

Reemplazando en la ecuación (2)

$$\Delta P = \left(\frac{L}{\emptyset^5}\right)\left(\frac{PCT}{(Coeficiente) * K}\right)^2$$

$$\Delta P_{T1-TER} = \left[\frac{7{,}80}{(\frac{12}{10})^5}\right]\left[\frac{\left(12Kw * \frac{0{,}859845\frac{Mcal}{h}}{1Kw}\right)}{0{,}0011916 * 1800}\right]^2$$

$$\Delta P_{T1-TER} = 72{,}54Pa$$

Si: $1Pa = 0.01mbar$, convirtiendo:

$$\Delta P_{T1-TER} = 0{,}72mbar$$

También se obtiene la presión final en el punto TER (terma):

$$\Delta P_{(T1-TER)man} = P_{T1} - P_{TER}$$

$$P_{(TER)man} = P_{T1} - \Delta P_{T1-TER}$$

$$P_{(TER)man} = 21{,}24 - 0{,}72$$

$$P_{(TER)man} = 20{,}52mbar$$

Entonces de acá podemos concluir que la $P_{(TER)man}$ esta en el rango máximo permisible:

18mbar **< 20,52mbar** < 23mbar

Tabla 16.

Cálculos de la línea individual (Excel)

CALCULOS DE LA RED INDIVIDUAL(PE-AL-PE)																		
Artefacto	Tramo	P (Kw)	LR(m)	Q(M3/h)	Codos 90°	Codos 45°	Tee a 180°	Tee a 90°	L(Equi) (m)	L total (m)	D (nominal)	D(mm)	factor fricción	Pi (mbar)	Pf(mbar)	Velocidad (m/s)	Δp (mbar)	Presión Final
COCINA	CM - T1	22.70	6.35	2.05	6	0	0	0	3.66	10.01	(20-25)	20.00	1800.00	21.50	21.24	1.81	0.259	20.85
	T1 - COC	10.70	3.00	0.97	3	0	0	1	2.30	5.30	(12-16)	12.00	1800.00	21.24	20.84	2.38	0.392	
	Caida de presión acumulada																0.651	APROBADO
TERMA	CM - T1	22.70	6.35	2.05	6	0	0	0	3.66	10.01	(20-25)	20.00	1800.00	21.50	21.24	1.81	0.259	20.52
	T1 - TER	12.00	5.50	1.09	3	0	0	1	2.30	7.80	(12-16)	12.00	1800.00	21.24	20.50	2.67	0.725	
	Caida de presión acumulada																0.984	APROBADO

Nota. Fuente: Elaboración propia

Ahora con estos datos se va a calcular la Velocidad (V) final en el Punto TER (terma), reemplazando en la siguiente ecuación (9)

$$V = \frac{365.35 * Q_d}{P_{abs} * D^2}$$

$$V = \frac{365.35 * 1{,}09}{(0.02052+1{,}01325) * 12^2}$$

$$V = 2{,}67\, m/s$$

Se valida que la velocidad sea menor a $40\, m/s$.

3.5.5. Determinación del ducto de evacuación de monóxido

Para la determinación del ducto de evacuación es función de la potencia, se obtiene de la Tabla 3 líneas arriba.

