

**RESOLUCION ADMINISTRATIVA DE NORMAS RAN-ANH-UN N° 0016/2015**  
La Paz, 27 de julio de 2015

**VISTOS:**

El informe técnico **DCD 0449/2015**, de 8 de junio de 2015, para la Aprobación del Anexo I del “Reglamento de Diseño, Construcción, Operación de Redes de Gas Natural e Instalaciones Internas”; el Informe Técnico **DPDIUN 0026/2015**, de 22 de junio de 2015, y el informe legal **DPDI-UN 0028/2015**, de 26 de junio de 2015;

**CONSIDERANDO I:**

Que, la Constitución Política del Estado en su artículo 365 establece que una entidad estatal es responsable de regular, controlar, supervisar y fiscalizar las actividades de toda la cadena productiva en el sector hidrocarburos y, concordante con ello, la disposición final Séptima de la Ley N° 466 establece que la institución que dará cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 365 de la Constitución Política del Estado es la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, para lo cual dicha ley la faculta a emitir la normativa técnico jurídico necesaria para el cumplimiento de sus atribuciones de regulación, control, supervisión y fiscalización de todas las actividades del sector.

Que, por su parte, la Ley N° 1600, de 28 de octubre de 1994, determina que una de las atribuciones de las Superintendencias Sectoriales (entre las que se encuentra la actual Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH) es realizar los actos que sean necesarios para el cumplimiento de sus responsabilidades; en tanto que la Ley N° 3058, de 18 de mayo de 2005, Ley de Hidrocarburos, establece que la Superintendencia de Hidrocarburos (ahora Agencia Nacional de Hidrocarburos) es el ente regulador en el sector de hidrocarburos.

**CONSIDERANDO II:**

Que, el Decreto Supremo N° 1996, de 14 de mayo de 2014, “Reglamento de Diseño, Construcción, Operación de Redes de Gas Natural e Instalaciones Internas” en su Artículo Transitorio Único determina que “I. El Ente Regulador mediante Resolución Administrativa, aprobará los Anexos nombrados en el presente Reglamento Técnico, en un plazo de quince (15) días hábiles administrativos, a partir de la publicación del Decreto Supremo que aprueba el presente Reglamento, pudiendo actualizar los mismos cuando corresponda”.

Que, en cumplimiento del Artículo Transitorio Único del Decreto Supremo 1996, la Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH mediante Resolución Administrativa ANH N° 1447/2014, de 4 de junio de 2014, aprobó 7 Anexos que complementan el “Reglamento de Diseño, Construcción, Operación de Redes de Gas Natural e Instalaciones Internas”, que son:



- Anexo 1: Diseño de Redes.
- Anexo 2: Construcción de Redes de Gas Natural.
- Anexo 3: Operación y Mantenimiento de Redes de Gas Natural.
- Anexo 4: Calidad de Gas.
- Anexo 5: Instalación de Categorías Domésticas y Comercial de Gas Natural.
- Anexo 6: Instalaciones Industriales de Gas Natural.
- Anexo 7: Estaciones Distritales de Regulación.





**CONSIDERANDO III:**

Que, conforme a los Informes Técnicos DCD 0449/2015 y DPDIUN 0026/2015, el Anexo1 aprobado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH mediante la Resolución Administrativa ANH N° 1447/2014 necesita ser actualizado, lo que significa que, ante esta necesidad, en aplicación del Artículo Transitorio Único del Decreto Supremo N° 1996, la Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH está facultada para emitir la resolución administrativa correspondiente para lograr ese fin.

**POR TANTO**

El Director Ejecutivo Interino de la Agencia Nacional de Hidrocarburos en uso de sus facultades y atribuciones:

**RESUELVE:**

**PRIMERO.-** Se aprueba la actualización del “Anexo 1: Diseño de Redes”, aprobado mediante Resolución Administrativa ANH N° 1447/2014, correspondiente al “Reglamento de Diseño, Construcción, Operación de Redes de Gas Natural e Instalaciones Internas” sancionado mediante Decreto Supremo N° 1996.

**SEGUNDO.-** El texto completo de la actualización del “Anexo 1: Diseño de Redes”, forma parte integrante de la presente Resolución.

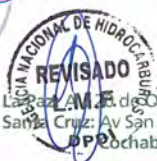
**TERCERO.-** La actualización del “Anexo 1: Diseño de Redes” entrará en vigencia a partir de la publicación de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.

Es conforme.

Ing. Gary Medrano Villamor.MBA.  
DIRECTOR EJECUTIVO a.i.  
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS

Hugo Eduardo Castedo Peinado  
JEFE DE LA UNIDAD DE NORMAS  
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS





Código: ANH/DS1996-A01



## ANEXO 1

### Diseño de Redes de Gas Natural

Aprobado RAN-ANH- UN N° 0016/2015, de 27 de julio de 2015

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A01	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

## CONTENIDO

### Capítulo I Disposiciones Generales



1. Objeto, 3
2. Alcance, 3
3. Ámbito de aplicación, 3
4. Definiciones, 3
5. Consideraciones Generales, 8
6. Referencias normativas, 8

### Capítulo II Diseño de tuberías

7. Diseño de tuberías, 11
8. Accesorios para las tuberías, 27
9. Acometidas para alimentación de usuarios y tapada de zanjas de red, 40

### APÉNDICE

1. Unidades, 46
2. Ecuación General de Flujo de tuberías, 46
3. Presión media en segmentos de tubería, 51
4. Velocidad del Gas en Tuberías, 52
5. Velocidad erosional, 53
6. Ecuaciones derivadas de la Ecuación General, 54
7. Factor de eficiencia, 69
8. Viscosidad dinámica de los gases, 69
9. Tuberías de Polietileno, 70
10. Referencias, 70

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

## Capítulo I

### Disposiciones Generales

#### 1. Objeto.

El presente Reglamento tiene por objeto normar y establecer los requerimientos técnicos que se requieren para diseñar el Sistema de Distribución de Redes de Gas Natural.

#### 2. Alcance.

**2.1.** El presente Reglamento establece los requisitos mínimos de seguridad en el diseño de Redes de Gas Natural, que se aplicarán en todo el territorio nacional, siendo de observancia obligatoria para las personas Naturales y/o Jurídicas involucradas en la actividad.

**2.2.** Comprende asimismo, la normalización permitida para el empleo de los materiales a incorporar a las obras mencionadas, hasta el límite del servicio de Distribución de Gas Natural en redes primarias y redes secundarias, incluyendo la acometida, sea individual o colectiva, para usuarios de categoría doméstico y comercial y hasta el Puente de Regulación y Medición de usuarios de la categoría industrial y GNV.

#### 3. Ámbito de aplicación.

**3.1.** El presente Reglamento se aplicará al diseño Redes de Gas Natural que operen en regímenes desde Media Presión B hasta Alta Presión.

#### 4. Definiciones.

Para la aplicación del presente Anexo, además de las definiciones contenidas en la Ley de Hidrocarburos y la reglamentación vigente se establecen las siguientes definiciones y denominaciones mismas que serán entendidas en singular y plural:



- **Acometida:** Conjunto de tuberías y accesorios que conforman la derivación de servicio, desde la interconexión a la Red Secundaria hasta la Válvula de Acometida.
- **ANH:** Es la Agencia Nacional de Hidrocarburos creada como Ente Regulador del Sector Hidrocarburos.
- **Área unitaria:** Superficie que se extiende 200 metros a cada lado del eje longitudinal de un tramo continuo de gasoducto de 1.600 metros.
- **City Gate (Puerta de Ciudad):** Instalaciones destinadas a la recepción, filtrado, control de calidad del Gas Natural, regulación, medición, odorización y despacho del Gas Natural, a ser distribuido a través de los sistemas correspondientes.
- **Condiciones Normales:** Condiciones bajo las cuales se mide el gas natural correspondiente a la presión absoluta de 1,013253 bar (14,696 psi) y 0 °C de temperatura (32 °F).
- **Condiciones Estándar:** Condiciones bajo las cuales se mide el gas natural correspondiente a la presión absoluta de 1,013253 bar (101,3253 kPa = 14,696 psi) y 15,56 °C de temperatura (60 °F). La relación entre volumen en condiciones estándar y normales está dada por la siguiente expresión:

$$V_n = 0,9461 \cdot V_s$$

donde:



$V_n$  = Volumen en Condiciones Normales,



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$V_s$  = Volumen en Condiciones Estándar.

- **Clase de Trazado:** Área Unitaria clasificada de acuerdo a la densidad de población para el diseño y la presión de prueba de las tuberías localizadas en esa área.
- La Clase de Trazado (Área Unitaria), queda determinada por la cantidad de edificios dentro de la unidad de clase de trazado. Para los propósitos de esta Sección, cada unidad habitacional en un edificio de múltiples viviendas deberá ser contada como edificio separado destinado a ocupación humana.
  1. Clase 1, corresponde a la unidad de clase de localización que contiene 10 o menos unidades de vivienda destinadas a ocupación humana.
  2. Clase 2, corresponde a la unidad de clase de localización que tiene más de 10, pero menos de 46 unidades de vivienda destinadas a ocupación humana.
  3. Clase 3, corresponde a:
    - a. Cualquier unidad de clase de trazado que contiene 46 o más unidades de vivienda destinadas a ocupación humana, o
    - b. Una zona donde la tubería está colocada dentro de los 100 metros de cualquiera de los siguientes casos:
      - i. Un edificio que es ocupado por 20 o más personas durante el uso normal;
      - ii. Una pequeña área abierta, bien definida, que es ocupada por 20 o más personas durante el uso normal, tales como un campo de deportes o juegos, zona de recreación, teatros al aire libre u otro lugar de reunión pública.
  4. Clase 4, corresponde a la unidad de clase de trazado donde predominen edificios con cuatro o más pisos sobre el nivel de terreno.
  5. Los límites de las clases de localización determinadas de acuerdo con los párrafos a) hasta d) de esta sección pueden ser ajustados como sigue:
    - a. Una Clase 4 finaliza a 200 m del edificio más próximo de cuatro o más pisos sobre el nivel del terreno;
    - b. Cuando un grupo de edificios destinados a ocupación humana requiere una Clase 3, ésta finalizará a 200 metros de los edificios más próximos del grupo;
    - c. Cuando un grupo de edificios destinados a ocupación humana requiere una Clase 2, ésta finalizará a 200 metros de los edificios más próximos del grupo.
- **Gabinete:** Recinto que es parte del Sistema de Distribución de Gas Natural, destinado a la medición y/o regulación, que en su interior consta de Válvula de Acometida, regulador, y/o medidor y accesorios para el suministro de Gas Natural a Usuarios domésticos o comerciales.
- **Gabinete de Regulación:** Recinto que es parte del Sistema de Distribución de Gas Natural, destinado a la regulación, que en su interior consta de Válvula de Acometida, regulador y accesorios para el suministro de Gas Natural a Usuarios domésticos de Viviendas Multifamiliares o a Usuarios comerciales.
- **Empresa Distribuidora:** Es la persona jurídica que cuenta con Licencia de Operación otorgada por el Ente Regulador, para prestar el servicio público de Distribución de Gas Natural por Redes en una determinada Área Geográfica de Distribución.
- **Distribución de Gas Natural por Redes:** Es la actividad de suministro de Gas Natural en calidad de servicio público, a los Usuarios del Área Geográfica de Distribución, así como la construcción de Redes, administración y operación del servicio bajo los términos indicados en la Ley de Hidrocarburos.
- **Estación Distrital de Regulación (EDR):** Instalaciones destinadas a la regulación de la presión y el caudal de Gas Natural proveniente de una Red Primaria, para suministrarlo a una Red Secundaria,

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

comprendidas desde la brida de conexión a la Red Primaria hasta la brida de conexión a la Red Secundaria, incluidas éstas.

- **Gas Natural (GN):** Mezcla de hidrocarburos con predominio de metano que en condiciones normalizadas de presión y temperatura se presenta en la naturaleza en estado gaseoso.
- **Línea municipal:** Línea que deslinda la propiedad privada de la vía pública actual o la línea señalada por la Municipalidad para las futuras vías públicas.
- **Línea de Transición:** Tramo de la red secundaria construida en acero que interconecta la salida de la Estación Distrital de Regulación con la Red Secundaria, cuya función es proporcionarle al gas natural una temperatura tal que después de la expansión producida por la reducción de presión que tiene lugar en el regulador de presión, la temperatura no sea menor de 0 °C. La longitud mínima de la Línea de Transición es de 60 m.
- **Máxima Presión Admisible de Operación (MAPO):** Presión máxima a la cual una tubería, o tramo de la misma puede ser operada.

La MAPO, cuando se trate de tuberías de polietileno, se determinara de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$MAPO = \frac{20 \cdot MRS}{C \cdot (SDR - 1)}$$

donde:

*MAPO* = Máxima presión de operación, (bar)

*MRS* = Tensión máxima circunferencial, (MPa)

*SDR* = Cociente entre el diámetro exterior especificado de la tubería y el mínimo espesor de la pared del



tubo, (adimensional)

*C* = Coeficiente de seguridad, (adimensional).

**Tabla 1.**  
**Coeficientes de Seguridad y MAPO**



C	PE 80		PE 100	
	SDR 17.6	SDR 11	SDR 17.6	SDR 11
	MAPO (bar)			
2,0	4,8	8,0	6,0	10,0
2,5	3,9	6,4	4,8	8,0
3,0	3,2	5,3	4,0	6,7
3,5	2,8	4,6	3,4	5,7
4,0	2,4	4,0	3,0	5,0

- **Máxima presión de prueba admisible:** Es la máxima presión interna del fluido que se admite para probar la resistencia de los materiales.
- **Máxima tensión circunferencial admisible:** Es la máxima tensión periférica admitida para el diseño de un sistema de tuberías. Depende del material utilizado, la ubicación del conducto y las condiciones de operación. Ver también Tensión circunferencial.

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

- **Medidor de Gas:** Instrumento destinado a medir y registrar el volumen de gas que consumen los aparatos a gas de una instalación.
- **Nodo:** Toda intersección de tubería que modifique la continuidad de la misma.
- **Presión máxima real de operación:** La presión máxima que se registra en la operación normal durante un período de un (1) año.
- **Puente de Regulación y Medición (PRM):** Conjunto de equipos, instrumentos y accesorios conformado por válvulas, reguladores, accesorios y medidores que son utilizados para la reducción de presión y medición del consumo del Usuario de Categoría Industrial o GNV, comprendido entre la Válvula de Ingreso hasta la Válvula de Salida del PRM, incluidas estas.
- **Punto de Entrega:**
  1. Es el punto que separa el Sistema de Transporte del Sistema de Distribución ubicado de acuerdo a los siguientes casos:
    - a. Del Sistema Troncal de Transporte: Aguas abajo de la Puerta de Ciudad (City Gate) a la Presión de Entrega.
    - b. De un Punto de Interconexión (Hot Tap) a un ducto de transporte: Aguas abajo de la válvula de corte del Hot Tap, a la Presión de Entrega.
  2. Es el punto que separa el Sistema de Transporte Virtual del Sistema de Distribución de acuerdo a lo siguiente:
    - a. Estación de Regasificación/Descompresión: La válvula de corte aguas abajo del Punto de Medición, a la Presión de Entrega.
- **Redes:** Conjunto de tuberías o ductos interconectados entre si cuya diversa configuración geométrica en forma anular, radial, paralela, cruzada o combinada, conforman los sistemas de distribución destinados al suministro de Gas Natural.
- **Redes de Distribución:** Conjunto de tuberías o ductos interconectados entre sí que conforman los Sistemas de Distribución destinados al suministro de Gas Natural.
- **Red Primaria:** Sistema de Distribución de Gas Natural que opera a presiones mayores a 4 bar hasta 42 bar inclusive, compuesta por tuberías de acero, válvulas, accesorios y cámaras de válvulas, que conforman la matriz del Sistema de Distribución.
- **Red Secundaria:** Sistema de Distribución de Gas Natural que opera a presiones mayores a 0,4 bar hasta 4 bar inclusive, compuesta por tuberías, Acometidas, válvulas, accesorios y cámaras de válvulas, aguas abajo de la brida de salida de la Estación Distrital de Regulación.
- **Regulador de Presión:** Dispositivo destinado a reducir y mantener constante la presión de salida del Gas, independientemente de las variaciones de la presión de entrada y del caudal de gas.
- **Régimen de Presión:** El régimen de presión del Sistema de Distribución de Gas Natural e Instalaciones Internas se clasifica de acuerdo al siguiente rango de presiones:
  - Baja Presión (BP) :** Mayor a cero hasta 50mbar inclusive
  - Media Presión A (MPA):** Mayor a 50 mbar hasta 0,4 bar inclusive
  - Media Presión B (MPB):** Mayor a 0,4 bar hasta 4 bar inclusive
  - Alta Presión (AP) :** Mayor a 4 bar hasta 42 bar inclusive
- **Resistencia a la presión hidrostática a largo plazo:** Es la tensión circunferencial, estimada en MPa (megapascales) en la pared de una tubería de polietileno, capaz de provocar rotura cuando está sometida a una presión hidrostática constante en las condiciones determinadas en la normas aceptadas en este Anexo.



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

- **Sistema de Distribución:** Comprende el conjunto de Redes Primarias, Redes Secundarias, Estaciones Distritales de Regulación, Acometidas, Gabinetes de propiedad del Distribuidor y elementos necesarios para la Distribución a partir del Punto de Entrega.
- **SDR (Standard Dimension Ratio):** Cociente entre el diámetro exterior especificado de la tubería y el mínimo espesor de la pared del tubo de polietileno. Es la forma usual de expresar el espesor en este tipo de tuberías.
- **Tapada:** Es la altura entre la parte superior de la tubería de polietileno o de acero revestida, una vez asentada perfectamente, y la superficie libre del terreno, vereda o pavimento, según corresponda.
- **Tensión:** Es la fuerza interna por unidad de área resultante que resiste el cambio de tamaño o forma de un cuerpo sobre el que actúan fuerzas externas.
- **Tensión circunferencial:** Es la Tensión en la pared de una tubería, actuando circunferencialmente, en un plano perpendicular al eje longitudinal de la misma y producido por la presión del fluido en el interior. En este Anexo el esfuerzo circunferencial se calcula con la siguiente fórmula:

$$S_h = \frac{P \cdot D}{2 \cdot t}$$

donde:



$S_h$  = Tensión circunferencial o Tensión de aro, (kg/cm<sup>2</sup>)

$P$  = Presión interna manométrica, (kg/cm<sup>2</sup>)

$D$  = Diámetro exterior de la tubería, (mm)

$t$  = Espesor nominal de la pared, (mm).