Potencia = 12KW

Diámetro mínimo de espiga = $110mm$

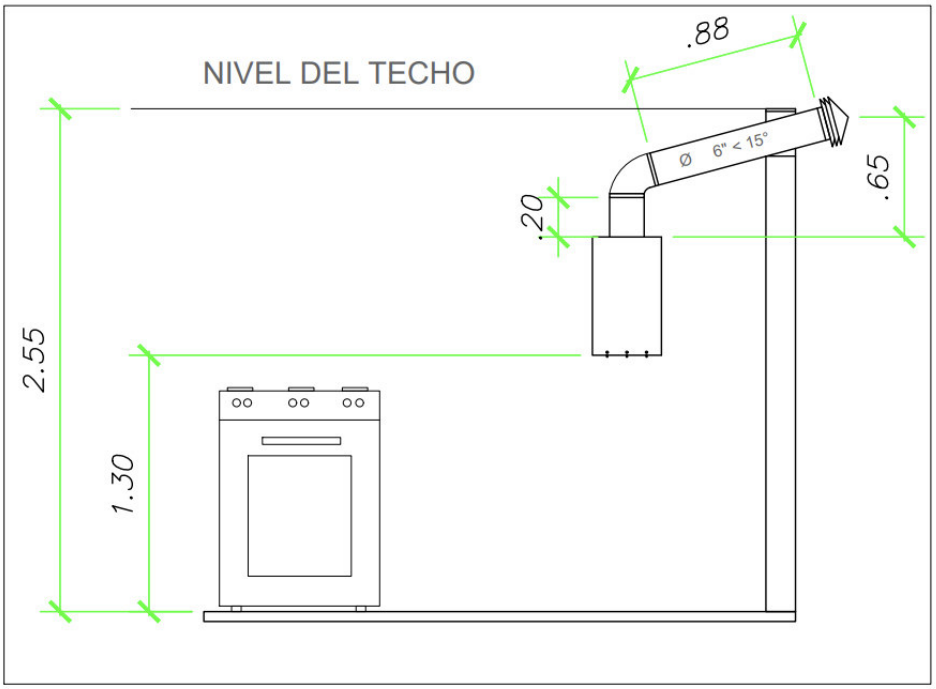
Este diámetro determinado muchas veces no coincide con diámetros comercial por lo que se tiene que llevar al diámetro superior comercial, entonces seleccionamos $D =$

$127mm = 5"$ que es un diámetro superior.

Para los cálculos se optará las siguientes medidas que es el diseño más típico y recomendado:

Figura 7.

Medidas del ducto de evacuación proyectado



Nota. Fuente: Elaboración propia

Para aplicar los valores de la Tabla 4 se obtiene:

$r = [0{,}85 * (\mathrm{P2}/\mathrm{P1})]$

Donde:

r : factor

P1: presión atmosférica a nivel del mar(mbar)

P2: presión atmosférica en el sitio de la instalación(mbar)

Para el cálculo se asume una P2 = 752 mbar de modo que los puntos unitarios por

$r = [0{,}85 * (752/1{,}013.25)]$

$r = 0{,}60$

Entonces ganancia de cota se afecta por 0,60.

Punto unitario por ganancia de cota = valor tomado de la tabla * factor r.

Punto unitario por ganancia de cota = 1 * 0,6

Punto unitario por ganancia de cota = 0,6ptos

	Puntos negativos	**Puntos positivos**	**Valorización global**
Ganancia de cota = H = 65 cm 65 cm * (0,6ptos / cada 10 cm)		3,9	
Componentes del conector			
Codo mayor que 45° y no superior a 90° (vertical – horizontal): 1(codo) x -2ptos	-2,0		
Codo mayor que 45° y no superior a 90° (horizontal - vertical): 0(codo) x -0.3ptos	0		
Sombrerete o deflector	-0,3		
Longitud de tramos rectos del conector (20+88) cm x -0.5ptos / 100 cm	-0,54		
Total Puntos	**-2,84**	**3,9**	**+1,06**

El valor resultante (+1,06) es mayor que el valor mínimo requerido (+1) por lo tanto se acepta el ducto propuesto.

3.5.6. Cálculo de ventilaciones

Para el cálculo del sistema de ventilación, se realiza de acuerdo a la EM-040 Norma técnica de Edificación, según los conceptos que se detallan a continuación:

Tabla 17.

Tabla de requerimientos de ventilación

10.1.3	**Requerimientos mínimos adicionales de aberturas permanentes o/y aires para ventilación.**
	"En caso de edificaciones nuevas, sin proyecto constructivo aprobado a la fecha de la dación de la presente norma, se deberá considerar obligatoriamente en el diseño arquitectónico de las áreas de lavandería y/o cocina la existencia de una abertura inferior y otra superior para ventilación, ambas permanentes y con acceso al exterior de la edificación, es decir, con acceso a la atmósfera exterior, a un patio de ventilación o a un ambiente abierto hacia el exterior." (NORMA TECNICA DE EDIFICACION EM.040 INSTALACIONES DE GAS, pág. 10) "El lado inferior de la abertura inferior, así como el lado superior de la abertura superior estarán ubicados como máximo a los 30cm sobre el nivel del piso y del techo terminado respectivamente con un área mínima total de 280 cm^2 y cuyo lado mínimo será de 8cm" (NORMA TECNICA DE EDIFICACION EM.040 INSTALACIONES DE GAS)
10.2.2.2	**Comunicación directa con el exterior**
	"Se utilizan dos aberturas permanentes, una superior y una inferior, cada una con un área libre obtenida de multiplicar 6 cm^2 por cada kW de potencia nominal agregada o conjunta de los artefactos a gas instalados en dicho espacio interior. Por seguridad el área libre mínima de cada abertura será de 100 cm^2" (NORMA TECNICA DE EDIFICACION EM.040 INSTALACIONES DE GAS).

En el proyecto contamos con los siguientes departamentos típicos y sus áreas respectivas del ambiente de cocina:

Departamento	Área
X01	8,73m^2
X02	8,73m^2
X03	8,11m^2
X04	8,11m^2
X05	8,42m^2
X06	8,42m^2

- **Cálculo para tipo de espacio:**

Dpto. X01:

$Vol = Área * Altura$

$\frac{Vol}{P_n} < 4{,}8\, m^3/kw$

Donde:

Vol: Volumen (m^3)

P_n: Potencia (KW)

Hallamos el volumen:

Vol Dpto. X01 = 8,73m^2 * 2,55m

Vol Dpto. X01 = 22,26m^3

$\frac{22{,}26m^3}{22{,}70KW} = 0{,}98\, m^3/kw < 4{,}8\, m^3/kw$ → **Espacio confinado**

En este caso usaremos el desconfinamiento para Edificaciones nuevas.

$Área\ mínima\ efectiva = P_n * 6\, cm^2/kw = 22{,}7kw * 6\, cm^2/kw = 136{,}20cm^2$

Como debemos cumplir con el área mínima efectiva ventilación de 280cm^2 según la EM-040, se empleará rejillas de 20cm*25cm que cuentan con un área efectiva de ventilación de 300cm^2.

Dpto. X03:

$Vol = Área * Altura$

Vol Dpto. X03 = 8,11m^2 * 2,55m

Vol Dpto. X03 = 20,68m^3

$\frac{20{,}68m^3}{22{,}70KW} = 0{,}91\, m^3/kw < 4{,}8\, m^3/kw$ → **Espacio confinado**

En este caso usaremos el desconfinamiento para Edificaciones nuevas.

$Área\ mínima\ efectiva = P_n * 6\, cm^2/kw = 22{,}7kw * 6\, cm^2/kw = 136{,}20cm^2$

Como debemos cumplir con el área mínima efectiva ventilación de 280cm^2 según la EM-040, se empleará rejillas de 20cm*25cm que cuentan con un área efectiva de ventilación de 300cm^2.

A continuación, se presentan los cálculos y resultados para el sistema de ventilación en la Tabla (18).

Tabla 18.

Cálculo de ventilaciones (Excel)

CÁLCULO DE LAS VENTILACIONES

Potencia Total:	22,70 KW
Altura del ambiente:	2,55m
Ventilación directa al exterior:	6 cm2/kW
Ventilación directa al interior:	22 cm2/kW
Área mínima efectiva:	280cm2

AMBIENTE:		COCINA						
DPTOS	ÁREA (m2)	VOLUMEN (m3)	CONFINADO m3/kW < 4,8		ÁREA DE VENTILACIÓN EFECTIVA (cm2)	VENTILACIÓN	VENTILACIÓN SUPERIOR	VENTILACIÓN INFERIOR
TIPICO 201 @ 1101	8,73	22,26	0,98	SI	136,20	EXTERIOR	300cm2	300cm2
TIPICO 202 @ 1102	8,73	22,26	0,98	SI	136,20	EXTERIOR	300cm2	300cm2