- **Tensión de fluencia:** Es la Tensión a la cual un material muestra un límite especificado de deformación permanente o produce una elongación total especificada bajo carga. El límite de deformación permanente o de elongación está expresado generalmente como porcentaje de la escala de longitud y sus valores están establecidos en las diversas especificaciones de materiales aceptados en este Anexo.
- **Tensión de operación:** Es la Tensión en un tubo o pieza estructural bajo condiciones operativas normales.
- **Tensión secundaria:** Es la Tensión producida en la tubería por cargas no provocadas por la presión interna del fluido. Ejemplos de este esfuerzo son las cargas de relleno o Tapada, de tráfico, la acción de viga en un tramo aéreo, las cargas sobre soportes y las conexiones a la tubería.
- **TFME (tensión de fluencia mínima especificada - SMYS sigla de las palabras inglesas *specified minimum yield strength*):**
  1. Para una tubería de acero fabricada de acuerdo con especificaciones aceptadas, la Tensión de fluencia indicada como mínima en la especificación; o
  2. Para una tubería de acero fabricada de acuerdo a especificaciones no conocidas o no incluidas, la tensión de fluencia determinada de acuerdo con las especificaciones relevantes; o
  3. Para tubería de polietileno, ver Resistencia a la Presión Hidrostática a largo plazo.
- **Tramo de tubería:** Porción continua de tubería entre nodos.
- **Urbanizaciones Cerradas:** Urbanizaciones, condominios, barrios privados, etc. (conjunto residencial con equipamientos comunitarios, infraestructuras de servicio y espacios abiertos comunes administrados)

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

por un organismo interno integrado por un grupo de vecinos) cuyos accesos comunes vehiculares y peatonales no son del dominio público.

- **Usuario:** Toda persona natural o jurídica que recibe el servicio público de Distribución de Gas Natural por redes.
- **Válvula de Bloqueo:** Dispositivo de corte del suministro de Gas Natural ubicado en la red de distribución.
- **Válvula Tronquera:** Dispositivo de bloqueo y corte de suministro de gas natural instalado en la red principal de Distribución (Red Primaria o Red Secundaria), el mismo cumplirá un mejor control operativo de la línea principal a construir con relación a distancias instaladas de acuerdo a criterio técnico de la Empresa Distribuidora.
- **Válvula de Derivación:** Dispositivo de bloqueo y corte de suministro de gas natural instalado de manera perpendicular a la red principal de Distribución (Red Primaria o Red Secundaria), el mismo cumplirá el control operativo del ramal de derivación (Red Primaria o Red Secundaria) o bien al circuito (Red Secundaria) a construir por parte de la Empresa Distribuidora.
- **Válvula de Exceso de Caudal:** Dispositivo de bloqueo automático del suministro que permite cortar el fluido del gas natural en caso de exceso de flujo aguas abajo.

## 5. Consideraciones Generales.

**Preservación del medio ambiente:** En el diseño de los sistemas de distribución de gas natural se deberán considerar criterios de preservación ambiental. Se recomienda que para las rutas de redes primarias se cumplan los siguientes aspectos:



- Definir la ruta en lo posible siguiendo un Derecho de Vía (DDV) preexistente
- No deben estar ubicados en Áreas Protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SNAP.
- No definir rutas sobre bosques con vegetación en buen estado de conservación
- No atravesar áreas de agricultura
- No atravesar áreas de patrimonio cultural o arqueológico
- Evitar en lo posible pasar por quebradas y cuerpos de agua con recargas intempestivas

Todas las Redes Secundarias por la naturaleza y magnitud de sus impactos ambientales serán consideradas dentro de la Categoría 4 del Artículo 17 del Reglamento de Prevención y Control Ambiental, tal como se encuentra establecido en el D.S. N°1485.

## 6. Referencias normativas.



Las normas citadas a continuación se consideran referenciales en la aplicación del presente Anexo. La aplicación de estas normas no serán consideradas excluyentes entre sí y tampoco limitan la aplicación de otras normas equivalentes.

API Standard 6D:	Specification for Pipeline Valves (Especificación para válvulas).
API Standard 5L:	Specification for Line Pipe (Especificación para tubos de línea).
API 5L 1:	Recommended Practice for Railroad Transportation of Line Pipe (Práctica recomendada API para transporte por ferrocarril de tubos de línea).



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

API RP 1102:	Recommended Practice for Liquid Petroleum Pipelines Crossing Railroads and Highways (Prácticas recomendadas para tuberías de petróleo líquido que atraviesan carreteras y vías férreas).
API Standard 1104:	Normas para soldaduras de tuberías e instalaciones complementarias.
ASTM–Specification A 53:	Especificaciones de normas de tuberías de acero soldadas y sin costura, negra o galvanizada por baño caliente.
ASTM–Specification A 106:	Especificaciones de normas para tubos de acero al carbono sin costura, para servicio en altas temperaturas.
ASTM–Specification D 2513:	Especificaciones de normas de tubos y accesorios termoplásticos para gas a presión.
ANSI – B 16.5:	Bridas para tubos y accesorios a bridas de acero.
ASME B31.8:	Gas Transmission and Distribution Piping System (Sistemas de tuberías para transporte y distribución de gas).
GE/ATP N° 1 (B):	Especificación para Vainas Protectoras de la acometida.
NACE RP -0169 SP0169-2013: (formerly RP0169)	Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems (Control de corrosión externa para sistemas de tuberías metálicas enterradas o sumergidas).
NAG-100:	Normas Argentinas Mínimas de Seguridad para el Transporte y Distribución de gas natural y otros gases por cañerías
NAG-129:	Redes para la distribución hasta 4 bar de gases de petróleo y manufacturado, de polietileno. Tubos de diversos diámetros hasta 250 mm inclusive.
NAG-131:	Redes para la distribución hasta 4 bar de gases de petróleo y manufacturado, de polietileno. Accesorios unidos por electrofusión.
NAG-132:	Redes para la distribución hasta 4 bar de gases de petróleo y manufacturado, de polietileno. Accesorios de transición.
NAG-133:	Redes para la distribución hasta 4 bar de gases de petróleo y manufacturado, de polietileno. Válvulas de polietileno.
NAG-165:	Normas mínimas de seguridad para obras y trabajos.
BGC/PS/PL2 - Parte 1:	Especificación para tubos y accesorios de polietileno (PE) para gas natural y gas manufacturado apropiado. Parte 1- Tubos.
DIN 8074:	Tubos de polietileno de alta densidad. Medidas
DIN 8075:	Tubos de polietileno de alta densidad. Ensayos y requisitos generales de calidad.
EN 1555:	Sistema de tuberías plásticas para el suministro de combustibles gaseosos. Polietileno (PE) Partes 1 a 7.



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
<b>Código:</b> ANH/DS1996-A1	<b>Versión:</b> 2	<b>Aprobado:</b> RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

- NOM 003-SECRE 2011:** Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos (o versiones posteriores).
- API Standard 600:** Válvulas de compuerta de acero de bonete y tornillo para Industrias de Petróleo y Gas Natural.
- MSS SP-70:** Válvulas de compuerta de hierro gris de extremos roscados y bridados.
- MSS SP-71:** Válvulas check de hierro gris de extremos roscados y bridados.
- MSS SP-78:** Válvulas de enchufe de hierro gris de extremos roscados y bridados.
- ASME/ANSI B-16.34:** Válvulas – Extremos roscados, bridados y soldados.
- ANSI B-16.40:** Válvulas y Shutoffs Termoplásticos de Gas Manualmente Operadas en Sistemas de Distribución de Gas.
- EN 1555-4:** Sistema de tuberías plásticas para el suministro de combustibles gaseosos. Polietileno (PE) Parte 4: Válvulas.
- D.S. No. 1996:** Reglamento de Distribución de Gas Natural y Reglamento de Diseño, Construcción, Operación de Redes de Gas Natural e Instalaciones Internas.

	<p style="text-align: center;">ANEXO 1: DISEÑO DE REDES REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</p>		
<p>Código: ANH/DS1996-A1</p>	<p>Versión: 2</p>	<p>Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015</p>	

## Capítulo II Diseño de Tuberías

### 7. Diseño de tuberías

Los tendidos de tuberías se dividen en general en tuberías de acero para las Redes Primarias que trabajan hasta Alta Presión y tuberías de polietileno para las redes secundarias que trabajan hasta Media Presión B. Asimismo se permite emplear en las Redes Secundarias, tuberías de acero, a juicio de la Empresa Distribuidora responsable y, en las Redes Primarias tuberías de polietileno de alta resistencia para presiones de 10 bar o superiores previo cumplimiento de lo establecido en el Artículo 21 del Reglamento de Diseño, Construcción, Operación de Redes de Gas Natural e Instalaciones Internas.

#### 7.1. Tubo de acero



1. El tubo de acero nuevo está calificado para usarse de acuerdo a este Anexo si:
  - Fue fabricado de acuerdo con una especificación aceptada;
  - Si es de norma desconocida pero satisface los requerimientos del ensayo a la tracción de la norma API 5L, o es usado de acuerdo con los párrafos 3 o 4 de esta sección.
2. El tubo de acero usado está calificado para utilizarse según este reglamento, si:
  - Fue fabricado de acuerdo con especificaciones aceptadas, y satisface los requerimientos de inspección de este Anexo;
  - Satisface los requerimientos del ensayo a la tracción de la norma API 5L, o fue fabricado bajo especificaciones anteriores a este Anexo;
  - Ha sido usado en una línea existente de igual o mayor presión, y satisface los requerimientos del ensayo a la tracción de la norma API 5 L., o
  - es usado de acuerdo con el párrafo 3 de esta sección.
3. Tubos de acero, nuevos o usados pueden ser utilizados a una presión cuyo efecto produzca una tensión circunferencial menor de 414 bar (6000 psi), donde no se ejecuten espiras o curvas cerradas, si un examen visual indica que el tubo está en buenas condiciones y libre de grietas en la costura, y otros defectos que causarían pérdida.
4. Si deben ser soldados tubos de acero que no han sido fabricados con una especificación aceptada, deberán también pasar los ensayos de *soldabilidad* prescritos en la norma API 1104.
5. Los tubos de acero que no han sido usados previamente, podrán ser utilizados como tubos de reemplazo en un tramo de red o ramal si han sido fabricados de acuerdo con la misma especificación que el tubo usado en la construcción de ese tramo.
6. El tubo de acero nuevo que ha sido expandido en frío debe cumplir con las disposiciones obligatorias de la norma API-5L.

Las especificaciones listadas figuran en la Tabla 2.

#### 7.1.1. Cálculo del espesor del tubo de acero.

El tubo debe ser diseñado con suficiente espesor de pared, o debe ser instalado con protección adecuada, para soportar previsibles cargas y presiones externas que puedan serle impuestas después de instalado.

1. La presión de diseño para tubos de acero se determina de acuerdo con la siguiente fórmula:

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

$$P = \frac{2 \cdot S \cdot t}{D} \cdot F \cdot E \cdot T$$

donde:

$P$  = Presión de diseño, (MPa)

$S$  = Tensión de fluencia determinada de acuerdo con la Sección 7.1.2, (MPa)

$D$  = Diámetro nominal exterior de la tubería, (mm)

$t$  = Espesor nominal de pared de la tubería en, (mm)

Si es desconocido, se determinará de acuerdo con la Sección 7.1.3.

$F$  = Factor de diseño determinado de acuerdo con la Sección 7.1.4, (adimensional)



$E$  = Factor de junta longitudinal determinado de acuerdo con la Sección 7.1.7, (adimensional)

$T$  = Factor de temperatura determinado de acuerdo con la Sección 7.1.8, (adimensional).

**Tabla 2.**  
**Espesores nominales mínimos recomendados de pared (en pulgadas)<sup>(1)</sup>**

Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro exterior (pulgadas)	Tubo extremo plano (1)				Tubo roscado todas las clases	Estaciones compresoras
		Trazado Clase 1	Conjunto Fabricado Clase 1	Trazado Clase 2	Trazado Clase 3 y 4		
1/8	0,405	0,035	0,065	0,065	0,065	0,068	0,095 *
1/4	0,540	0,037	0,065	0,065	0,065	0,088	0,119 *
3/8	0,676	0,041	0,065	0,065	0,065	0,091	0,126 *
1/2	0,840	0,046	0,065	0,065	0,065	0,109	0,147 *
3/4	1,050	0,048	0,065	0,065	0,065	0,113	0,154 *
1	1,315	0,053	0,065	0,065	0,065	0,133	0,179 *
1 1/4	1,660	0,061	0,065	0,065	0,065	0,140	0,191 *
1 1/2	1,900	0,065	0,065	0,065	0,065	0,145	0,200 *
2	2,375	0,075	0,075	0,075	0,075	0,154	0,218 *
2 1/2	2,875	0,083	0,085	0,085	0,085	0,203	0,203 *
3	3,500	0,083	0,098	0,098	0,098	0,216	0,216 *
3 1/2	4,000	0,083	0,108	0,108	0,108	0,226	0,226 *
4	4,500	0,083	0,116	0,116	0,116	0,237	0,237 *
5	5,563	0,083	0,125	0,125	0,125	0,258	0,250 **
6	6,625	0,083	0,134	0,134	0,156	0,280	0,250 **
8	8,625	0,104	0,134	0,134	0,172	0,322	0,250 **
10	10,750	0,104	0,164	0,164	0,188		0,250 **
12	12,750	0,104	0,164	0,164	0,203		0,250 **
14	14,000	0,134	0,164	0,164	0,210		0,250 **
16	16,000	0,134	0,164	0,164	0,219		0,250 **
18	18,000	0,134	0,188	0,188	0,250		0,250 **
20	20,000	0,134	0,188	0,188	0,250		0,250 **



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>						
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015				

22 - 24 - 26	22 - 24 - 26	0,164	0,188	0,188	0,250		0,250 **
28 - 30	28 - 30	0,164	0,250	0,250	0,281		0,281 **
32 - 34 - 36	32 - 34 - 36	0,218	0,250	0,250	0,312		0,312 **
38 - 40 - 42	38 - 40 - 42	0,250	0,312	0,312	0,375		0,375 **

\* Extremo plano o roscado

\*\* Extremo plano solamente

(1) Para tubería cuyo espesor de pared supera 0,9 mm (0,035 pulgada) este valor puede calcularse por interpolación basándose en los diámetros exteriores indicados en la tabla. Las tuberías de instrumental, control y muestreo no están limitadas por esta tabla.

Nota: El menor espesor de los tubos y tubos de acero de extremo plano menores de 2" de diámetro usados en línea de servicio, no está limitado por la tabla, pero no será menor de 0,9 mm (0,035 pulgada) en cualquier clase de trazado. Tales líneas de servicio serán revestidas externamente y protegidas *catódicamente*, y no deberán operar a una presión que exceda el 60 % de la prueba en fábrica o 10,54 kg/cm<sup>2</sup> manométrica (150 psig), de ellas la menor.



2. Si un tubo de acero, cuyo valor de la TFME ha sido logrado trabajándolo en frío, es calentado por otros medios que no sean la soldadura o alivio de tensión como parte de ésta, la presión de diseño se limitará al 75 % de la presión determinada bajo el párrafo 1 de esta sección, si la temperatura del tubo supera 480 °C en algún momento, o se mantiene sobre 315 °C durante más de 1 hora.

### 7.1.2. Tensión de fluencia (S) para tubos de acero.

1. Para tubos fabricados de acuerdo con una de las especificaciones incluidas en la Tabla 3 siguiente, la tensión de fluencia a ser usada en la fórmula de cálculo de la Sección 7.1.1 es la TFME establecida en la especificación acordada, si ese valor es conocido.
2. Para tubos fabricados de acuerdo con una especificación no incluida en la Tabla 2 siguiente, o cuya especificación o propiedades de tensión son desconocidas, la tensión de fluencia a ser usada en la fórmula de diseño en la Sección 7.1.1 será alguna de las siguientes:
  - a. Si el tubo es probado a la tracción de acuerdo con la norma API 5L, la menor de las siguientes:
    - 80% del promedio de la tensión de fluencia determinada por el ensayo de tracción;
    - la más baja tensión de fluencia determinada por los ensayos de tracción pero no mayor de 358 MPa (52.000 psi).
  - b. Si el tubo no es probado a la tracción como se prevé en el sub párrafo 2.a de esta sección, la tensión de fluencia *S* a utilizar será 169 MPa (24.000 psi).

**Tabla 3.**

Lista de especificación de tubos	
API 5L	Tubos de acero
ASTM A 53	Tubo de acero
ASTM A72	Tubo de hierro forjado
ASTM A106	Tubo de acero
ASTM A211	Tubo de Acero y hierro
ASTM A 333	Tubo de Acero

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

ASTM A 377	Tubo de fundición
ASTM A 381	Tubo de acero
ASTM A 539	Tubo de acero
IRAM-IAS U 500-2613	Tubos de acero al carbono, soldados y sin costura, cincados por inmersión en caliente o sin cincar, para conducción de fluidos.

### 7.1.3. Espesor nominal de pared para tubos de acero.

- Si el espesor nominal de la pared del tubo de acero no es conocido, el mismo se determinará por medición de espesores de cada tira de tubo en los cuatro cuadrantes de un extremo.
- Sin embargo, si hay más de 10 barras de tubo, y éstos son de grado, tamaño y espesor uniformes, se medirá solamente el 10% de las tiras, pero nunca menos de 10. El espesor de las tiras que no son medidas, deberá ser verificado por aplicación de un calibre ajustado al espesor mínimo encontrado en la medición. El espesor nominal de pared a usarse en la fórmula de diseño en la Sección 7.1.1, es el más próximo que figure en las especificaciones comerciales, inferior al promedio de todas las mediciones realizadas. No obstante, el espesor nominal de pared usado no debe ser mayor que 1,14 veces la menor medición tomada en tuberías de diámetro exterior menor de 508 mm, ni mayor que 1,11 veces la menor medición tomada en tubos de diámetro exterior de 508 mm o más.



### 7.1.4. Factor de diseño ( $F$ ) para tubos de acero.

- Excepto lo dispuesto en los párrafos 2, 3 y 4 de esta sección, el factor de diseño a usarse en la fórmula de la Sección 7.1.1, se determinará de acuerdo con la Tabla siguiente:

**Tabla 4.**

Clase de trazado	Factor de diseño ( $F$ )
1	0,72
2	0,60
3	0,50
4	0,40

- Un factor de diseño de 0,60 o menor debe ser usado en la fórmula de diseño en la Sección 7.1.1 para un tubo en Clase de Trazado 1 que:
  - Cruce sin camisa la servidumbre de un camino público sin mejoras;
  - Cruce sin camisa o corra paralelo en la servidumbre de cualquier camino de superficie dura, ruta, calle pública o ferrocarril;
  - Esté soportado por un puente para vehículos, peatonal, ferroviario o para tubería; o
  - Sea usado en fabricaciones de conjuntos (incluyéndose separadores, conjunto para válvulas de líneas principales, conexiones en cruces y colectores de cruces de ríos), o usado dentro de los 5 diámetros de tubería, en cualquier dirección desde el último accesorio de un conjunto fabricado, que no sea una pieza de transición o en codo usado en lugar de una curva que no está asociado con un conjunto fabricado.
- Deberá usarse para Clase de Trazado 2, un factor de diseño de 0,50 o menor, en la fórmula de cálculo de la Sección 7.1.1 para los casos en que un tubo de acero sin camisa cruce la servidumbre de un camino

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

de superficie compactada (dura), una ruta, una calle pública o un ferrocarril.