AMBIENTE:		COCINA						
DPTOS	ÁREA (m2)	VOLUMEN (m3)	CONFINADO m3/kW < 4,8		ÁREA DE VENTILACIÓN EFECTIVA (cm2)	VENTILACIÓN	VENTILACIÓN SUPERIOR	VENTILACIÓN INFERIOR
TIPICO 203 @ 1103	8,11	20,68	0,91	SI	136,20	EXTERIOR	300cm2	300cm2
TIPICO 204 @ 1104	8,11	20,68	0,91	SI	136,20	EXTERIOR	300cm2	300cm2

AMBIENTE:		COCINA						
DPTOS	ÁREA (m2)	VOLUMEN (m3)	CONFINADO m3/kW < 4,8		ÁREA DE VENTILACIÓN EFECTIVA (cm2)	VENTILACIÓN	VENTILACIÓN SUPERIOR	VENTILACIÓN INFERIOR
TIPICO 205 @ 1105	8,42	21,47	0,96	SI	136,20	EXTERIOR	300cm2	300cm2
TIPICO 206 @ 1106	8,42	21,47	0,96	SI	136,20	EXTERIOR	300cm2	300cm2

Nota. Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

- En los análisis realizados en la tabla (13) se observa que el Dimensionamiento Mínimo de la tubería Montante de cobre para poder abastecer el caudal de diseño del Edificio Venecia debe ser de 1 1/4"; con pequeñas derivaciones de tramos de 1” y 3/4” hacia cada centro de medición.

- En este diseño se pudo utilizar un regulador B50 ya que el caudal de diseño es 43,14 m^3/h para la línea montante y un regulador B6 para los caudales de diseño 2,87 m^3/h y 4,52 m^3/h.

- Con el dimensionamiento de 1 1/4" de la tubería Montante se observa que la máxima caída de presión es menor al 30% de la presión inicial.

- En la tabla (13) podemos observar que las velocidades son menores a 40 m/s.

- El diseño arquitectónico del piso 2 al piso 11 son los mismos por lo tanto se presentará el diseño de la red individual de cada departamento de estos pisos de forma típica.

- Se instaló un medidor G4 que tiene la capacidad máxima de 6 m^3/h.

Tabla 19.

Resumen de resultados

Caudal de diseño para la red montante:	43,14 m^3/h
Regulador para la red montante:	B50 (presión entrada: 4bar y presión salida: 340mbar)
Diámetros para la red montante y ramificaciones:	Tubería Cu 1 1/4", 1" y 3/4"
Caudal de diseño para la red individual:	2,87 m^3/h y 4,52 m^3/h
Regulador para la red individual:	B6 (presión entrada: 340bar y presión salida: 23mbar)
Tipo de medidor para la red individual:	G4 (capacidad máxima de 6 m^3/h)
Diámetros para la red individual:	Tubería PE AL PE 2025 (3/4") y 1216 (1/2")

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2. Discusión

Para realizar el dimensionamiento se utilizó las fórmulas de Renouard Cuadrática y Pole, en concordancia con la normativa NTP 111.011 donde indica el uso de las fórmulas descritas en cuanto a diseño, construcción y seguridad del sistema de tuberías de instalaciones residenciales permite una confiabilidad en el sistema dimensionado.

La norma EM 040 también se utilizó para calcular el diámetro de los ductos de evacuación y las rejillas de ventilación de los ambientes donde se encuentran los equipos de gas.

El diámetro calculado en el primer tramo de la montante de cobre fue el mínimo, a partir de este, se empezó a iterar la fórmula de Renouard cuadrática y validar los resultados de los diámetros asumidos con la fórmula de la velocidad.

Para seleccionar los diámetros de la tubería montante e individual hemos tenido que adecuarnos a los diámetros establecidos en el mercado peruano.

El dimensionamiento de las tuberías ha sido calculado basándose en la similitud de las casuísticas presentadas durante los años de experiencia en este tipo de instalaciones a edificios multifamiliares, apoyándonos básicamente de la normativa peruana NTP 111.011 y las directivas de Calidda (concesionario), obteniendo resultados satisfactorios que abastecerán óptimamente con gas natural a cada artefacto en cantidad, presión y calidad en condiciones seguras.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El dimensionamiento de las tuberías para el abastecimiento de gas natural al edificio multifamiliar Venecia en el distrito de Breña de la ciudad de Lima, se dispondrá de la siguiente forma:

- El caudal total de dotación de todo el edificio (Torre A – Torre B) es de 43,14m^3/h, y la dotación individual de cada departamento será de 2,05m^3/h, para la determinación de estos cálculos se consideraron los factores de simultaneidad.

- Se determino que para el caudal requerido se deberá instalar un regulador B50 antes de llegar a los medidores “primera etapa de regulación”, con la finalidad de reducir la presión de llegada a una presión de 340mbar para la línea montante.

- El diámetro que conducirá el caudal demandado por el edificio, “montante”, la tubería principal será de 1 1/4”, los tramos de derivación primaria hacia la Torre A y Torre B será de 1”, los tramos secundarios tubería montante de la Torre A - Torre B y los ramales al regulador de cada piso será de 3/4”. El tipo de material y calidad para toda la instalación será de cobre tipo L, incluyendo los accesorios codos, uniones, reducciones, tee y otros.

- Para la distribución interior “segunda etapa” se requiere de la instalación de un regulador B6 hasta una presión de 23mbar, en cada línea individual de cada departamento, se instalará un medidor G4 individual de caudal máximo de lectura de 6m3/h, para determinar el consumo por cada departamento.

- La tubería desde el punto de medición individual hasta el interior del departamento será de 3/4", luego hacia los artefactos será de 1/2"; el tipo de material y calidad para toda la instalación será de PE AL PE, incluyendo los accesorios codos, uniones, reducciones, tee y otros.

- Para la evacuación de gases por ductos se realizará a través de chimeneas metálicas con diámetro de 5” con una ganancia de altura 65cm con salida al exterior, estas estarán conectadas a las termas.

- Se determinó que los ambientes donde se ubican las cocinas y termas se instalarán rejillas de ventilación permanentes de 20cm*25cm, ubicadas en la parte inferior a 0,30m del piso y otra superior a 2,30m sobre el piso conectada al medio exterior libre, en concordancia con la normativa NTP 111.011 y EM. 040.

- Las dimensiones de los medidores, de la montante y líneas de distribución satisfará la dotación de gas en cantidad, presión y calidad en condiciones seguras, dando confort a los usuarios.

Recomendaciones

- Para un mejor diseño de las redes de gas natural, se recomienda tener en cuenta las especificaciones técnicas de los equipos a instalar, proporcionados por los proveedores de dichos equipos.

- Se recomienda para el dimensionamiento elegir el recorrido que pueda apreciarse altas pérdidas de presión y mayores caudales.

- Se recomienda que toda modificación, ampliación y/o mantenimiento de las redes de gas natural sean realizadas por personal calificado y certificado por los organismos respectivos de inspección (OSINERGMIN).

- Para el tendido de las tuberías de gas (empotradas o a la vista), éste tiene que ser construido de forma simétrica en el ambiente por donde circula el gas, ya que, ante una posible reparación o modificación por parte del cliente, hay una menor probabilidad de poder afectarlo.

BIBLIOGRAFÍA

Aita, P. G. (Julio de 2017). Revista Kawsaypacha n°1, jul-dic 2017, pp. 93-135. Obtenido de Https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.201701.004

Cengel, Y., & Cimbala, J. (2010). Mecánica de Fluidos. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

NORMA TECNICA DE EDIFICACION EM.040 INSTALACIONES DE GAS. (s.f.).