4. Deberá usarse, para Clases de Trazado 1, 2, un factor de diseño de 0,50 o menor, en la fórmula de la Sección 7.1.1 para tubos de acero en plantas compresoras, trampas de scraper, plantas de regulación o de medición, de acuerdo a:
  - a. Hasta un radio de 200 m desde la instalación de superficie de importancia más cercana al gasoducto, en plantas compresoras; y hasta el cerco de alambrado industrial olímpico en las trampas de scraper, plantas de regulación y de medición, instaladas aisladamente en la línea.
  - b. El tramo comprendido, 50 m antes y después del cruce con ductos eléctricos de 500 kV o más.



#### 7.1.5. Ejemplos de situaciones donde se usa el factor de diseño ( $F$ ) para tubo de acero.

Las siguientes tablas sirven como guía para las aplicaciones del factor de diseño ( $F$ ) para tubo de acero.

**Tabla 5.**

Factores de diseño $F$			
0,72	0,60	0,50	0,40
Servidumbres privadas en Clase de Trazado 1.	Servidumbres privadas en Clase de Trazado 2.	Servidumbres privadas en Clase de Trazado 3.	En todas las Clases de Trazado 4.
Invasiones parciales sobre:	Invasiones paralelas sobre:	Invasiones paralelas sobre:	
(i) Caminos privados en Clase de Trazado 1.	(i) Caminos privados en Clase de Trazado 2.	(i) Caminos privados en Clase de Trazado 3.	
(i) Caminos no mejorados en Clase de Trazado 1.	(ii) Caminos públicos no mejorados en Clase de Trazado 2. (iii) Caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en Clases de Trazado 1 y 2.	(ii) Caminos públicos no mejorados en Clase de Trazado 3 (iii) Caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en Clase de Trazado 3.	
Cruces sin camisa de caminos privados en Clase de Trazado 1.	Cruces sin camisa de: (i) Caminos privados en Clase de Trazado 2. (ii) Caminos públicos no mejorados en Clases de Trazado 1 y 2. (iii) Caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en Clase de Trazado 1.	(i) Cruces sin camisa de: Caminos privados en Clase de Trazado 3. (ii) Caminos públicos no mejorados en Clase de Trazado 3. (iii) Caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en Clases de Trazado 2 y 3.	
Cruces encamisados de caminos públicos no mejorados, caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en Clase de Trazado 1.	Cruces encamisados de caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en Clase de Trazado 2.	Tuberías de plantas compresoras, reguladoras de medición en Clases de Trazado 1, 2 y 3.	



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	
	En puentes en Clases 1 y 2 de Trazado.  Conjuntos soldados en gasoductos en Clases de Trazado 1 y 2.  (Ver 7.1.4-2.d.)	En plataformas costa afuera o aguas navegables interiores incluyendo acometidas, en Clases de Trazado 1, 2 y 3.	

### 7.1.6. Tabulación de requisitos para el factor de diseño ( $F$ ) para tubo de acero involucrado en caminos y ferrocarriles.

**Tabla 6.**  
**Factor de diseño ( $F$ ) para invasiones paralelas de gasoductos y tuberías principales en caminos y ferrocarriles**



Tipo de vía de comunicación	Clase de Trazado 1	Clase de Trazado 2	Clase de Trazado 3	Clase de Trazado 4
Caminos privados.	0,72	0,60	0,50	0,40
Caminos públicos no mejorados.	0,72	0,60	0,50	0,40
Caminos de superficie dura, autopistas o caminos públicos y ferrocarriles.	0,60	0,60	0,50	0,40

**Tabla 7.**  
**Factor de diseño ( $F$ ) para gasoductos y tuberías principales que cruzan caminos y ferrocarriles**

Tipo de vía de comunicación	Clase de Trazado 1	Clase de Trazado 2	Clase de Trazado 3	Clase de Trazado 4
Caminos privados.	0,72	0,60	0,50	0,40
Caminos públicos no mejorados.	0,72 c/ camisa 0,60 s/ camisa	0,60	0,50	0,40
Caminos de superficie dura, autopistas o caminos públicos y ferrocarriles.	0,72 c/ camisa 0,60 s/ camisa	0,60 c/ camisa 0,50 s/ camisa	0,50	0,40

### 7.1.7. Factor de junta longitudinal ( $E$ ) para tubo de acero.

El factor de junta longitudinal a usarse en la fórmula de diseño de la sección 7.1.1 se determinará de acuerdo con la tabla siguiente:

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

**Tabla 8.**

Especificaciones	Clase de tubo	Factor de junta longitudinal ( <i>E</i> )
IRAM-IAS U500-2613 (*)	Sin costura	1,00
	Soldado por resistencia eléctrica	1,00
	Soldado a tope en horno	0,60
ASTM A 106	Sin costura	1,00
	ASTM A 333	1,00
ASTM A 381	Sin costura	1,00
	Soldado eléctricamente	1,00
ASTM A 671	Soldado por doble arco sumergido	1,00
ASTM A 672	Soldado por fusión eléctrica	1,00
ASTM A 691	Soldado por fusión eléctrica	1,00
API 5L	Sin costura	1,00
	Soldado por resistencia eléctrica	1,00
	Soldado por destello eléctrico	1,00
	Soldado a tope en horno	0,60
Otros	Tubo mayor de 101 mm	0,80
Otros	Tubo de 101 mm o menor	0,60

Nota: (\*) Corresponde a la ASTM A 53.

Si el tipo de junta longitudinal no puede ser determinado, el factor de junta a ser usado no debe exceder los indicados en "Otros".

#### 7.1.8. Factor de variación por temperatura (*T*) para tubos de acero.

Factor de temperatura a usarse en la fórmula de diseño de la sección 7.1.1 se determinará como sigue:



**Tabla 9.**

Temperatura del gas		Factor de reducción por temperatura ( <i>T</i> )
°C	°F	
≤121	≤250	1,00
149	300	0,967
177	350	0,933
204	400	0,900
232	450	0,867

Para temperaturas intermedias del gas, el factor se determina por interpolación.

#### 7.2. Tubo de Polietileno.

1. El tubo plástico nuevo de polietileno está calificado para ser empleado según este reglamento, si:
  - a. Se fabricó según la norma de tubo aceptada, EN 1555 parte 1 y 2; NAG129, o norma equivalente.
  - b. Es resistente a los productos químicos con los cuales es previsible que tomará contacto.

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

2. Para el propósito del párrafo 1.a de esta Sección, cuando es imposible usar un tubo de un diámetro incluido en una especificación aceptada, pueden ser usados tubos de un diámetro intermedio entre los incluidos en una especificación aceptada, si:
  - a. Cumplen con los criterios de resistencia y diseño requeridos al tubo incluido en esa especificación aceptada, y
  - b. Son fabricados a partir de compuestos plásticos que satisfacen los criterios de materiales que se exigen al tubo incluido en esa especificación aceptada.
3. La forma de designación de los tubos de polietileno es por su resistencia a la presión hidrostática a largo plazo (50 años) y por su espesor expresado por su *standard dimension ratio* (SDR = Diámetro Exterior / espesor).

Los polietilenos cuya resistencia a la presión hidrostática a largo plazo es de 80 kg/cm<sup>2</sup>, son denominados PE 80, en cuanto al espesor están normalizados, según su relación, diámetro exterior / espesor, SDR = 11; 17,6; 21; etc.

Para las redes de distribución de gas a un Régimen de Presión MPB se utilizarán, las siguientes calidades y espesores:

Para PE 80; SDR = 11

Para PE 100; SDR = 17,6 o SDR = 11



**Tabla 10.**

Lista de especificación de tubos	
ASTM D 2513	Tubos y tubos termoplásticos.
ASTM D 2517	Tubos y tubos plásticos termo endurecidos.
ISO 4437	Tubos de polietileno para el suministro de combustibles gaseosos.
EN-1555/2	Sistema de tuberías de Polietileno- Tuberías.
GE-N1-129	Redes para la distribución hasta 4 bar de gases de petróleo y manufacturado, de polietileno.-Tubos diversos diámetros hasta 250 mm inclusive.
DIN 8074	Tubos de polietileno de alta densidad (PEAD). Medidas.
DIN 8075	Tubos de PE de alta densidad. Ensayos y requisitos generales de calidad
BGC/PS/PL2: Parte 1	Especificación para tubos y accesorios de polietileno (PE) para gas natural y gas manufacturado. Parte 1-Tubos.

### 7.2.1. Verificación de cumplimiento.

Cada compañía operadora deberá establecer que el tubo nuevo o usado cumpla con los requisitos de las Normas o especificaciones aceptadas, mediante uno de los siguientes métodos:

1. Inspección y ensayo a cargo de un laboratorio acreditado con certificación escrita.
2. Inspección y ensayo a cargo del usuario.
3. Certificación escrita del fabricante en el momento de la compra. Se deberán incluir como parte de esta certificación copias de los registros de control de calidad de producción mencionados por número de lote y envío.

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

### 7.2.2. Resistencia a la intemperie de la tubería de polietileno

La resistencia del tubo de polietileno a la intemperie puede variar mucho. El fabricante del tubo de polietileno deberá entregar una declaración escrita sobre el tiempo que su producto puede almacenarse al aire libre sin sufrir pérdida de las propiedades que lo habilitan para servicio de gas en tubería enterrada. La Empresa Distribuidora habrá de asegurarse de que no se supere el límite de exposición.

Cuando el almacenamiento sea a la intemperie, se deberán considerar períodos de exposición acumulativos. El Código de fabricación marcado en el tubo incluye la fecha de fabricación. Por lo general, la mayoría de los fabricantes guardan los tubos al aire libre antes del embarque, por lo que habrá de tenerse en cuenta este período. El tiempo de exposición puede minimizarse si para retirar tubos del almacenamiento se tiene en cuenta el “orden de llegada”, usando la fecha de fabricación como control. El tubo con fecha de fabricación más antigua deberá ser el primero en instalarse.

Las tuberías de polietileno deberán en lo posible ser almacenadas bajo cubierta adecuada.

### 7.2.3. Diseño de tubos de Polietileno.

La presión de diseño para tubo de polietileno se determinará de acuerdo con la siguiente fórmula, sujeta a las limitaciones siguientes:

1. No podrán usarse cuando la temperatura de funcionamiento exceda los límites de las normas de aplicación del tubo de PE.
2. Cuando su espesor sea menor al indicado en la norma de aplicación.

$$P = 2 \cdot S \frac{t}{(D - t)} \cdot 0,32$$

donde:

$P$  = Presión de diseño manométrica, kPa ( $10^3 \text{ N/m}^2$ ).

$S$  = Para tubo de polietileno, la resistencia hidrostática a largo plazo (50 años), determinada de acuerdo con la norma o especificación aceptada de fabricación, (kPa)

$t$  = Espesor de pared especificado, (mm)



$D$  = Diámetro exterior especificado, (mm).

### 7.3. Criterios en el diseño de redes.

El objetivo del diseño de una red de gas es suministrar el fluido a los usuarios finales a los que va destinados, por lo que:

1. Deberá ser capaz de alimentar a todos los clientes para la que fue diseñada, aun en su pico de consumo.
2. El diseño deberá comprender y justificar en su protocolo de cálculo, la capacidad de la red para abastecer todos los consumos previstos, así sean domésticos, comerciales, industriales y GNV.
3. Los métodos de cálculo deberán tener en cuenta, además de los consumos específicos de la población, en el momento del diseño, su incremento por mejoras del servicio y mayor confort a lo largo del tiempo durante la utilidad de la red y por futuras ampliaciones.
4. Los materiales permitidos para el tendido de la red de distribución de gas son las tuberías de polietileno y las tuberías de acero.



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

5. El diámetro mínimo de una tubería de Red Secundaria, exceptuando las acometidas será de DN 40 mm, a pesar que el cálculo pueda dar como resultado diámetros menores. Para las acometidas el diámetro mínimo será de DN 20 mm.
6. Previo al diseño de redes secundarias que van a ser alimentadas por una red primaria existente deberá verificarse la capacidad de esta última a objeto de que sea suficiente para alimentar a las cargas de caudal existentes y proyectadas.
7. Las redes primarias deberán contemplar la protección catódica conforme a normativa aplicable.
8. Para el cálculo del caudal de la demanda se deberán considerar los siguientes aspectos:

El número de usuarios ( $N$ ) proyectado deberá ser en un tiempo mínimo de 10 años utilizando datos estadísticos actualizados.

El caudal total ( $Q_T$ ) será la suma de los caudales correspondientes a cada una de las categorías establecidas en el reglamento vigente. El caudal total será parámetro para el diseño de la red primaria y los caudales de las categorías doméstica y comercial se utilizará en el diseño de la red secundaria.

$$Q_T = Q_S + Q_{IND} + Q_{GNV}$$

Para el cálculo del caudal de demanda para la red secundaria se utilizara la siguiente fórmula:

$$Q_S = Q_{DOM} + Q_{COM}$$

$$Q_{DOM} = (A_1 \cdot C_1 \cdot S_1 + A_2 \cdot C_2 \cdot S_2) \cdot N$$

(Subíndices: 1 de cocina; 2 de calentador de agua)

donde:

$A$  = Porcentaje de cobertura del aparato, (%)

$C$  = Consumo del aparato, ( $m^3_{(s)}/h$ )

$S$  = Coeficiente de simultaneidad del aparato, (adimensional)

$N$  = Número de usuarios de categoría domestico proyectado, (adimensional)

$Q_S$  = Caudal demandado proyectado en la red secundaria (adimensional)



$Q_{DOM}$  = Caudal demandado en la categoría doméstica, ( $m^3_{(s)}/h$ )

$Q_{COM}$  = Caudal demandado en la categoría comercial, ( $m^3_{(s)}/h$ )

$Q_{IND}$  = Caudal demandado en la categoría industrial, ( $m^3_{(s)}/h$ )

$Q_{GNV}$  = Caudal demandado en la categoría GNV, ( $m^3_{(s)}/h$ ).

El caudal de consumo comercial será evaluado y debidamente justificado por la Empresa Distribuidora. Los porcentajes mínimos de los coeficientes  $A$  y  $S$  se muestran en la tabla siguiente:

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

**Tabla 11.**

Porcentajes Mínimos de cobertura y simultaneidad de aparatos			
Cobertura del aparato		Coeficiente de simultaneidad	
Cocina $A_1$	Calentador de Agua $A_2$	Cocina $S_1$	Calentador de Agua $S_2$
A establecer por la Empresa Distribuidora	20%	15%	30%

### 9. RED SECUNDARIA.

Para el diseño de la red secundaria se podrá emplear la ecuación simplificada de Renouard Cuadrática cuando la presión de suministro es en Media Presión.

$$P_1^2 - P_2^2 = 48,6d_r L_e \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}} \quad (\text{unidades SI})$$

Siendo,  $L_e$  la Longitud equivalente:

$$L_e = 1,20L$$

donde:

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (bar)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (bar)

$d_r$  = Densidad relativa del gas, (adimensional)

$L$  = Longitud de la tubería, (m)

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, ( $m^3_{(s)}/h$ )



$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm)

$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (m).

Dicha ecuación podrá ser empleada con un método de iteración numérica a través de un software especializado. También se pueden usar otras ecuaciones tal como la ecuación de Weymouth aplicada al método de Hardy Cross de aproximaciones sucesivas o similar.

La velocidad  $v$  del gas en m/s, se calcula mediante la fórmula:

$$v = 365,3 \frac{Q}{D^2 P_m} \quad (\text{unidades SI})$$

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

donde:

$v$  = Velocidad del gas, (m/s)

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, ( $m^3_{(s)}/h$ )

$P_m$  = Presión promedio absoluta (presión relativa o manométrica más presión atmosférica del lugar de la instalación) al inicio y al final de un tramo de instalación, (bar)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

La presión promedio  $P_m$  en el tramo puede calcularse por la siguiente expresión:

$$P_m = \frac{2}{3} \frac{P_1^3 - P_2^3}{P_1^2 - P_2^2}$$

debiendo en estas condiciones verificarse la relación entre el caudal  $Q$  ( $m^3/h$ ) y el diámetro interno  $D$  (mm):

$$\frac{Q}{D} < 150 \quad \text{(unidades SI)}$$

#### 10. RED PRIMARIA.

Para el diseño de la Red Primaria se podrá emplear la ecuación de Weymouth para diámetros comprendidos entre 2 hasta 12 pulgadas.

$$Q = 3,7435 \times 10^{-3} E \cdot \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \cdot \left( \frac{P_1^2 - P_2^2}{GT_m LZ} \right)^{0,5} D^{2,667} \quad \text{(unidades SI)}$$

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, ( $m^3_{(s)}/día$ )

$E$  = Factor de eficiencia de la tubería, un valor decimal menor o igual que 1, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)

$P_b$  = Presión base, (kPa)



$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio de flujo del gas, K (273+°C)

$L$  = Longitud de tubería, (km)

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

El subíndice  $b$ , denota condiciones estándar de presión y temperatura (condiciones base).

Dicha ecuación se podrá utilizar para el cálculo de la capacidad de caudal de un sistema de redes de tuberías de gas.

**a) Corrección por diferencia de nivel.**

Para calcular el caudal de la tubería tomando en cuenta la elevación en su recorrido, la ecuación de Weymouth incorpora un parámetro de ajuste:

$$Q = 3,7435 \times 10^{-3} E \cdot \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \cdot \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{GT_m L_e Z} \right)^{0,5} \cdot D^{2,667} \quad (\text{unidades SI})$$

La longitud equivalente tiene la siguiente expresión:

$$L_e = \frac{L \cdot (e^s - 1)}{s} \quad (\text{unidades SI})$$

siendo,

$$s = 0,0684 \cdot G \cdot \left( \frac{H_2 - H_1}{T_m \cdot Z} \right) \quad (\text{unidades SI})$$

donde:

$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (km)

$L$  = Longitud de la tubería, (km)

$s$  = Parámetro de ajuste por elevación, (adimensional)

$e$  = Base del logaritmo natural, ( $e=2,718\dots$ )

$H_1$  = Elevación de la tubería de entrada, (m)

$H_2$  = Elevación de la tubería de salida, (m)

$T_m$  = Temperatura promedio de flujo del gas, K ( $273+^{\circ}\text{C}$ )



$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional).