NTP 111.010 GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales. (2003). Lima.

NTP 111.011 GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para instalaciones internas residenciales y comerciales. (2014). Lima.

NTP 111.022 GAS NATURAL SECO. Requisitos y métodos para ventilación de recientos interiores donde se instalan artefactos a gas para uso residencial y comercial . (2008). Lima.

RNE. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones.

Rocha, A. (2007). Hidraulica de tuberias y canales. UNI.

Sancho, J. S. (2011). Instalaciones Industriales de Gas Natural. COSAN, 2011.

White, F. M. (2004). Mecánica de Fluidos. Silvia Figueras.

ANEXOS

Anexo1. Norma Técnica Peruana 111.011

9.4 Los medidores para gas natural seco estarán sujetos a verificaciones periódicas, el intervalo de tiempo será establecido por la entidad competente. A falta de esta, el intervalo de tiempo entre dos verificaciones deberá ser cada 10 años.

9.5 El valor del error en la medición para el respectivo ajuste del medidor será establecida por la Norma Metrológica Peruana NMP 016.

10. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LOS REGULADORES DE PRESIÓN

10.1 El regulador no debe ser evitado, de otro modo, la presión del gas natural no será controlada apropiadamente dentro de límites admisibles.

10.2 Los reguladores que atiendan instalaciones internas, que operen a presiones inferiores a 5 kPa (50 milibares), deberán contar con un dispositivo de bloqueo automático que actúe cuando la presión de suministro descienda de los valores mínimos establecidos por el Distribuidor de la localidad.

10.3 En el Anexo A.1 se indican los criterios a tener en cuenta durante la selección del tipo de regulador, el cual deberá estar en concordancia con la elección del sistema de regulación y el diseño del sistema de tuberías para la instalación.

11. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS

11.1 El diseño de instalaciones para suministro de gas natural seco debe considerar entre otros los siguientes aspectos básicos:

1. Máxima cantidad de gas natural seco requerido por los artefactos.
2. Mínima presión de gas natural seco requerido por los artefactos a gas.
3. Las previsiones técnicas para atender demandas futuras.

© INDECOPI 2014 – Todos los derechos son reservados

4. El factor de simultaneidad asociado al cálculo del consumo máximo probable.

5. Gravedad específica y poder calorífico del gas natural seco. Para dimensionamiento de tuberías el poder calorífico superior es 9500 Kcal/m3 medido a condiciones estándar.

6. La caída de presión en la instalación interna y el medidor.

7. Longitud de la tubería y cantidad de accesorios.

8. Velocidad permisible del gas.

9. Influencia de la altura (superior a los 10 metros).

10. Material de las tuberías y los accesorios.

11.2 En instalaciones residenciales que operan a presión de acuerdo al capítulo 3, la caída de presión será la máxima permitida para satisfacer las demandas en caudales de gas natural del usuario y las presiones de operación de entrada al artefacto.

11.2.1 Las presiones máximas en las líneas internas de suministro de gas natural para uso residencial se indican en la Tabla 2.

TABLA 2 – Presión en líneas internas de suministro

Líneas para suministro de gas natural para uso residencial	Presión máxima kPa (mbar)
Línea montante	34 kPa (340 mbar)
Línea individual interior	2,3 kPa (23 mbar)

11.2.2 La velocidad de circulación del gas natural seco en la línea individual interior o en la línea montante será menor o igual a 40 m/s, para evitar vibraciones, ruidos o erosión del sistema de tuberías.

11.2.3 Los cálculos para el diseño y dimensionamiento de la instalación interna residencial deberá garantizar las condiciones de presión y caudal requerido por el artefacto a gas natural. La presión de uso para artefactos a gas natural para uso residencial deberá tener una presión mínima de 18 mbar y máxima de 23 mbar.

© INDECOPI 2014 – Todos los derechos son reservados

11.2.4 A efectos de garantizar lo indicado en el apartado 11.2.3, el diseñador de la instalación puede optar por uno de los diferentes sistemas de regulación en concordancia con el apartado 11.2.1, para cumplir con las condiciones particulares de consumo, la garantía de un suministro seguro del gas natural seco, entre otros. Véase Anexo A.2 y A.3.

11.3 En las instalaciones comerciales que operan a presión de acuerdo a lo establecido en el capítulo 3 debe considerar el artículo 11.2 y sus sub-artículos en lo aplicable, asimismo, los cálculos para el diseño y dimensionamiento deberán garantizar los caudales demandados por este tipo de usuario y las presiones de operación especificadas en los respectivos artefactos de consumo.

11.4 En el dimensionamiento de la instalación residencial o comercial se admitirán fórmulas de cálculo reconocidas, las cuales deben considerar el rango de presión bajo el cual la instalación funcionará. Los datos obtenidos deberán responder por lo menos a las exigencias de fórmulas como las de Pole o Renouard. Véase Anexo B.

11.5 Las tuberías de cobre y sus accesorios para las instalaciones residenciales y comerciales deberán tener espesores de pared de acuerdo a lo indicado en los apartados 6.1, 6.3.2 y 7.1.

11.6 Las tuberías de acero y sus accesorios para las instalaciones residenciales y comerciales deberán tener espesores de pared de acuerdo a lo indicado en los apartados 6.2, 6.3.3, 6.3.4 y 7.2.

11.7 Las tuberías de PE-AL-PE y/o PEX-AL-PEX y sus accesorios para las instalaciones residenciales y comerciales deberán tener espesores de pared de acuerdo a lo indicado en el apartado 6.4.

11.8 En el diseño y dimensionamiento de una casa unifamiliar, un complejo habitacional o una instalación comercial, se deberá realizar una memoria de cálculo que incluya los consumos de gas natural seco, los diámetros nominales y las pérdidas de carga entre otros; asimismo, los planos de planta e isométricos.

Para consumidores con consumos menores o iguales a 300 m^3/mes el proyecto de ingeniería podrá ser tomado de la configuración de Instalaciones Internas típicas que el Concesionario deberá definir con el objeto de agilizar la habilitación de los proyectos.

© INDECOPI 2014 – Todos los derechos son reservados

11.9 Cuando se requiera conectar nuevos artefactos a gas y los consumos superan las capacidades previstas en el diseño original, se deberá someter la instalación a una reevaluación para determinar si tiene capacidad suficiente; si la capacidad no es suficiente se deberá modificar el sistema existente.

11.10 Esta NTP incluye el Anexo C informativo sobre la simbología para las instalaciones residenciales y comerciales.

12. CONSIDERACIONES GENERALES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TUBERIAS

12.1 El primer tramo de línea individual interior que sale de la caja de protección o similar y conduce el caudal total debe tener un diámetro nominal igual o superior a 1/2 de pulgada de acuerdo a los cálculos de diseño.

12.2 El tendido de las tuberías en la instalación interna, será concordante con el diseño establecido en 11.8

12.3 Las tuberías respetarán las distancias mínimas a cables o conductos de otros servicios. Véase Figura 1.

© INDECOPI 2014 – Todos los derechos son reservados

Anexo2. Norma Técnica Peruana 111.010

tramos. El cálculo de estos tramos deberá garantizar las condiciones mínimas de presión y caudal requerido por los equipos de consumo ubicados aguas abajo.

14.2.2.3 Los tramos de tubería que alimentan directamente los equipos de consumo, serán calculados de la misma forma que el 14.2.2.2 y el cálculo de estos tramos deberá garantizar las condiciones mínimas de presión y caudal requerido por el equipo de consumo.

14.2.3 En todos los puntos de la instalación la velocidad de circulación del gas deberá ser siempre inferior a 30 m/s, para evitar vibraciones y ruidos excesivos en el sistema de tuberías.