La longitud  $L_e$  y el término  $e^s$ , toma en cuenta la diferencia de elevación entre la tubería de entrada y la de salida.

**b) Velocidad de flujo.**

En general la velocidad en cualquier punto “i” de la tubería está dada por:



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$$v = 14,7349 \cdot \left( \frac{Q}{D^2} \right) \cdot \left( \frac{P_b}{T_b} \right) \cdot \left( \frac{ZT_i}{P_i} \right) \quad (\text{unidades SI})$$

donde:

$v$  = Velocidad del gas, (m/s)

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm)

$P_b$  = Presión base, (kPa)

$T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

$T_i$  = Temperatura promedio de flujo del gas en el punto i, K (273+°C)

$P_i$  = Presión en el punto i de la tubería, (kPa).

### c) Velocidad erosional.

Al crecer la velocidad, se pueden presentar ruidos y vibraciones. Adicionalmente altas velocidades pueden causar erosiones en el interior de la tubería a lo largo del tiempo. El límite máximo de la velocidad del gas es usualmente calculado aproximadamente por la siguiente ecuación:

$$v_e = 1,22 \frac{C}{\sqrt{\rho}} \quad (\text{unidades SI})$$

donde:

$v_e$  = Velocidad erosional de flujo, (m/s)

$C$  = Constante empírica, se aplica un valor de 100 para servicio continuo y 125 para servicio intermitente,  
(adimensional)

$\rho$  = Densidad del gas a temperatura de flujo, (kg/m<sup>3</sup>).

Esta fórmula puede ser expresada en términos de presión y temperatura:



$$v_e = 1,22C \sqrt{\frac{ZRT}{29GP}} \quad (\text{unidades SI})$$

donde:

$v_e$  = Velocidad erosional, (m/s)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas a temperatura de flujo, (adimensional)

$R$  = Constante universal de los gases, (8.314,4472 Nm/kmol K)

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$T$  = Temperatura del gas, K (273+°C)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$P$  = Presión absoluta del gas, (Pa).



11. La Empresa Distribuidora podrá aplicar otras ecuaciones de flujo para el Sistema de Distribución de gas natural tanto para la Red Primaria como la Red Secundaria. En el Apéndice A, se muestran para consulta algunas fórmulas utilizadas para el cálculo de tuberías de gas.

### 7.3.1. Trazado.

1. El estudio del trazado debe contener entre otras cosas, el análisis de una fácil instalación y una operación posterior sin causar inconvenientes mayores a terceros.
2. Debe contemplarse la seguridad y acceso permanente a las válvulas de bloqueo que sean necesarias ubicar en el tendido de la red.
3. Se deberá elegir entre los trazados previstos inicialmente, los que presenten menores riesgos por obras de terceros e interactúen en menor medida con el resto de las instalaciones subterráneas.
4. Evitar atravesar propiedades privadas o de difícil acceso.
5. Las redes secundarias serán instaladas en áreas de propiedad pública y podrán ser instaladas en áreas comunes que cumplan lo siguiente:
  - a. En calles y/o callejones de dominio público cuyo acceso cuente con rejas o portones, se permitirá la construcción de redes secundarias bajo los parámetros señalados en el parágrafo I del Artículo 22 del Reglamento Técnico, siempre y cuando el acceso para su construcción, operación y mantenimiento a la Empresa Distribuidora sea irrestricto.
  - b. En Urbanizaciones Cerradas, se permitirá la construcción de redes secundarias bajo los parámetros señalados en el punto anterior, siempre y cuando el acceso para su construcción, operación y mantenimiento a la Empresa Distribuidora sea irrestricto.
6. Se deberá obtener la información correspondiente de los organismos oficiales, sobre planes futuros de ampliación o de construcción de viviendas.
7. Antes de iniciar el diseño se deberá obtener como referencia, entre otras las siguientes disposiciones:
  - a. Disposiciones sobre vías.
  - b. Disposiciones de los gobiernos municipales.
  - c. Servidumbres.
  - d. Reglamentos de empresas (ferrocarriles, carreteras, vías fluviales, otros servicios públicos, etc.).
  - e. Reglamento de seguridad.
  - f. Especificaciones de la Empresa Distribuidora.

### 7.3.2. Seccionamiento de la red.

1. Se deberá prever el seccionamiento de la red en zonas de un número de manzanas adecuadas y en relación con el número de clientes abastecidos, para facilitar el bloqueo y venteo de la zona en caso de accidente.
2. Para simplificar la operación de bloqueo se deberán ubicar el conjunto de válvulas necesarias para seccionar la red en la proximidad inmediata unas de otras y cuando sea posible su ubicación en cámaras compartidas.
3. Para evitar que algún bloqueo de red derive en el corte de suministro a un número mayor de clientes que al necesario, se deberán alimentar las redes secundarias por más de una derivación de la red

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

primaria y cuando eso no fuera posible se diseñará la red de forma que quede cerrada en anillo.

4. El plano de seccionamiento debe ser realizado en una cartografía de fácil comprensión, con indicación de las zonas de bloqueo, ubicación de las válvulas de bloqueo.
5. Otro factor a tener en cuenta para limitar el área de seccionamiento es que el tiempo de venteo de toda el área deberá ser menor de 15 minutos.
6. A título ilustrativo se menciona a continuación una de las fórmulas aceptadas para la determinación del tiempo de evacuación de gas, para venteos en las redes primarias y secundarias:

$$T(\text{minutos}) = \left( \frac{D_i}{d_i} \right) \cdot L \cdot \log \left( \frac{P_0}{P_f} \right) \quad (\text{unidades SI})$$

donde:

$T$  = Tiempo de evacuación del gas, (min)

$P_0$  = Presión absoluta inicial (tomada en el punto de medición de la velocidad), (kPa)

$P_f$  = Presión absoluta final, remanente en la tubería luego de la purga, (kPa)

$D_i$  = Diámetro de la tubería a purgar, (mm)

$d_i$  = Diámetro del orificio de purga, (mm)

$L$  = Intervalo entre 2 órganos de venteo, (km).



### 7.3.3. Presiones de suministro.

1. El diseño de la Red Secundaria, se realizará con una presión máxima de 4 bar (MPB), considerada técnicamente apta para otorgarle una buena elasticidad operativa y un grado de seguridad compatible con el trazado en medio de la ciudad.
2. La mínima presión de la Red Secundaria como condición de borde, será de 1,0 bar, salvo en los lugares donde se prevea la ampliación futura de la red.
3. El diseño de la Red Primaria, se realizará con una presión máxima de 42 bar (AP), en función a la Clase de Trazado.
4. La mínima presión de la Red Primaria dependerá de los requerimientos de presión de usuarios industriales, GNV y EDRs.
5. El diseño de la red se realizará por el sistema de programación variable, es decir que se preverán las ampliaciones y mejoras de suministro por un lapso de 10 años, luego se realizarán los refuerzos necesarios que surjan del análisis del monitoreo permanente de las presiones operativas.
6. Para poder realizar las ampliaciones que señala el inciso anterior, se deberá diseñar la red de manera que facilite ese tipo de refuerzos.

### 7.3.4. Velocidad del gas.

Para evitar la alta velocidad del gas en las tuberías, lo que traería aparejado un importante desgaste, pérdida de carga, ruido y movimiento del polvo contenido en el gas, se limitarán a los siguientes valores, según su presión y zona de red:

1. En tramos de red nueva: 20 m/s
2. En tramos de equipos de medición: 15 m/s
3. En tramos extremos de la red sin posibilidad de expansiones: 40 m/s

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

La velocidad en la red en ningún caso deberá superar a la velocidad erosional.

## 8. Accesorios para las tuberías.

### 8.1. Materiales.

1. Cada componente de una tubería debe ser capaz de soportar las presiones de operación y otras cargas previstas sin detrimento de su eficacia con tensiones unitarias equivalentes a las admisibles para tubos de material comparable en la misma trayectoria y Clase de Trazado. No obstante, si no fuera posible el diseño basado en las tensiones unitarias para un componente particular, el diseño podrá basarse en un régimen de presión establecido por el fabricante sometiendo a ese componente, o a un prototipo del mismo, a ensayos de presión.
2. Los materiales a ser usados deberán contar con la certificación de producto correspondiente.
3. Todos los componentes deben ser del mismo material que la tubería de conducción del gas así mismo el componente de polietileno de los accesorios de transición, salvo que precisamente se trate de un accesorio de transición entre dos materiales distintos.
4. Todos los materiales de los accesorios deben ser compatibles en sus propiedades y características con el material de la tubería en el cual se instalaran.

### 8.2. Accesorios normales para unión de tuberías.



#### 8.2.1. Accesorios de acero.

1. El espesor mínimo de metal de los accesorios roscados no podrá ser menor que el especificado para las presiones y temperaturas indicadas en las normas aplicables o sus equivalentes.
2. Los accesorios que pueden ser utilizados en las redes primarias y secundarias, comprenden los codos de radio largo, las tees, las reducciones concéntricas, los tapones, las monturas de derivación, los accesorios para derivación de servicios, etc.
3. Cada accesorio de acero soldado a tope deberá tener regímenes de presión y temperatura basados en tensiones para tubo del mismo material o equivalente. La resistencia real al estallido del accesorio deberá por lo menos igualar la resistencia del estallido calculada para tubo de material y espesor de pared determinados, según lo establecido por un prototipo ensayado, por los menos, a la presión requerida para el gasoducto al cual se agrega.
4. Los accesorios de acero con soldadura a tope deben cumplir con ANSI B 16.9 o MSS SP-75, y tener regímenes de presión y temperatura basados en tensiones para tubo de material igual o equivalente.
5. Los accesorios roscados deberán cumplir con ANSI B16.3, ANSI B16.4, ANSI B16.11, ANSI B16.15, MSS SP-83, o equivalente.
6. El menor espesor admitido de los accesorios es el estándar o schedule (esquema)40.
7. Todos los accesorios deberán cumplir con la norma ASTM A 105 en lo referente a materiales.

#### 8.2.2. Accesorios de polietileno.

El sistema autorizado para la unión de los accesorios de polietileno a emplear en las redes de distribución de gas es el de *electrofundición* en concordancia con las normas EN 1555 Parte 3, NAG-131 o norma equivalente. Otros sistemas de unión deberán ser autorizados expresamente por el Ente Regulador a solicitud



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

fundamentada por la Empresa Distribuidora.

### 8.2.3. Accesorios de Transición PE-Acero.

Para la unión de los tubos de polietileno con las tuberías de acero se deberá emplear accesorios de transición, que confinen el polietileno en ranuras practicadas en la parte metálica, impidiendo su desarme por tracción o por desenroscado. Estos accesorios deberán responder a la norma EN 1555 parte 3, NAG-132 o norma equivalente.

### 8.2.4. Prohibición de roscas.

Está absolutamente prohibido el empleo de accesorios de polietileno que sellen sus uniones mediante el uso de roscas talladas en su cuerpo, o los denominados rosca - compresión.

## 8.3. Válvulas.

### 8.3.1. Válvulas en líneas de distribución.

Toda válvula en una tubería principal instalada para fines de operación o emergencia, deberá cumplir con lo siguiente:

- Estar ubicada en una zona rápidamente accesible, de manera de facilitar su operación en una emergencia;
- El vástago o mecanismo de operación deberá ser fácilmente accesible;
- Si se halla instalada dentro de una cámara enterrada o recinto cubierto, el elemento que la aloje deberá estar instalado de modo de evitar la transmisión de cargas externas a la tubería principal.

### 8.3.2. Características físicas.

Se deberán considerar las siguientes características físicas al establecer la ubicación de las válvulas en un sistema de distribución de alta presión:

- Dimensiones de la zona a aislar.
- Rasgos topográficos (tales como ríos, autopistas y ferrocarriles).
- Cantidad de válvulas necesarias para aislar la zona.



### 8.3.3. Características operativas.

Se deberán considerar las siguientes características operativas al establecer la ubicación de las válvulas en un sistema de distribución de alta presión:

- Cantidad de clientes y clientes tales como hospitales, escuelas y consumidores comerciales e industriales que se verían afectados.
- Tiempo requerido para que el personal disponible lleve a cabo los procedimientos de aislamiento.
- Tiempo requerido para controlar la presión en la zona aislada mediante venteo y transferencia de gas a sistemas continuos.
- Tiempo requerido para que el personal disponible restituya el servicio al usuario.

### 8.3.4. Bloqueo de la Estación Distrital de Regulación.

Cuando un sistema de distribución se abastece con más de una EDR, o cuando se prevé que el sistema creará una significativa retroalimentación, se deberá considerar aislar las EDRs de la misma durante una emergencia, lo que se hará de una de las siguientes formas:

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

1. Instalación de válvulas en la tubería en la entrada y salida de la EDR, a una distancia que permita la operación de las mismas, durante una emergencia que impida el acceso al EDR.
2. Utilización de válvulas en el sistema de distribución para impedir una retroalimentación en la EDR.
3. Desarrollo de un procedimiento para bloquear todas las EDRs que abastecen el sistema.



### 8.3.5. Cámaras para válvulas. Requisitos de diseño estructural.

1. Toda cámara subterránea para: válvulas, válvulas de alivio o limitadores de presión, deberá ser apta para proteger el equipo instalado soportando las cargas que pudieran ser impuestas sobre ella.
2. Deberá contar con suficiente espacio de trabajo de manera que el equipo requerido en la cámara pueda ser debidamente instalado, operado y mantenido; así como el espacio y los elementos necesarios para asegurar un fácil y rápido egreso o salvataje.
3. Todo tubo de entrada, los que están dentro, y los de salida de cámara, deberán ser de acero, exceptuando los tubos de control. En los casos en que la tubería se extienda a través de la estructura de la cámara, deberá impedirse el pasaje de gases o líquidos a través de la abertura y evitarse deformaciones en la tubería.
4. Los diseños de las cámaras se muestran a modo referencial en la figura y las tablas siguientes.

**Tabla 12.**  
**Dimensiones mínimas en relación con la Figura 1 para serie ANSI 150**

Dimensiones	Serie 150						
	Tipos según diámetros de válvulas						
	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7
<b>Ø n</b>	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"
<b>A</b>	900	900	900	1200	1300	1300	1400
<b>B</b>	900	900	900	1200	1300	1300	1400
<b>C</b>	Según tapada			1200	1300	1300	1400
<b>D</b>	450	450	450	550	600	600	650
<b>E</b>	450	450	450	650	700	700	750
<b>F</b>	400	400	400	500	500	500	500
<b>G</b>	Según tapada			700	800	800	900
<b>H</b>	360	350	340	450	500	480	520
<b>J</b>	178	203	229	267	292	330	356
<b>K</b>	362	347	331	483	508	490	524
	Dimensiones de la tapa						
<b>Tapa modelo</b>	X	X	X	Y	Z	Z	Z
<b>N° de módulos (N)</b>	1	1	1	2	3	3	3
<b>P</b>	-	-	-	632	455	455	488
<b>W</b>	-	-	-	1264	1364	1364	1464



Nota: Todas las dimensiones deberán leerse en milímetros.

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

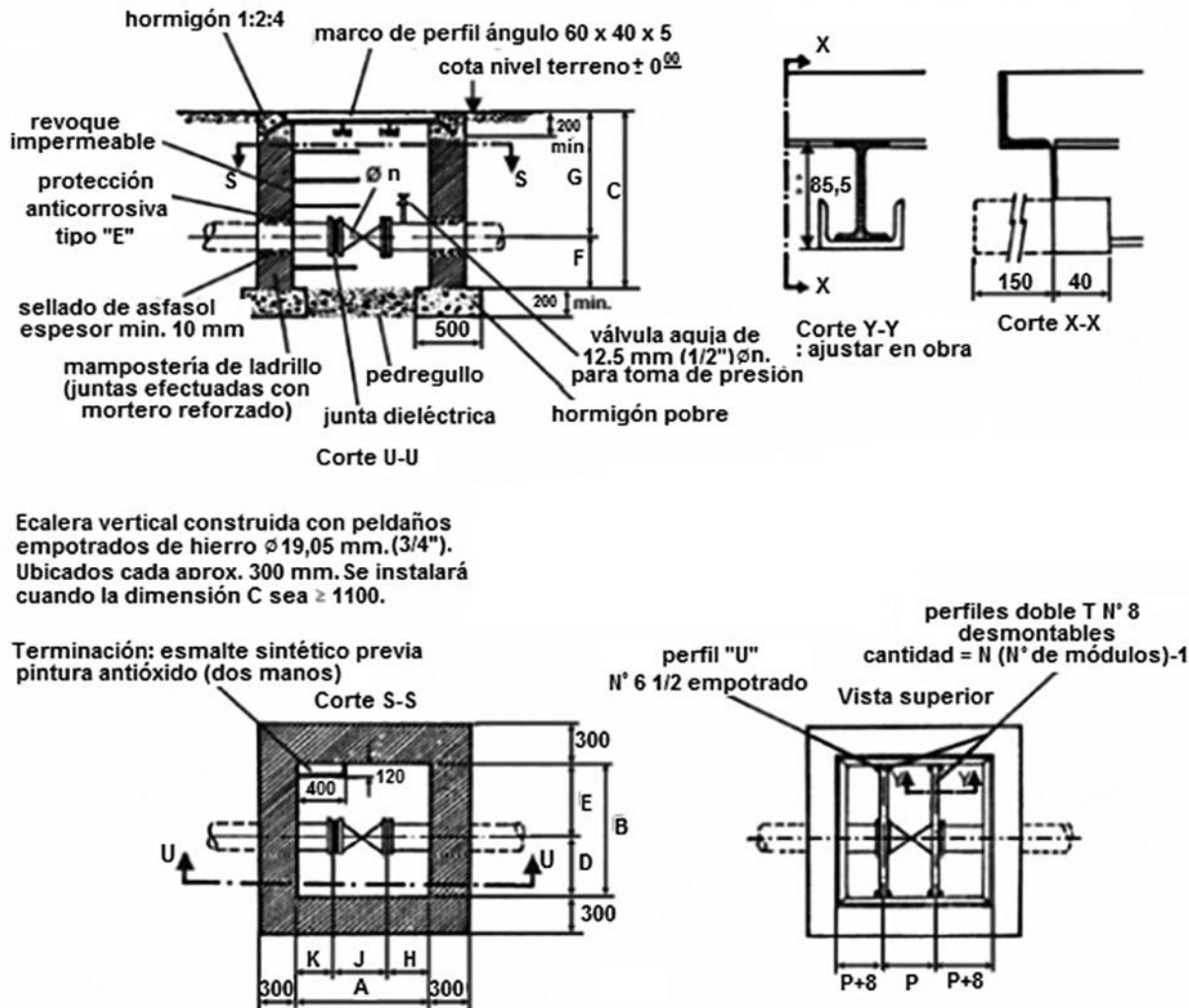
**Tabla 13.**  
**Dimensiones mínimas en relación con la Figura 1 para serie ANSI 300**

Dimensiones	Serie 300						
	Tipos según diámetros de válvulas						
	N°8	N°9	N°10	N°11	N°12	N°13	N°14
<b>Ø n</b>	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"
<b>A</b>	900	900	900	1200	1300	1300	1400
<b>B</b>	900	900	900	1200	1300	1300	1400
<b>C</b>	Según tapada			1300	1400	1400	1400
<b>D</b>	450	450	450	550	600	600	650
<b>E</b>	450	450	450	650	700	700	750
<b>F</b>	400	400	400	500	500	500	500
<b>G</b>	Según tapada			800	900	900	900
<b>H</b>	340	310	300	400	440	420	450
<b>J</b>	216	283	305	403	419	457	502
<b>K</b>	344	307	295	397	441	423	448
	<b>Dimensiones de la tapa</b>						
<b>Tapa modelo</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Z</b>	<b>Z</b>
<b>Nº de módulos (N)</b>	1	1	1	2	3	3	3
<b>P</b>	-	-	-	632	455	455	488
<b>W</b>	-	-	-	1264	1364	1364	1464

Nota: Todas las dimensiones deberán leerse en milímetros.