14.2.4 Para el dimensionamiento de las tuberías, se admitirán fórmulas de cálculo reconocidos, las cuales deben considerar el rango de presión de cálculo. Los datos obtenidos deberán responder por lo menos, a las exigencias de:

a) La fórmula de Poole para presiones hasta un máximo de 5 kPa (50 mbar)

$$Q = \sqrt{\frac{D^5.h}{2.s.l}}$$

Donde:

Q caudal en m^3/h (condiciones estándar)
D diámetro en cm.
h pérdida de carga en mm. de columna de H_2O
s densidad relativa del gas
l longitud de tubería en metros, incluyendo la longitud equivalente de los accesorios que la componen. Véase tabla10 para longitudes equivalentes

b) La fórmula de Renouard simplificada para presiones en el rango de 0 kPa a 400 kPa (0 bar a 4 bar); válida para Q/D < 150

$$P_A^2 - P_B^2 = 48600.s.L.\frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

Donde:

P_A y P_B presión absoluta en ambos extremos del tramo, en kg/cm^2 A
s densidad relativa del gas.
L longitud del tramo en km, incluyendo la longitud equivalente de los accesorios que la componen. Véase tabla 10.
Q caudal en m^3/h (condiciones estándar)
D diámetro en mm.

c) Para el cálculo de velocidad de circulación del fluido se utilizará la siguiente fórmula.

$$v = \frac{365{,}35.Q}{D^2.P}$$

Donde:

Q Caudal en m^3/h (condiciones estándar)
P Presión de cálculo en kg/cm^2 absoluta
D Diámetro interior de la tubería en mm.
v velocidad lineal en m/s

Las fórmulas de dimensionamiento utilizadas deberán tener en cuenta las características particulares del gas para el cual se realiza el diseño.

14.2.5 Definido el diámetro, material de tubería y presión de diseño, se debe especificar el espesor de pared, de manera que cumpla con las pruebas de estanqueidad y condiciones operatorias.

14.2.6 El espesor mínimo de la paredes de las tuberías de acero roscadas; o soldadas de diámetro < 3,9 mm (2 pulg), debe ser conforme a la cédula 40. En la Tabla 3, se indica los espesores mínimos para tuberías de acero.

Anexo3. Norma Técnica Peruana 111.022

continuación

TABLA COMPLEMENTARIA

CONSUMOS DE ARTEFACTOS A GAS

ARTEFACTO A GAS	Consumo m^3/h	Potencia kW	Tipo
COCINA DOMESTICA			
Tipo económico	0,11	1,1 (*)	A
Tipo mediano	0,15	1,6 (*)	A
Tipo americano	0,25	2,6 (*)	A
COCINA COMERCIAL			
Pequeña	0,42	4,3 (*)	A
Mediano	0,84	8,7 (*)	A
Grande	1,40	14,5 (*)	A
HORNO DOMESTICO			
Tubular	0,42	4,3 (*)	A
HORNO COMERCIAL			
Tubular pequeño	0,42	4,3 (*)	A
Tubular grande	0,84	8,7 (*)	A
PLANCHA DOMESTICO			
Circular	0,15	1,6 (*)	A
PLANCHA COMERCIAL			
Tubular	0,42	4,3 (*)	A
FREIDORA			
Tubular	0,42	4,3 (*)	A
SECADORA DE ROPA			
De 14 lbs (un quemador)	0,62	6,4	A
De 18 lbs (un quemador)	0,70	7,2	A
CALENTADOR (agua)			
De paso ODS	1,16	12,0	A
De paso 10 l/min Sin ODS	1,74	18,0	B
De paso 13 l/min Sin ODS	2,42	25,0	B
De tanque 10 galones	0,96	10,0	B
De tanque 30 galones	0,37	3,8	A
De tanque 30 galones	0,77	8,0	B
De tanque 40 galones	0,87	9,0	B
De tanque 60 galones	0,97	10,0	B

(*)Por quemador
ODS : Con detector de CO.
NOTA : Valores de potencia referenciales. Para mayor exactitud revisar la placa del artefacto a gas natural.