	<p style="text-align: center;">ANEXO 1: DISEÑO DE REDES  REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS  NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</p>		
<p>Código: ANH/DS1996-A1</p>	<p>Versión: 2</p>	<p>Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015</p>	

**Figura 1**  
**Cámara tipo para válvula de bloqueo sin venteo para redes primarias**





### 8.3.5.1. Soportes.

El equipo y las tuberías en cámaras y pozos deberían estar adecuadamente soportadas por apoyos de metal, mampostería u hormigón. Las tuberías de control se ubicarán y soportarán de modo de reducir al mínimo su exposición a los daños.

### 8.3.5.2. Ubicación de aberturas.

1. Las aberturas de cámaras se ubicarán de manera de reducir el peligro de caída de herramientas u otros objetos sobre el regulador, tuberías o demás equipos. Las tuberías de control y las piezas de servicio del equipo instalado no deberán ubicarse debajo de una abertura a menos que dichas piezas estén

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

adecuadamente protegidas para que los operarios no las pisen.

2. Al diseñar la cámara para proteger el equipo instalado, se deberán considerar los incidentes que puedan hacer que partes del techo o tapa caigan en la cámara.

### 8.3.5.3. Tapas.

Se deberá instalar una tapa adecuada si la abertura de la cámara se encuentra sobre equipo que podría dañarse por la caída de la tapa.

La tapa deberá contar con una señalización, indicando el logotipo o sigla de la Empresa Distribuidora.

### 8.3.5.4. Accesibilidad de las cámaras.

Toda cámara deberá ser ubicada en una zona accesible y tan lejos como sea posible de:

1. Intersección de calles o puntos donde el tránsito sea pesado o denso;
2. Puntos de mínima elevación, bocas de tormenta o lugares donde la tapa de acceso podría estar en el curso de aguas de superficie; y de
3. Instalaciones de agua, electricidad, vapor u otras.

### 8.3.5.5. Sellado, venteo y ventilación de las cámaras.



Toda cámara subterránea cubierta deberá ser sellada, venteada o ventilada como sigue:

1. Cuando el volumen interno exceda de  $6\text{m}^3$ .
  - a. La cámara deberá ser ventilada con dos conductos, teniendo cada uno por lo menos el efecto de ventilación de una abertura de 100 mm de diámetro.
  - b. La ventilación deberá ser suficiente para reducir al mínimo la formación de una atmósfera combustible en la cámara; y
  - c. Los conductos deberán sobresalir lo suficiente sobre el nivel del terreno como para dispersar cualquier mezcla gas-aire que pudiera ser necesario evacuar.
2. Cuando el volumen interno sea mayor de  $2\text{m}^3$  y menor de  $6\text{m}^3$ .
  - a. Si la cámara es sellada, toda abertura deberá contar con una tapa que ajuste herméticamente y sin orificios abiertos por donde podría inflamarse una mezcla explosiva, y deberá poseer medios para poder probar la atmósfera interior antes de retirar la tapa;
  - b. Si la cámara es venteada, deberá contar con medios para prevenir que fuentes externas de ignición alcancen la atmósfera de la cámara; o
  - c. Si la cámara está ventilada, se aplicarán los párrafos 1 o 3 de esta sección.
3. Si las cámaras comprendidas en el párrafo 2 de esta sección están ventiladas por medio de aberturas en las tapas o rejillas y la relación de volumen interno en metros cúbicos y el área efectiva de ventilación de la tapa o rejillas en metros cuadrados, es menor que 20 a 1, no se requiere ventilación adicional.

### 8.3.5.6. Cámaras. Drenaje e impermeabilización.

1. Las paredes de las cámaras deberán estar impermeables al ingreso de agua u otro fluido utilizando aditivos o pinturas para tal fin.
2. Toda cámara deberá ser diseñada para reducir al mínimo la entrada de agua.
3. Toda cámara no podrá ser conectada mediante una conexión de drenaje a cualquier otra estructura subterránea.
4. Todo equipo eléctrico instalado en la cámara deberá cumplir con los requerimientos aplicables a la



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

Clase 1 División 1 Grupo D del NFPA 70 o norma equivalente.

5. El equipo instalado en las cámaras deberá diseñarse a fin de continuar operando de manera segura en caso de quedar sumergido.

### 8.3.6. Tipos de Válvulas.

1. Con excepción de las válvulas de fundición y polietileno, cada válvula deberá cumplir con los requerimientos mínimos o equivalentes de la API 6D. No podrán usarse válvulas bajo condiciones de trabajo que superen los regímenes aplicables de presión y temperatura incluidos en esos requisitos.
2. Cada válvula de red de distribución deberá cumplir con lo siguiente:
  - a. La válvula deberá tener un régimen máximo de presión de servicio para temperaturas que iguallen o superen la máxima temperatura deservicio.
  - b. Se ensayarán válvulas como parte de la fabricación, de la siguiente forma:
    - i. Con la válvula en posición totalmente abierta, se ensayará el cuerpo sin pérdidas hasta una presión de por lo menos 1,5 veces la máxima presión de servicio.
    - ii. Después del ensayo del cuerpo, se ensayará el asiento a una presión no inferior a 1,5 veces el régimen máximo de presión de servicio. Con excepción de las válvulas de retención a charnela, la presión de prueba durante el ensayo del asiento se aplicará sucesivamente a cada lado de la válvula cerrada con el lado opuesto abierto. No se permiten fugas visibles.
    - iii. Una vez completada la última prueba de presión, se operará la válvula a su recorrido completo a efectos de verificar que no hay defectos.
3. Cada válvula deberá poder cumplir con las condiciones de servicio previstas.
4. Las válvulas con cuerpo de hierro dúctil no podrán usarse a presiones que superen el 80% de los regímenes de presión para válvulas de acero comparables a la temperatura prevista. Sin embargo, si podrá usarse una válvula con regímenes de presión para válvulas de acero comparables a la temperatura mencionada, si:
  - a. La presión de servicio ajustada por temperatura no supera los 70 bar (1000 psi); y
  - b. No se usa soldadura en ningún componente de hierro dúctil en la fabricación del cuerpo de la válvula o en su montaje.

#### 8.3.6.1. Válvulas de fundición de hierro con bridas en tuberías de acero.



Se deberá tomar en cuenta el efecto de las tensiones secundarias (Ej. la resultante de movimientos de tierra, expansión y contracción u otras fuerzas externas) que pudieran afectar la integridad estructural de válvulas de hierro fundido con bridas en tuberías de acero. Podrán usarse soportes adecuados, acoples de compresión u otros medios.

#### 8.3.6.2. Válvulas no mencionadas.

Si bien API-6D no enumeran todos los diámetros de válvulas (como por ejemplo, las menores de 2”), sigue siendo práctico para un fabricante diseñar, construir y ensayar válvulas de cualquier diámetro de acuerdo con todos los requisitos aplicables a la API-6D cumpliendo así con los criterios de equivalencia. No obstante, no se permite el estampado API en diámetros fuera del alcance de la norma API.

#### 8.3.6.3. Instalación de válvulas en tubos polietileno

Toda válvula instalada en tubería de polietileno deberá ser diseñada de manera de proteger el material contra cargas excesivas torsionales o de corte cuando sea accionada y de cualquier otro esfuerzo secundario que podría ser ejercido a través de la válvula o de su recinto.

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

### 8.3.6.3.1. Cargas impuestas por operación de válvula de polietileno.

Los métodos comunes para impedir deformaciones excesivas en tubos de polietileno en instalaciones de válvulas, incluyen los siguientes:

1. Uso de una válvula con bajo momento torsor operativo.
2. Anclaje del cuerpo de la válvula para resistir deformaciones por torsión.
3. Hacer la transición de plástico a metal a determinada distancia de la válvula. Las piezas de transición de aproximadamente 60 cm de longitud por lo general brindarán suficiente estabilidad. Sin embargo, cada instalación debería estar diseñada para impedir deformación excesiva en el tubo plástico.
4. Uso de tubo camisa rígido sujeto a la válvula. Las camisas de aproximadamente 100 cm de longitud por lo general brindarán suficiente estabilidad. Sin embargo, cada instalación debería estar diseñada para impedir excesiva deformación en el tubo de polietileno.

### 8.3.6.3.2. Tensiones secundarias.



1. **Transiciones metal-plástico.** Toda transición de tubo plástico a metal o a un tramo más rígido de tubo plástico deberá estar soportada por suelo bien compactado o no perturbado, mediante apuntalamiento o encamisado.
2. **Recintos de válvulas.** Cuando se usen cajas de veredas u otros recintos, los mismos no deberán ser soportados por el tubo plástico y bajo ningún concepto impondrán tensiones secundarias al mismo.

## 8.4. Acoples (Bridas y sus accesorios).

1. Todas las bridas y sus accesorios (excepto de fundición de hierro) deberán cumplir con los requisitos mínimos de ANSI B 16.5, MSS SP-44 o sus equivalentes.
2. Cada unión a bridas deberá poder soportar la máxima presión a la cual operará la tubería y mantener sus propiedades físicas y químicas a cualquier temperatura a la que se prevé que se vería sujeta durante el servicio.

### 8.4.1. Tipos de bridas.

1. Las dimensiones y las perforaciones para todas las bridas de líneas o extremos deberán ajustarse a una de las siguientes normas:
2. ANSI B-16.5 Apéndice A series enumeradas para hierro y acero.
3. MSS SP-44 Bridas para tuberías de acero.
4. ANSI B-16.24 Bridas y accesorios con bridas de bronce olatón.
5. Podrán usarse bridas con solapas en diámetros y presiones establecidos por ANSI B-16.5.
6. Se pueden usar bridas deslizables si cumplen con los tamaños y presiones establecidos en la norma ANSI B-16.5 y MSS-SP-44.
7. Las bridas deslizables de sección rectangular pueden ser sustituidas por bridas deslizables a enchufe siempre que el espesor sea incrementado hasta alcanzar idéntica resistencia a la calculada en base a la Sección, Recipientes de Presión, del Código ASME para Calderas y Recipientes a Presión.
8. Se pueden utilizar bridas con cuello para soldar en los diámetros y presiones establecidas por las normas ANSI B 16.5 y MSS SP-44. El diámetro interior de las bridas debe corresponder al diámetro interior de la tubería a la que está aplicada.
9. Las bridas de hierro dúctil deberán ajustarse a las normas de material, dimensiones y restricciones de servicio enumeradas en las normas del inciso a). Los requisitos de los bulones para bridas de hierro

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

dúctil deberán ser los mismos que para las bridas de acero al carbono y de baja aleación.



#### 8.4.1.1. Juntas aislantes monolíticas.

Para el empleo de aislaciones enterradas en redes de acero, se usarán las juntas aislantes de dos extremidades lisas a soldar, cuyas características principales serán:

1. Las partes metálicas estarán constituidas de acero ASTM A 234; API 5L; ASTM A 53.
2. Los otros materiales deberán ser escogidos por el fabricante en función de las condiciones de utilización, con el fin de que su envejecimiento, la acción de los componentes del gas y de los agentes exteriores no modifiquen en el tiempo, las características y *desempeño* de la junta.
3. Deberán ser del tipo *monoblock* no desmontable y su clase de presión será ANSI 300.
4. Su diámetro interior no deberá ser inferior al 96% del diámetro interior de los tubos de acero en los cuales se instalarán.
5. Las soldaduras se controlarán siguiendo las indicaciones de la norma API 1104.
6. La superficie exterior de la junta aislante será recubierta por revestimiento anticorrosivo, a excepción de los 150 mm de las extremidades a soldar. El espesor mínimo del revestimiento será de 2 mm.
7. Las extremidades estarán biseladas según las especificaciones ANSI B 16.9 y B 12.25.

#### 8.4.1.2. Caras de las bridas.

1. Las bridas de fundición, hierro dúctil y acero deberán tener caras de contacto terminadas de acuerdo con MSS SP-6, Acabados Estándar para Caras de Contacto de Bridas de Conexión, Bridas para Conexión de Extremos de Válvulas y Accesorios.
2. Las bridas no ferrosas deberán tener caras de contacto terminadas según ANSI B16.24.
3. Las bridas de unión de fundición integrales clase 25 y clase 125 pueden usarse con una junta de cara completa o de anillo plano que se extiende al borde interno de los agujeros de los espárragos. Al usar una junta de cara completa, los espárragos deben ser de acero aleado (ASTM A193). Si se usa una de anillo, los espárragos serán de acero al carbono, sin tratamiento térmico, con excepción de alivio de tensión, equivalente a ASTM A 307 Grado B.
4. Al abulonar entre sí dos bridas de unión de fundición integrales clase 250, con caras salientes en 1/6 pulgadas, los espárragos deberán ser de acero al carbono, sin tratamiento térmico, excepto alivio de tensión, equivalente a ASTM A 307 Grado B.
5. Las bridas de acero clase 150 podrán abulonarse a bridas de fundición clase 125. Cuando se emplee este tipo de construcción, deberá eliminarse el resalte de la cara de 1/16" (1,6 mm) de la brida de acero. Al abulonarse entre sí dichas bridas, usando unas juntas de anillo plano que se extiende al borde interno de los agujeros de los espárragos, éstos deberán ser de acero al carbono, sin tratamiento térmico, excepto alivio de tensión, equivalente a ASTM A 307 Grado B. Cuando se usen juntas de cara completa los espárragos podrán ser de acero aleado (ASTM A 193).
6. Podrán usarse bridas de cuello de acero forjado que tengan un diámetro externo y agujereado igual a lo establecido en ANSI B16.1, pero con espesores de bridas, dimensiones del centro, y detalles especiales de las caras modificados, abulonadas a bridas de fundición de cara plana, y podrán operar a los regímenes de presión-temperatura de ANSI B 16.1, Bridas de Fundición Clase 125, siempre que:
  - a. El espesor mínimo de brida, T, de la brida de acero no sea inferior a lo especificado para diámetros de 6" y mayores.
  - b. Se usen bridas con juntas no metálicas de cara completa que se extienden a la periferia de la brida.

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

- c. Se haya probado por ensayo que el diseño de la unión es adecuada al rango de presión a que será sometida.



## 8.4.2. Espárragos.

### 1. Generalidades:

- a. Para todas las uniones de bridas, excepto las descritas en los puntos 3, 4 y 5 de la sección 8.4.1.2, los espárragos deberán ser de acero aleado según ASTM A 193, A320, o A 354, o de acero al carbono tratado térmicamente según ASTM A 449. Sin embargo, los espárragos para bridas Clase 250 y 300 según normas nacionales de EE.UU. que se usarán a temperaturas de entre  $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $232\text{ }^{\circ}\text{C}$  podrán hacerse de acuerdo con ASTM 307, Grado B.
- b. Deberá usarse material de acero aleado para espárragos que se ajusten a ASTM A 193 o ASTM A 354 para bridas de aislamiento si dichos espárragos están  $1/8''$  ( $3,2\text{ mm}$ ) sub dimensionados.
- c. Los materiales de las tuercas deben ajustarse a ASTM A 194 y A 307. Las tuercas A 307 deben usarse sólo con espárragos A 307.
- d. Todos los espárragos de acero al carbono y aleado, los espárragos prisioneros, y sus tuercas, deberán roscarse de acuerdo con las siguientes series de roscado y dimensiones requeridas por ANSI B1.1.
  - i) Acero al carbono: Todos los espárragos de acero al carbono y espárragos prisioneros deberán tener roscas de paso grande, dimensiones clase 2A, y sus tuercas dimensiones clase 2B.
  - ii) Acero aleado: Todos los espárragos de acero aleado y espárragos prisioneros con diámetros nominales de  $1''$  y menores, deberán ser de series de roscas de paso grande; los diámetros nominales de  $1\ 1/8''$  y mayores deberán ser de serie de rosca 8. Los espárragos y espárragos prisioneros deberán tener dimensiones clase 2A, y sus tuercas, clase 2B.
- e. Los espárragos deberán tener cabezas cuadradas normales y hexagonales gruesas según normas ANSI y tuercas hexagonales gruesas según normas ANSI conforme a las dimensiones de ANSI B18.2.1. y B18.2.2.
- f. Las tuercas cortadas de metal en barra de manera tal que el eje esté paralelo a la dirección del trefilado de la barra podrán usarse en todos los diámetros para uniones en las cuales una o ambas bridas son de fundición, y para uniones con bridas de acero en las cuales la presión no supera  $17,6\text{ kg/cm}^2$  manométrica ( $250\text{ psig}$ ). Dichas tuercas no deberían usarse para uniones en las cuales ambas bridas son de acero y la presión supera las  $17,6\text{ kg/cm}^2$  manométricas ( $250\text{ psig}$ ), con la salvedad de que estas limitaciones no se aplicarán a diámetros de  $1/2''$  y menores.

2. **Ajuste.** La instalación y mantenimiento adecuado de los elementos roscados usados en bridas, accesorios, y juntas en recipientes de gas resultan críticos para una operación segura y continua de las instalaciones. Los elementos roscados deberán siempre ajustarse o reajustarse a los valores de torsión predeterminados que recomiendan los fabricantes de equipos o las especificaciones de la industria, o tal como se determina mediante cálculos de diseño. Una referencia útil es la Nota Técnica de Ingeniería CPR- 83-4-1 de la Sección Operativa de AGA, "*Momento Torsor de elementos Sujetadores Roscados*". En todas las uniones de bridas, los espárragos o espárragos prisioneros deberían extenderse completamente a través de las tuercas.

### 8.4.3. Juntas.

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

1. Los materiales de las juntas deberán poder soportar la presión máxima y mantener sus propiedades físicas y químicas a cualquier temperatura a la que podrían verse sometidos durante el servicio.
2. Las juntas usadas bajo presión y a una temperatura de más de 121°C deberán ser de material no combustible. No deberán usarse juntas metálicas con bridas clase 150 estándar o más livianas.
3. Podrán usarse juntas de amianto según lo permitido en ANSI B16.5. Este tipo de juntas puede emplearse junto con cualquiera de las diferentes caras de bridas, con excepción de macho y hembra pequeños, o lengüeta y ranura.
4. El uso de juntas metálicas (lisas o corrugadas) o de amianto con revestimiento metálico, no está limitado con respecto a la presión siempre que el material de juntas sea adecuado a la temperatura de servicio. Se recomiendan estos tipos de juntas para las uniones pequeñas macho/hembra o lengüeta y ranura. También pueden usarse con bridas de acero con cualquiera de las uniones siguientes: a solape, machos y hembras grandes, lengüeta y ranura grande, o cara con resalte.
5. Las juntas de cara completa deberán usarse con todas las bridas de bronce, y puede usarse con la de fundición clases 25 ó 125. Las juntas de anillo plano con diámetro exterior que se extiende hasta el interior de los orificios de los espárragos pueden usarse con bridas de fundición, bridas de acero de cara saliente o de acero a solape.
6. A fin de asegurar una mayor compresión unitaria sobre la juntas podrán usarse juntas metálicas de un ancho inferior al de la cara macho completa de la brida con uniones de cara saliente, a solape o macho hembra grandes. El ancho de las juntas para uniones pequeñas macho y hembra o de lengüeta y ranura debería ser igual al ancho de la cara macho o de la lengüeta.
7. Los anillos para las uniones con anillo deberán ajustar sus dimensiones a lo establecido en ANSI B16.20. El material de dichos anillos deberá ser adecuado a las condiciones del servicio a que estará sometido y más blando que las bridas.
8. El material aislante debe adecuarse a la temperatura, humedad y demás condiciones bajo las cuales se usará.

### 8.5. Elementos de control.



**Requisitos generales:** Toda tubería que está conectada a una fuente de gas de modo que la presión máxima admisible de operación pueda ser excedida a causa de una falla de control de la presión o cualquier otro tipo de falla, deberá tener dispositivos de alivio o de limitación de presión que satisfagan los requerimientos de las secciones siguientes:

#### 8.5.1. Requisitos para el diseño de dispositivos de alivio y limitación de presión.

Excepto para discos de ruptura, todo dispositivo de alivio o limitación de presión deberá:

1. Ser construido de materiales tales que la operación del dispositivo no sea afectada por corrosión;
2. Tener válvulas y asientos de éstas, que estén diseñados para no atascarse en una posición que podría hacer inoperante el dispositivo;
3. Ser diseñado e instalado de manera que pueda verificarse fácilmente que la válvula no está obstruida, que pueda ser ensayado a la presión a la cual debe actuar, y que pueda probarse su hermeticidad estando en posición cerrado;
4. Tener soportes de material incombustible;
5. Tener tubos de descarga, venteos, u orificios de salida diseñados para prevenir acumulación de agua, hielo, o nieve y ubicados donde el gas pueda ser descargado a la atmósfera sin riesgos indebidos;
6. Ser diseñados e instalados de tal forma que el tamaño de las aberturas, tubos y accesorios ubicados entre el sistema a ser protegido y el dispositivo de alivio de presión y el diámetro de la línea de venteo,



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

sean adecuados para evitar el martilleo de la válvula y la alteración de la capacidad de alivio.

7. Cuando esté instalado en una EDR a fin de proteger contra *sobrepresión* un sistema de tuberías, ser diseñado e instalado para impedir que cualquier accidente, como podría ser una explosión en una cámara o el choque de un vehículo, afecte la operación de ambos dispositivos (protector y regulador);
8. Ser diseñado para evitar operaciones no autorizadas de cualquier válvula de bloqueo que haga inoperante la válvula de alivio o el dispositivo limitador de presión, con excepción de la válvula que aisle el sistema bajo protección, de su fuente de abastecimiento.

### 8.5.2. Capacidad requerida de las válvulas de alivio y limitadoras de presión.



1. Toda válvula de alivio o limitadora de presión o grupos de ellas instaladas para proteger una tubería, deberán tener suficiente capacidad y hallarse calibradas para operar asegurando que en un sistema de distribución, si la presión máxima admisible de operación es de 0,8 bar a 4 bar, la presión no podrá exceder la máxima admisible de operación en más de 0,5 bar.
2. Cuando más de una EDR alimenta a una tubería, deberán instalarse en cada estación, válvulas de alivio u otros dispositivos protectores, para asegurar que por falla total del regulador de mayor capacidad, o cualquier simple desfase de los de menor capacidad, no sobrevengan presiones en cualquier parte de la tubería o sistema de distribución, que excedan la de diseño o de protección, de ambas la más baja.

### 8.5.3. Generalidades sobre capacidad de alivio.

1. La capacidad del regulador que el dispositivo de seguridad debería proteger es la capacidad máxima de acuerdo con cualquier modo de falla. Es posible usar la capacidad indicada en la literatura del fabricante, en la medida en que se sepa que sea la capacidad del regulador en una posición totalmente abierta y con falla. La capacidad del dispositivo de seguridad deberá basarse en la capacidad máxima del regulador a la mayor presión de la red primaria que alimenta el regulador. Esta presión de suministro podrá ser la máxima presión de servicio o la máxima presión de servicio admisible definida en el presente Anexo.
2. Podrá considerarse la demanda mínima a un sistema al dimensionar el dispositivo de seguridad, siempre que se garantice la presencia de dicho caudal mínimo.
3. Cuando existe una regulación en paralelo en una EDR, la capacidad de alivio para esa EDR debería basarse en el supuesto de que el regulador de mayor capacidad falla en la posición totalmente abierta.

### 8.5.4. Determinación de la capacidad del dispositivo de seguridad.

1. Cuando se instalen de acuerdo con las disposiciones del punto 5 de la Sección 8.5.1.
  - a. Se podrán utilizar las capacidades enumeradas en la información publicada por el fabricante para identificar la capacidad del dispositivo en virtud de las condiciones establecidas.
  - b. Se acepta la utilización de datos obtenidos de alguna otra forma, así como de los calculados mediante fórmulas reconocidas.
2. Las capacidades de los dispositivos de seguridad establecidas, antes mencionadas, se basan por lo general en la presión medida a la entrada del dispositivo de seguridad con descarga a la atmósfera sin tubería de venteo. En consecuencia, cuando la instalación no se ajusta a las disposiciones de del punto 5 de la Sección 8.5.1, se deberá considerar la pérdida de presión en la tubería de entrada al dispositivo de seguridad, la ubicación de la tubería de control y la contrapresión en el lado de descarga provocada por la tubería de venteo.

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

### 8.5.5. Requisitos adicionales para sistemas de distribución.

Todo sistema de distribución alimentado desde una fuente de gas que está a presión mayor que la máxima admisible de operación del sistema:

1. Deberá tener dispositivos reguladores de presión capaces de satisfacer la presión, caudal y otras condiciones de servicio que se presentarán durante la operación normal, y que pudieran ser activados por fallas eventuales de alguna parte del sistema.
2. Deberá ser diseñado de manera de impedir una sobre presión accidental.
3. Podrá contemplar Válvulas de Exceso de Caudal en Redes Secundarias.

#### 8.5.5.1. Generalidades.

Consideraciones sobre régimen de presión de entrada y salida. La selección de regímenes de presión de entrada y salida del equipo de control de gas (como reguladores y válvulas de control) deberán incluir las siguientes consideraciones:

1. Máxima presión de entrada a la cual funcionará el regulador de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
2. Máxima presión a la cual puede someterse la entrada, bajo condiciones anormales, sin causar daño al regulador.
3. Máxima presión de salida a la cual puede funcionar el regulador de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
4. Máxima presión a la cual puede someterse la salida bajo condiciones anormales sin causar daño a las piezas internas del regulador.
5. Máxima presión de salida que los componentes a presión pueden contener de manera segura (tales como cajas de diafragmas, actuadores, pilotos y líneas de control).
6. No se deberán cambiar o modificar resortes, orificios u otras piezas sin reevaluar los factores precedentes.

#### 8.5.5.2 Prevención de sobre presurización de componentes a la presión de aguas abajo.



Los métodos reconocidos para impedir la sobre presurización de los componentes que soportan presión aguas abajo en equipos de control de gas incluyen lo siguiente:

1. Selección del equipo elegido para soportar presión de entrada en el lado aguas abajo. Esto es particularmente importante si el equipo emplea sensores internos y el tubo adyacente aguas abajo no está protegido de otra forma.
2. Conexión de la línea de control o sensores al sistema de presión aguas abajo cuando se suministra protección de *sobre-presión*.
3. Protección de los componentes con presión aguas abajo instalando una válvula de alivio, un regulador, una válvula de contrapresión u otro dispositivo adecuado en la línea de control o detección.

#### 8.5.5.3. Protección de sobre-presión.

Los dispositivos adecuados de protección para impedir la sobre presurización de las instalaciones que podrían en ocasiones ser herméticas incluyen lo siguiente:

1. Válvulas de seguridad a resorte que cumplan con las disposiciones del Código ASME para Calderas y Recipientes de Presión, Sección VIII, División 1.

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

2. Reguladores de contrapresión con piloto utilizados con válvulas de alivio diseñados de modo que la falla de las líneas de control haga abrir el regulador.
3. Discos de seguridad del tipo que se ajuste a las disposiciones del Código ASME para Calderas y Recipientes de Presión, Sección VIII, División 1.

#### 8.5.5.4. Sistemas de distribución de alta presión.

Entre los dispositivos adecuados para impedir la sobre presurización de los sistemas de distribución de alta presión se encuentran los siguientes:



1. Válvulas de seguridad a resorte que cumplan con las disposiciones del Código ASME para Calderas y Recipientes de Presión, Sección VIII, División 1.
2. Válvulas de seguridad de pesomuerto.
3. Un regulador de monitoreo instalado en serie con el regulador primario.
4. Un regulador en serie programado para limitar continuamente la presión en la entrada del regulador primario como máximo hasta la máxima presión de trabajo admisible del sistema de distribución.
5. Un dispositivo automático de bloqueo instalado en serie con el regulador primario. El dispositivo automático deberá programarse para bloquear cuando la presión del sistema de distribución alcance un límite especificado que no supere la máxima presión de trabajo admisible. Puesto que este dispositivo permanece cerrado hasta ser rehabilitado manualmente, no debería ser usado cuando pudiera provocar una interrupción en el servicio a una considerable cantidad de clientes.
6. Reguladores de contrapresión accionados a piloto que se usan como válvulas de alivio y están diseñados de modo tal que la falla de las líneas de control abra el regulador.
7. Válvulas de seguridad de diafragma a resorte.

#### 9. Acometidas para alimentación de usuarios y tapada de zanjas de red.

Para el cálculo de la acometida de red secundaria hacia el usuario final, ya sea de categoría doméstica o comercial, se puede utilizar la ecuación de Renouard Cuadrática o bien el Abaco de la Tabla 13 del Anexo 5 a objeto de definir los diámetros correspondientes, asimismo la Empresa Distribuidora deberá prever que el diámetro mínimo para el sector doméstico y comercial será de 20 mm.

##### 9.1. Tapadas de zanjas de red.

1. Las profundidades de las tapadas deberán considerarse a partir de un nivel de suelo establecido por el municipio.
2. Toda Red Secundaria y Acometida enterrada en acera o en calzada tendrá una tapada mínima que indica la Tabla 14 para tubería polietileno. Sin embargo, cuando una estructura subterránea impida la instalación a estas profundidades, deberá instalarse una protección mecánica que deberá ser capaz de soportar cualquier carga previsible externa.
3. Para Red Primaria y Acometida Industrial se exigirá una tapada mínima que indica la Tabla 14, sin embargo, cuando una estructura subterránea impida la instalación a estas profundidades, deberá instalarse una protección mecánica que deberá ser capaz de soportar cualquier carga previsible externa.

 <p>Agencia Nacional de Hidrocarburos Cuidamos lo mejor que tenemos</p>	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

**Tabla 14.**  
**Profundidad y ancho de zanja mínimos en aceras y calzadas (\*\*)**

DN de la tubería (mm)	Red Primaria		Red Secundaria			
	acera o calzada		acera		calzada	
	Tapada (m)	Ancho de zanja (m)	Tapada (m)	Ancho de zanja (m)	Tapada (m)	Ancho de zanja (m)
20	-	-	0,60	0,40	0,80	0,40
25	-	-	0,60	0,40	0,80	0,40
32	-	-	0,60	0,40	0,80	0,40
40	0,90	0,50	0,60	0,40	0,80	0,40
50	0,90	0,50	0,60	0,40	0,80	0,40
63	0,90	0,50	0,60	0,40	0,80	0,40
75	0,90	0,50	0,60	0,40	0,80	0,40
90	0,90	0,50	0,60	0,40	0,80	0,40
110	0,90	0,50	0,60	0,40	0,80	0,40
125	0,90	0,50	0,60	0,40	0,80	0,40
140	0,90	0,50	-	-	-	-
160	0,90	0,50	-	-	-	-
180	0,90	0,50	-	-	-	-
200	0,90	0,50	-	-	-	-
225	0,90	0,50	-	-	-	-
250	0,90	0,50	-	-	-	-
275	0,90	0,50	-	-	-	-
300	0,90	0,50	-	-	-	-
315	0,90	0,50	-	-	-	-



(\*\*) Cuando se realicen tapadas mayores, se deberán respetar los anchos de zanja mínimos establecidos, con las siguientes limitaciones:

Hasta 1,10 m de tapada - ancho de zanja mínimo = 0,40

m. Hasta 1,50 m de tapada - ancho de zanja mínimo =

0,50 m

4. Para suelos rocosos la tapada mínima será del 70 % de los valores dados en la Tabla 14.
5. Soporte y relleno: Toda Acometida deberá ser soportada apropiadamente en suelos firmes o bien compactados y el material usado para el relleno deberá estar libre de elementos que pudieran causar daño a la tubería o a su protección.
6. Pendiente para drenajes: Cuando una condensación en el gas pudiese causar interrupción en el suministro, el servicio deberá contar con pendiente para poder drenar hacia el tubo principal o dentro de trampas en los puntos bajos del servicio.
7. Protección contra cargas externas y deformaciones de la tubería: Toda tubería de gas deberá ser instalada de manera de reducir al mínimo las cargas externas y las deformaciones de la tubería previsibles.
8. Instalación de tuberías de gas dentro de edificios: Toda tubería subterránea instalada bajo nivel a través del muro externo de cimentación de un edificio deberá:
  - a. En el caso de una tubería de metal, será protegida contra la corrosión.

	<p style="text-align: center;">ANEXO 1: DISEÑO DE REDES          REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS          NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</p>		
<p>Código: ANH/DS1996-A1</p>	<p>Versión: 2</p>	<p>Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015</p>	

- b. Sellarse al muro de cimentación para impedir fugas que penetran en el edificio.
9. Instalación de tuberías de gas debajo de edificios: Cuando se instale una tubería de gas subterránea debajo de un edificio:
  - a. Se deberá encamisar en un conducto hermético.
  - b. El encamisado y la tubería de gas deberán extenderse, si abastece el edificio bajo el que se encuentra, a una parte fácilmente usable y accesible del edificio.
  - c. El espacio entre el encamisado y la tubería de gas se sellará para impedir fugas de gas dentro del edificio y, si el conducto se sella en ambos extremos, se tenderá una línea de venteo desde el espacio anular hacia un punto donde el gas no resulte un peligro, extendiéndose sobre la superficie y terminando en un accesorio resistente a la lluvia y los insectos.
10. El diámetro exterior mínimo de la línea de Acometida que puede emplearse es 20 mm. El diámetro exterior máximo de la línea de Acometida que puede emplearse es 40 mm.

## 9.2. Consideraciones sobre la tapada en líneas de servicio exterior.

1. Cuando no sea posible cumplir con los requisitos de tapada debido a infraestructuras existentes, los tramos de las líneas de servicio que pudieran verse sometidas a cargas sobrepuestas, se encamisarán o entibarán, o bien se reforzará adecuadamente al tubo.
2. A continuación señalaremos las consideraciones sobre tapada adicional y sobre minimización de daños por fuerzas externas, deberá analizarse lo siguiente:
  - a. Terreno agrícola donde se utilice equipos de arado profundo o roturadores superficiales.
  - b. Terreno agrícola donde el nivel pueda modificarse para permitir la irrigación o el drenaje.
  - c. Cruces de zanjas de drenaje (también pueden estudiarse alternativas tales como encamisado o losa protectora de acero o concreto).
  - d. Otros cruces de instalación. Deben colocarse las nuevas instalaciones de gas bajo las instalaciones existentes a menos que pueda aplicarse una tapada adecuada o se use encamisado o entibado, u otra protección.
  - e. Trazado donde la erosión debida al viento, al agua o actividad vehicular pueda afectar el nivel (pueden utilizarse escolleras, pavimento o cualquier medio de protección en lugar de la tapada adicional).
  - f. Trazados en calles donde en el futuro se deban realizar trabajos.

## 9.3. Líneas de servicio de acero revestidas en perforaciones (túneles).

### 9.3.1. Generalidades.



Quando se deba instalar tubo de acero revestido en una perforación, se deberá actuar con cuidado a fin de no dañar el revestimiento durante la instalación.

### 9.3.2. Perforación o impulsión.

Quando se instale una tubería de acero revestida por perforación o impulsión, no se usará el tubo como tubo perforador o impulsor ni se lo dejará en el suelo como parte de la tubería a menos que se haya demostrado que, para el tipo de suelo en cuestión, el revestimiento es lo suficientemente resistente para soportar la operación de perforación o impulsión sin que se produzca un daño significativo al mismo.

Quando el revestimiento pudiera resultar dañado por las operaciones mencionadas, se instalará la tubería revestida en una perforación sobre dimensionada o en un tubo camisa de diámetro suficiente



	<p style="text-align: center;">ANEXO 1: DISEÑO DE REDES          REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS          NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</p>		
<p>Código: ANH/DS1996-A1</p>	<p>Versión: 2</p>	<p>Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015</p>	

para alojar el tubo.

### 9.3.3. Consideración especial.

En suelo excepcionalmente rocoso, y ante el probable daño del revestimiento, no se insertará el tubo revestido a través de una perforación abierta.

## 9.4. Líneas de servicio de polietileno.

1. Debido a su probada eficacia en su resistencia contra la corrosión y atento a que una inmensa proporción de pérdidas en la red de gas se sitúan en esta zona del servicio domiciliario se recomienda el empleo del servicio de polietileno, aunque el resto de la tubería sea de acero.
2. En los casos donde el material de las tuberías de la red y del servicio sean distintos, se deberán emplear accesorios de transición contemplados en la Sección 8.2.3 de esta Norma, para la unión entre ellos.

### 9.4.1. Conexión a la tubería principal.

Se deberá rellenar con material compactable la excavación que se halla debajo de la conexión a la tubería principal, apisonándola. Cuando exista material no compactable (como barro muy húmedo), puede resultar necesario reemplazarlo con otro compactable.

Se recomienda usar un manguito protector (camisa anti-corte) diseñado para el tipo específico de conexión a efectos de reducir concentraciones de tensión.

### 9.4.2. Ingreso al conjunto de regulación-medición o a la pared de un edificio.

Como en la conexión al tubo mayor, la transición entre el tubo plástico y un tubo más rígido deberá protegerse de los esfuerzos de corte y flexión. Si no hubiera ninguna excavación de basamento ni de zapata, se deberá compactar y alisar el fondo de la zanja.

En caso de que hubiera una excavación de basamento o de zapata, la compactación puede no resultar factible debido a posibles daños a la pared del edificio. Cuando la compactación no sea factible, se dispondrá de algún otro método para proporcionar apoyo continuo a la línea de servicio sobre el suelo removido (ej.: suelo cal o suelo cemento).

## 9.5. Compactación.



Si se emplea anegamiento de zanjas para consolidar y compactar el relleno, se deberá obrar con cuidado para que el tubo no flote separándose de su apoyo en el fondo de la zanja. Cuando se instalan líneas de servicio en caminos existentes o propuestos o en suelo inestable, se complementará la inundación mediante rodillo o compactación mecánica. Se podrá usar compactación mecánica de sustentación múltiple en lugar de anegamiento.

## 9.6. Estructuras subterráneas adyacentes.

Cuando se instale un nuevo servicio o se reemplace uno existente, se deberá considerar la proximidad y estado de conductos, canales, líneas cloacales y estructuras similares existentes, incluyendo estructuras abandonadas, ya que son factores potenciales para canalizar una fuga de gas.

## 9.7. Líneas de servicio exterior. Requisitos para válvulas.

1. Toda línea de servicio deberá tener una válvula de bloqueo de línea que cumpla los requisitos aplicables de las Secciones 7.3 y 8.3 de este Reglamento. Una válvula incorporada a un conducto de distribución de montante que permite aislar el medidor, no podrá ser usada como válvula de línea de servicio.

	<p style="text-align: center;">ANEXO 1: DISEÑO DE REDES          REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS          NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</p>		
<p>Código: ANH/DS1996-A1</p>	<p>Versión: 2</p>	<p>Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015</p>	

2. No podrá emplearse una válvula de servicio con asiento blando si existe la posibilidad de que su capacidad de controlar el flujo de gas pudiera verse afectada negativamente por una previsible exposición al calor.
3. En un servicio de alta presión, toda válvula instalada sobre la superficie o en una zona donde un escape o venteo de gas pudiera ser peligroso, deberá ser diseñada y construida de modo de minimizar la posibilidad de retirar el elemento de obturación sin utilizar herramientas especiales.
4. La Empresa Distribuidora deberá asegurarse que los tipos de válvulas instaladas en líneas de servicio de alta presión sean aptas, lo que se realizará mediante ensayos o revisando los ensayos efectuados por el fabricante.

### 9.8. Líneas de servicio exterior. Ubicación de válvulas.

1. En relación con reguladores o medidores: Toda válvula de línea de servicio deberá ser instalada aguas arriba del regulador o, si no hay regulador, aguas arriba del medidor.
2. Válvulas exteriores: Toda línea de servicio deberá tener una válvula de corte rápido en un lugar fácilmente accesible, que de ser factible se halle fuera del edificio, sobre la línea municipal.
3. Válvulas bajo tierra: Toda válvula de línea de servicio subterránea deberá estar ubicada en una caja de vereda con tapa durable, o tubo vertical que admita la operación fácil de la válvula, y estén soportados independientemente de la línea de servicio.

### 9.9. Acometidas. Requisitos generales para conexión a tubería principal.

1. Ubicación: Toda acometida a una tubería principal deberá efectuarse en la parte superior de esta última o, si esto no es práctico, se conectará al costado de la tubería principal salvo que se instale un dispositivo protector adecuado que reduzca al mínimo la posibilidad de arrastre de polvo y humedad desde la línea principal a la de servicio.
2. Conexión tipo mecánica: Toda conexión mecánica de línea de servicio a línea principal deberá:
  - a. Ser diseñada e instalada para resistir las fuerzas longitudinales de arranque o compresión causadas por contracción o dilatación de la tubería o por cargas previsibles externas o internas; y
  - b. En caso de usarse juntas en el accesorio de conexión entre la acometida y la tubería principal, deberán ser compatibles con el tipo de gas a suministrar.



### 9.10. Acometidas de acero.

Todo servicio de acero a ser operado a menos de 4 bar, deberá ser construido de tubo diseñado para un mínimo de 4 bar.

### 9.11. Acometidas de polietileno.

Todo servicio de polietileno ubicado en el exterior de un edificio, deberá ser instalado debajo del nivel del suelo, excepto su parte terminal que podrá serlo sobre el nivel del terreno fuera del edificio, sobre línea municipal, si:

1. La parte sobre el nivel del servicio de polietileno está protegida contra deterioros y daños externos; y el servicio de polietileno no soporta cargas externas.
2. Existen distintos métodos para proteger la acometida de la línea de servicio de polietileno contra daños externos y temperatura excesiva (deberá tenerse en cuenta que no puede superarse el límite de temperatura especificado en la norma de la tubería y considerar la Especificación GE/ATP N° 1 (B) o norma equivalente para Vainas Protectoras de la acometida).
3. El extremo del servicio domiciliario externo, que ingresa al gabinete de regulación y medición, debe

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>	
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015

culminar con un accesorio de transición, polietileno-acero, para adecuarlo al cambio de material de tubería con que debe ejecutarse la instalación del servicio interno.

### 9.11.1. Instalaciones.

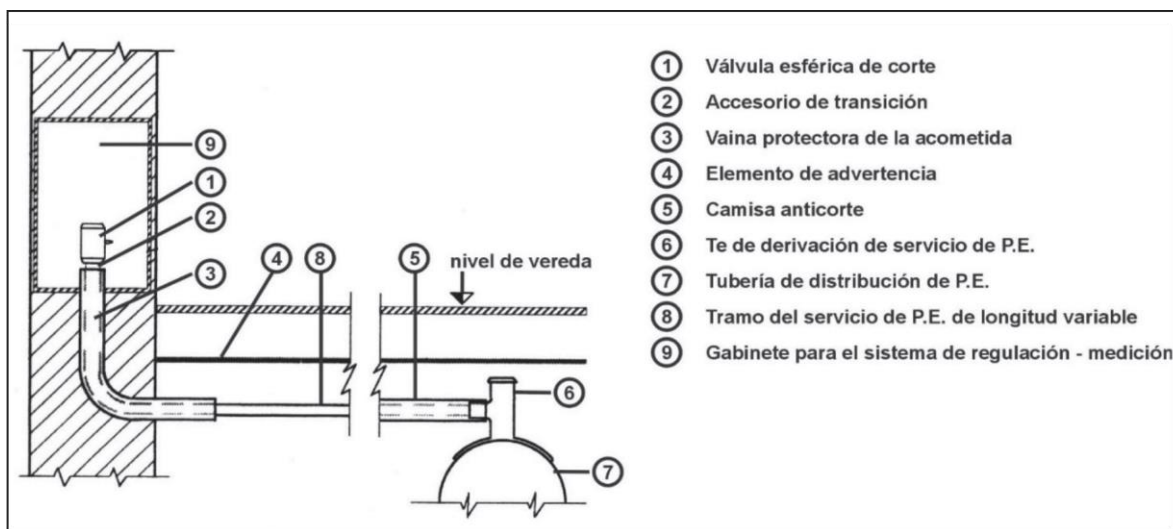
Los conductos ascendentes de acometidas y sus fundas de protección deberán ser empotrados en las paredes del límite de propiedad o murete construido especialmente para alojar el Gabinete de medición.



### 9.12. Líneas de servicio no habilitadas.

Todo servicio no habilitado, deberá cumplir con uno de los siguientes puntos hasta que se suministre gas al usuario:

1. La válvula cerrada que impide el pasaje de gas hacia el usuario, deberá contar con un dispositivo de traba u otro medio diseñado para evitar la operación de la misma por personas no autorizadas.
2. Tener instalado en el servicio o en la conexión del medidor un dispositivo mecánico o accesorio que impida el flujo de gas.
3. Tener desconectada de la fuente de gas la tubería del usuario y taponados los extremos abiertos desconectados.
4. En caso de servicio nuevo sin válvula de acometida, no deberá perforarse la tubería principal.
5. En caso de servicio nuevo con válvula de acometida conectado a tubería principal, deberá cumplir con el numeral 2 de esta sección.

**Figura 2.**  
**Esquema general de Acometida conectada a una red de PE hasta 4 bar.**



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

## APÉNDICE NOMENCLATURA

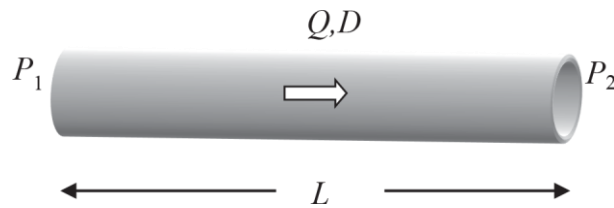
### 1. Unidades.

Las fórmulas que se exponen en este apéndice están expresadas en el Sistema Inglés (U.S. Customary System - USCS) y en el Sistema Internacional de Unidades (SI) de medidas.

### FLUJO DE GAS EN TUBERÍAS

#### 2. Ecuación General de Flujo de tuberías.

La Ecuación General de Flujo para tubería horizontal, también llamada Ecuación Fundamental de Flujo, con factor de fricción:



Ecuación General de Flujo - f. (unidades USCS)

$$Q = 77,54 \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - P_2^2}{GT_m LZf} \right)^{0,5} D^{2,5} \quad \text{Ec. 1}$$

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (pie<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$T_b$  = Temperatura base, R (460 + °F)

$P_b$  = Presión base, (psia)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (psia)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (psia)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, R (460 + °F)



$L$  = Longitud de tubería, (milla)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

$f$  = Factor de fricción de la tubería (adimensional)

$D$  = Diámetro interno de la tubería,

(pulg). Ecuación General de Flujo - f.

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

(unidades SI)

$$Q = 1,1494 \times 10^{-3} \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - P_2^2}{GT_m LZf} \right)^{0,5} D^{2,5}$$

Ec. 2

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)

$P_b$  = Presión base, (kPa)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)

$L$  = Longitud de tubería, (km)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

$f$  = Factor de fricción de la tubería, (adimensional)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm)

Algunas veces, la Ecuación General de Flujo es representada en términos del factor de transmisión  $F$  en lugar del factor de fricción  $f$ .

$$F = \frac{2}{\sqrt{f}} \quad \text{Ec. 3}$$

La ecuación tiene la forma siguiente:

Ecuación General de Flujo -  $F$ . (unidades USCS)

$$Q = 38,77 F \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - P_2^2}{GT_m LZ} \right)^{0,5} D^{2,5} \quad \text{Ec. 4}$$

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (pie<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$F$  = Factor de transmisión de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, R (460 + °F)

$P_b$  = Presión base, (psia)



$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (psia)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (psia)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, R (460 + °F)



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$L$  = Longitud de tubería, (milla)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (pulg)

Ecuación General de Flujo -  $F$ . (unidades SI)

$$Q = 5,747 \times 10^{-4} F \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - P_2^2}{G T_m L Z} \right)^{0,5} D^{2,5} \quad \text{Ec. 5}$$

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, ( $\text{m}^3_{(s)}/\text{día}$ )

$F$  = Factor de transmisión de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, K ( $273+^{\circ}\text{C}$ )

$P_b$  = Presión base, (kPa)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K ( $273+^{\circ}\text{C}$ )

$L$  = Longitud de tubería, (km)

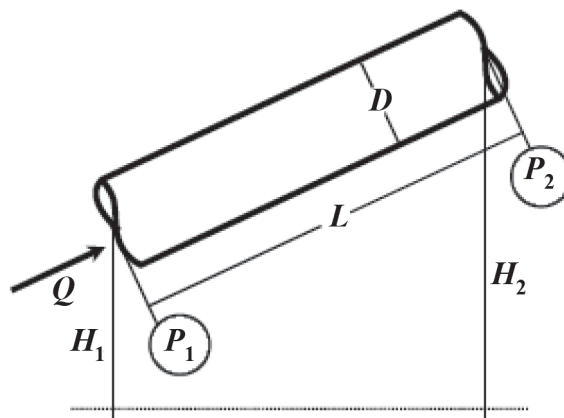
$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)



$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

El subíndice  $b$ , denota condiciones estándar de presión y temperatura (condiciones base).

### 2.1. Efecto por diferencia de elevación.

Cuando se incluye la diferencia de la elevación entre los extremos de la sección de tubería, la Ecuación General de Flujo se modifica como sigue:



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

Ecuación General de Flujo con elevación. (unidades USCS)

$$Q = 38,77 F \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G T_m L_e Z} \right)^{0,5} D^{2,5} \quad \text{Ec. 6}$$

donde:

- $Q$  = Caudal en condiciones estándar, (pie<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)
- $F$  = Factor de transmisión de la tubería, (adimensional)
- $T_b$  = Temperatura base, R (460 + °F)
- $P_b$  = Presión base, (psia)
- $P_1$  = Presión absoluta de entrada, (psia)
- $P_2$  = Presión absoluta de salida, (psia)
- $G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)
- $T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, R (460 + °F)
- $L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (milla)
- $Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)
- $D$  = Diámetro interno de la tubería, (pulg).

Siendo  $L_e$  la longitud equivalente de tubería que tiene la siguiente expresión:

$$L_e = \frac{L(e^s - 1)}{s} \quad \text{Ec. 7}$$

donde:



- $L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (milla)
- $L$  = Longitud de la tubería, (milla)
- $e$  = Base del logaritmo natural, (e=2,718...)
- $s$  = Parámetro de ajuste por elevación, (adimensional).

La Longitud equivalente  $L_e$ , y el término  $e^s$  toman en cuenta la diferencia de elevación entre los extremos aguas arriba y aguas debajo de la tubería. El parámetro  $s$  se define como:

$$s = 0,0375 G \left( \frac{H_2 - H_1}{T_m Z} \right) \quad \text{Ec. 8}$$

donde:

- $G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)
- $H_1$  = Elevación de

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

entrada en el punto 1, (pie)

$H_2$  = Elevación de salida en el punto 2,

(pie)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, R (460 + °F)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional).

Ecuación General de Flujo con elevación. (unidades SI)

$$Q = 5,747 \times 10^{-4} F \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{GT_m L_e Z} \right)^{0,5} D^{2,5}$$

Ec. 9

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$F$  = Factor de transmisión de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)

$P_b$  = Presión base, (kPa)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)

$L_s$  = Longitud equivalente de tubería, (m)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

$$L_e = \frac{L(e^s - 1)}{s}$$

EC.10

donde:

$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (m)

$L$  = Longitud de tubería, (m)

$e$  = Base del logaritmo natural, (e=2,718...)

$s$  = Parámetro de ajuste por elevación, (adimensional).



$$s = 0,0684 G \left( \frac{H_2 - H_1}{T_m Z} \right)$$

EC.11

donde:

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$H_1$  = Elevación de entrada en el punto 1, (m)

	ANEXO 1: DISEÑO DE REDES REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

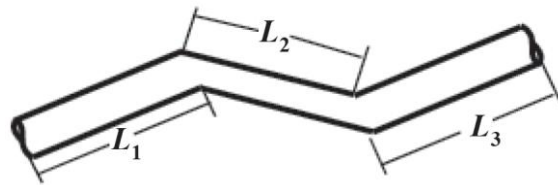
$H_2$  = Elevación de salida en el punto 2, (m)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional).

En el cálculo de  $L_e$ , se asume que existe un tramo simple de tubería entre el punto 1 aguas arriba y el punto 2 aguas abajo.

Si la tubería de longitud  $L$  cuenta con varios tramos, se introduce el parámetro  $j$  siguiente para cada sub segmento individual de tubería que constituye la longitud del punto 1 al punto 2:



$$j = \frac{e^s - 1}{s} \quad \text{Ec. 12}$$

El parámetro  $j$  es calculado para cada tramo de cada sub segmento de tubería de longitud  $L_1, L_2$ , etc. que hacen el total de la longitud  $L$ . La longitud equivalente  $L_e$  es calculada entonces asumiendo los tramos individuales de la siguiente manera:

$$L_e = j_1 L_1 + j_2 L_2 e^{s_1} + j_3 L_3 e^{s_2} + \dots \quad \text{Ec. 13}$$

Los términos  $j_1, j_2$ , etc. para cada subida o bajada en la elevación de los sub segmentos individuales de tubería se calculan con los parámetros  $s_1, s_2$ , etc. para cada segmento.



### 3. Presión media en segmentos de tubería.

En la Ecuación General de Flujo, se usa el factor de compresibilidad  $Z$ . Este debe ser calculado a la temperatura de flujo del gas y a la presión promedio en el segmento de tubería.

Una mejor aproximación al promedio aritmético de las presiones en un segmento de tubería es:

$$P_m = \frac{2}{3} \left( P_1 + P_2 - \frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2} \right) \quad \text{Ec. 14}$$

Que escrita de otra manera es:

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$$P_m = \frac{2 P_1^3 - P_2^3}{3 P_1^2 - P_2^2}$$

Ec. 15

Las presiones utilizadas en la Ecuación General de Flujo están en unidades absolutas, por lo que las presiones manométricas deben ser convertidas previamente a presión absoluta, sumándole la presión base.

#### 4. Velocidad del Gas en Tuberías.

En general, la velocidad del gas en cualquier punto de la tubería está dada por la siguiente fórmula:

Velocidad del gas. (unidades USCS)

$$v = 0,002122 \left( \frac{Q}{D^2} \right) \left( \frac{P_b}{T_b} \right) \left( \frac{ZT}{P} \right)$$

Ec. 16

donde:

- $v$  = Velocidad del gas, (pie/s)
- $Q$  = Caudal en condiciones estándar, ( $\text{pie}^3_{(s)}/\text{día}$ )
- $D$  = Diámetro interno de la tubería, (pulg)
- $P_b$  = Presión base, (psia)
- $T_b$  = Temperatura base, R (460 + °F)
- $Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional).
- $T$  = Temperatura promedio del flujo de gas, R (460 + °F)
- $P$  = Presión, (psia)



Velocidad del gas. (unidades SI)

$$v = 14,7349 \left( \frac{Q}{D^2} \right) \left( \frac{P_b}{T_b} \right) \left( \frac{ZT}{P} \right)$$

Ec. 17

donde:

- $v$  = Velocidad del gas, (m/s)
- $Q$  = Caudal en condiciones estándar, ( $\text{m}^3_{(s)}/\text{día}$ )
- $D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm)
- $P_b$  = Presión base, (kPa)
- $T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)
- $Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)
- $T$  = Temperatura promedio del flujo de gas, K (273+°C)
- $P$  = Presión, (kPa)

	ANEXO 1: DISEÑO DE REDES REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

### 5. Velocidad erosional.

El límite máximo de la velocidad del gas es usualmente calculado aproximadamente por la siguiente ecuación:

Velocidad erosional. (unidades USCS)

$$v_e = \frac{C}{\sqrt{\rho}}$$

Ec. 18

Siendo  $C$  una constante empírica, que toma un valor de 100 para servicio continuo y 125 para servicio intermitente (adimensional).

donde:

$v_e$  = Velocidad erosional de flujo, (pie/s)

$C$  = Constante empírica, 100 – 125, (adimensional)

$\rho$  = Densidad del gas a temperatura de flujo, lb/pie<sup>3</sup>.

Velocidad erosional. (unidades SI)

$$v_e = 1,22 \frac{C}{\sqrt{\rho}}$$

Ec. 19

donde:

$v_e$  = Velocidad erosional de flujo, (m/s)

$C$  = Constante empírica, 100 – 125, (adimensional)

$\rho$  = Densidad del gas a temperatura de flujo, (kg/m<sup>3</sup>).

La velocidad erosional también puede ser expresada en términos de presión y temperatura:

Velocidad erosional. (unidades USCS)

$$v_e = C \sqrt{\frac{ZRT}{29GP}}$$



Ec. 20

donde:

$v_e$  = Velocidad erosional, (pie/s)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas a temperatura de flujo, (adimensional)



	ANEXO 1: DISEÑO DE REDES REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$R$  = Constante universal de los gases, (10,73 psia pie<sup>3</sup>/lb mol R)

$T$  = Temperatura del gas, R (460 + °F)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$P$  = Presión absoluta del gas, (psia).

Velocidad erosional. (unidades SI)

$$v_e = 1,22C \sqrt{\frac{ZRT}{29GP}}$$

Ec. 21

donde:

$v_e$  = Velocidad erosional, (m/s)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas a temperatura de flujo, (adimensional)

$R$  = Constante universal de los gases, (8.314,4472 Nm/kmol K)

$T$  = Temperatura del gas, K (273+°C)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$P$  = Presión absoluta del gas, (Pa).

## 6. Ecuaciones derivadas de la Ecuación General.

Históricamente y en la actualidad los métodos empíricos que se utilizan para calcular o predecir el flujo de gas en una tubería, son el resultado de diversas correlaciones del factor de transmisión sustituido en la Ecuación General de Flujo.

### 6.1. Ecuación de Weymouth.



La ecuación de Weymouth para tubería horizontal es:

Ecuación de Weymouth. (unidades USCS)

$$Q = 433,5E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - P_2^2}{GT_m LZ} \right)^{0,5} D^{2,667} \quad \text{Ec. 22}$$

La ecuación de Weymouth utiliza el factor de transmisión:

$$F = 11,18D^{1/6} \quad \text{Ec. 23}$$

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

donde:

- $Q$  = Caudal en condiciones estándar, ( $\text{pie}^3_{(s)}/\text{día}$ )
- $E$  = Factor de eficiencia de la tubería, un valor decimal menor o igual que 1, (adimensional)
- $T_b$  = Temperatura base, R ( $460 + ^\circ\text{F}$ )
- $P_b$  = Presión base, (psia)
- $P_1$  = Presión absoluta de entrada, (psia)  $P_2$  = Presión absoluta de salida, (psia)
- $G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)
- $T_m$  = Temperatura promedio de flujo del gas, R ( $460 + ^\circ\text{F}$ )
- $L$  = Longitud de tubería, (milla)
- $Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)
- $D$  = Diámetro interno de la tubería, (pulg).

Ecuación de Weymouth. (unidades SI)

$$Q = 3,7435 \times 10^{-3} E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - P_2^2}{GT_m LZ} \right)^{0,5} D^{2,667}$$

Ec. 24

La ecuación de Weymouth utiliza el factor de transmisión:

Ec. 25



$$F = 6,521D^{1/6}$$

donde:

- $Q$  = Caudal en condiciones estándar, ( $\text{m}^3_{(s)}/\text{día}$ )
- $E$  = Factor de eficiencia de la tubería, un valor decimal menor o igual que 1, (adimensional)
- $T_b$  = Temperatura base, K ( $273+^\circ\text{C}$ )
- $P_b$  = Presión base, (kPa)
- $P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)
- $P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)
- $G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)
- $T_m$  = Temperatura promedio de flujo del gas, K ( $273+^\circ\text{C}$ )
- $L$  = Longitud de tubería, (km)
- $Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)
- $D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

## 6.2. Efecto por diferencia de elevación.

La ecuación de Weymouth considera la diferencia de elevación, contemplando un parámetro de ajuste  $s$ .

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

Ecuación de Weymouth con elevación. (unidades USCS)

$$Q = 433,5E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{GT_m L_e Z} \right)^{0,5} D^{2,667}$$

E.C. 26

donde:

- $Q$  = Caudal en condiciones estándar, (pie<sup>3</sup>/día)
- $E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)
- $T_b$  = Temperatura base, R (460 + °F)
- $P_b$  = Presión base, (psia)
- $P_1$  = Presión absoluta de entrada, (psia)
- $P_2$  = Presión absoluta de salida, (psia)
- $G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)
- $T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, R (460 + °F)
- $L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (milla)
- $Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)
- $D$  = Diámetro interno de la tubería, (pulg)

Siendo:

$$L_e = \frac{L(e^s - 1)}{s}$$



Ec. 27

donde:

- $L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (milla)
- $L$  = Longitud de la tubería, (milla)
- $e$  = Base del logaritmo natural, (e=2,718...)
- $s$  = Parámetro de ajuste por elevación, (adimensional).

$$s = 0,0684 G \left( \frac{H_2 - H_1}{T_m Z} \right)$$

Ec. 28

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

donde:

- $G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)
- $H_1$  = Elevación de entrada en el punto 1, (pie)
- $H_2$  = Elevación de salida en el punto 2, (pie)
- $T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, °R (460 + °F)
- $Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional).

Ecuación de Weymouth con elevación. (unidades SI)

$$Q = 3,7435 \times 10^{-3} E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G T_m L_e Z} \right)^{0,5} D^{2,667} \quad \text{Ec. 29}$$



donde:

- $Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)
- $E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)
- $T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)
- $P_b$  = Presión base, (kPa)
- $P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)
- $P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)
- $G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)
- $T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)
- $L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (km)
- $Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)
- $D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

$$L_e = \frac{L(e^s - 1)}{s} \quad \text{Ec. 30}$$

donde:

- $L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (m)
- $L$  = Longitud de tubería, (m)
- $e$  = Base del logaritmo natural, (e=2,718...)
- $s$  = Parámetro de ajuste por elevación, (adimensional).

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$$s = 0,0684 G \left( \frac{H_2 - H_1}{T_m Z} \right) \quad \text{Ec. 31}$$

donde:

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$H_1$  = Elevación de entrada en el punto 1, (m)

$H_2$  = Elevación de salida en el punto 2, (m)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional).

En las siguientes ecuaciones se expresan con el parámetro  $s$  de ajuste por elevación. Las ecuaciones que la representan son las mismas que las Ec. 7, Ec. 7 y Ec. 10, Ec. 11 según sean las unidades utilizadas.

Si se desea expresarlas como tuberías horizontales, se debe hacer en las mismas  $e^s = 1$  y  $Le = L$ .

### 6.3. Ecuación de Panhandle A.

La ecuación de Panhandle A es la siguiente:

Ecuación de Panhandle A. (unidades USCS)

$$Q = 435,87 E \left( \frac{T_b}{P_b} \right)^{1,0788} \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G^{0,8539} T_m L_e Z} \right)^{0,5394} D^{2,6182} \quad \text{Ec. 32}$$

Para comparar con la Ecuación General de flujo, el factor de transmisión equivalente que se utiliza es:

$$F = 7,211 E \left( \frac{QG}{D} \right)^{0,07305} \quad \text{Ec. 33}$$

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (pie<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, R (460 + °F)

$P_b$  = Presión base, (psia)



$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (psia)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (psia)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, R (460 + °F)

$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (milla)

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

$D$  = Diámetro interno de la

tubería, (pulg). Ecuación de

Panhandle A. (unidades SI)

$$Q = 4,5965 \times 10^{-3} E \left( \frac{T_b}{P_b} \right)^{1,0788} \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G^{0,8539} T_m L_e Z} \right)^{0,5394} D^{2,6182}$$

Ec. 34

Para comparar con la Ecuación General de flujo, el factor de transmisión equivalente que se utiliza es:

$$F = 11,85 E \left( \frac{QG}{D} \right)^{0,07305}$$

Ec. 35

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)

$P_b$  = Presión base, (kPa)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)

$L$  = Longitud de la tubería, (km)

$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (km)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

#### 6.4. Ecuación de Panhandle B.



Es conocida también como Ecuación Revisada de Panhandle.

Ecuación de Panhandle B. (unidades USCS)

$$Q = 737 E \left( \frac{T_b}{P_b} \right)^{1,02} \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G^{0,961} T_m L_e Z} \right)^{0,51} D^{2,53}$$

E.C. 36



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

El factor de transmisión equivalente que se utiliza es:

$$F = 16,7E \left( \frac{QG}{D} \right)^{0,01961}$$

E.C. 37

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (pie<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, R (460 + °F)

$P_b$  = Presión base, (psia)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (psia)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (psia)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, R (460 + °F)

$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (milla)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (pulg).

Ecuación de Panhandle B. (unidades SI)

$$Q = 1,002 \times 10^{-2} E \left( \frac{T_b}{P_b} \right)^{1,02} \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G^{0,961} T_m L_e Z} \right)^{0,51} D^{2,53}$$

E.c.38

$$F = 19,08E \left( \frac{QG}{D} \right)^{0,01961}$$

E.c. 39

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)

$P_b$  = Presión base, (kPa)



$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)

$L$  = Longitud de la tubería, (km)

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

### 6.5. Ecuación del Instituto de Tecnología del Gas (IGT).

La ecuación propuesta por el IGT (Institute of Gas Technology) es también conocida como la Ecuación de Distribución IGT que introduce el coeficiente de viscosidad dinámica  $\mu$ :

El factor de fricción está dado por:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2,3095 Re^{0,100} \quad \text{Ec. 40}$$

Ecuación del IGT. (unidades USCS)

$$Q = 136,9E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G^{0,8} T_m L_e \mu^{0,2}} \right)^{0,555} D^{2,667} \quad \text{Ec. 41}$$

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (pie<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, R (460 + °F)

$P_b$  = Presión base, (psia)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (psia)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (psia)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, R (460 + °F)

$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (milla)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (pulg).

$\mu$  = Viscosidad dinámica del gas, (lb/pie-s).

Ecuación del IGT. (unidades SI)



$$Q = 1,2822 \times 10^{-3} E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G^{0,8} T_m L_e \mu^{0,2}} \right)^{0,555} D^{2,667} \quad \text{Ec. 42}$$

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$P_b$  = Presión base, (kPa)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)

$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (km)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm)

$\mu$  = Viscosidad dinámica del

gas, P (Poise\*). (\* ) 1 Poise = 1

[P] =  $10^{-1}$  [Pa·s] = 1 [g/(cm.s)]

### 6.6. Ecuación de Spitzglass.

Existen dos ecuaciones de Spitzglass, una para baja presión y otra para media y alta presión. Esta ecuación ha sido modificada para incluir la eficiencia  $E$  de la tubería y el factor de compresibilidad.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \left( \frac{88,5}{1 + 0,09144 D + 1,1811 D} \right)^{0,5} \quad \text{Ec. 43}$$

donde:

$D$  = Diámetro de la tubería, (m).

Ecuación de Spitzglass – Baja Presión. (unidades USCS)

$$Q = 729,6087 E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1 - P_2}{GT_m L_e Z (1 + 3,6 / D) + 0,03 D} \right)^{0,5} D^{2,5} \quad \text{Ec. 44}$$

Ecuación de Spitzglass – Media y Alta Presión. (unidades USCS)

$$Q = 3,839 \times 10^3 E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{GT_m L_e Z (1 + 3,6 / D) + 0,03 D} \right)^{0,5} D^{2,5} \quad \text{E.c. 45}$$



donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (pie<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, R (460 + °F)

$P_b$  = Presión base, (psia)

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

- $P_1$  = Presión absoluta de entrada, (psia)  
 $P_2$  = Presión absoluta de salida, (psia)  
 $G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)  
 $T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, R (460 + °F)  
 $L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (milla)  
 $Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)  
 $D$  = Diámetro interno de la tubería, (pulg).

Ecuación de Spitzglass – Baja Presión. (unidades SI)

$$Q = 5,69 \times 10^{-2} E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1 - P_2}{GT_m L_e Z (1 + 91,44 / D) + 0,0012 D} \right)^{0,5} D^{2,5} \quad \text{E.c. 46}$$

Ecuación de Spitzglass – Media y Alta Presión. (unidades SI)

$$Q = 1,0815 \times 10^{-2} E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{GT_m L_e Z (1 + 91,44 / D) + 0,0012 D} \right)^{0,5} D^{2,5} \quad \text{E.c. 47}$$

donde:



- $Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)  
 $E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)  
 $T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)  
 $P_b$  = Presión base, (kPa)  
 $P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)  
 $P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)  
 $G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)  
 $T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)  
 $L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (km)  
 $Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)  
 $D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

### 6.7. Ecuación de Mueller.

La ecuación de Mueller es otra ecuación que utiliza la relación del flujo y la presión en tuberías en función la viscosidad dinámica del gas.

El factor de fricción está dado por:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,675 Re^{0,130} \quad \text{Ec. 48}$$

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

Ecuación de Mueller. (unidades USCS)

$$Q = 85,7368 E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G^{0,7391} T_m L_e \mu^{0,2609}} \right)^{0,575} D^{2,725} \quad \text{Ec. 49}$$

donde:

- $Q$  = Caudal en condiciones estándar, (pie<sup>3</sup>/día)
- $E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)
- $T_b$  = Temperatura base, R (460 + °F)
- $P_b$  = Presión base, (psia)
- $P_1$  = Presión absoluta de entrada, (psia)
- $P_2$  = Presión absoluta de salida, (psia)
- $G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)
- $T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, R (460 + °F)
- $L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (milla)
- $D$  = Diámetro interno de la tubería, (pulg).
- $\mu$  = Viscosidad dinámica del



gas, (lb/pie-s). Ecuación de

Mueller. (unidades SI)

$$Q = 3,0398 \times 10^{-2} E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G^{0,7391} T_m L_e \mu^{0,2609}} \right)^{0,575} D^{2,725} \quad \text{Ec. 50}$$

donde:

- $Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup>/día)
- $E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)
- $T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)
- $P_b$  = Presión base, (kPa)
- $P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)
- $P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)
- $G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)
- $T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)
- $L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (km)
- $D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm)
- $\mu$  = Viscosidad dinámica del gas, cP (Centi Poise).

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

### 6.8. Ecuación de Fritzsche.

La ecuación de Fritzsche desarrollada en Alemania, ha tenido un amplio uso en aire comprimido y tuberías de gas:

El factor de fricción está dado por:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 3,3390 (ReD)^{0,071} \quad \text{Ec. 51}$$

donde:

$Re$  = Número de Reynolds, (adimensional)

$D$  = Diámetro de la tubería, (m).

Ecuación de Fritzsche. (unidades USCS)

$$Q = 410,1688 E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G^{0,8587} T_m L_e} \right)^{0,538} D^{2,69} \quad \text{Ec. 52}$$

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (pie<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, R (460 + °F)

$P_b$  = Presión base, (psia)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (psia)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (psia)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, R (460 + °F)

$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (milla)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (pulg).

Ecuación de Fritzsche. (unidades SI)

$$Q = 2,827 E \left( \frac{T_b}{P_b} \right) \left( \frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G^{0,8587} T_m L_e} \right)^{0,538} D^{2,69} \quad \text{Ec. 53}$$



donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/día)

$E$  = Factor de eficiencia de la tubería, (adimensional)

$T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)



	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$P_b$  = Presión base, (kPa)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (kPa)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (kPa)

$G$  = Gravedad específica del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)

$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (km)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

### 6.9. Ecuación de Renouard.

#### a) Ecuación de Renouard para Media Presión.

El factor de fricción  $f$  que utiliza la ecuación de Renouard en función del Número de Reynolds  $Re$  es:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2,4112 Re^{0,09} \quad \text{Ec. 54}$$

Dando como resultado la siguiente ecuación cuadrática para media presión. Ecuación de

Renouard – Media Presión. (unidades SI)

$$Q = 26,4437 \frac{1}{\mu^{0,0989}} \frac{T_b}{P_b} \left[ \frac{\left( P_1^2 - P_2^2 \right) - E_p}{L d_r^{0,82} T_m Z} \right]^{1/1,82} D^{4,82/1,82}$$

E.c. 55

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup>/s)

$\mu$  = Viscosidad dinámica del gas, (Pa.s)

$T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)

$P_b$  = Presión base, (1,01325x10<sup>5</sup> Pa)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (Pa)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (Pa)



$E_p$  = Energía potencial por diferencia de elevación, (Pa<sup>2</sup>)

$L$  = Longitud de la tubería, (m)

$d_r$  = Densidad relativa del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (m).

Siendo  $E_p$  la Energía potencial que toma en cuenta la diferencia de elevación y se expresa como:

$$E_p = 0,06843 d_r (H_2 - H_1) \frac{P_m^2}{T_m^2 Z} \quad \text{E.c. 56}$$

donde:

$H_1$  = Elevación de entrada en el punto 1, (m)  $H_2$  =

Elevación de entrada en el punto 2, (m)  $P_m$  = Presión media absoluta, (Pa)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional).

#### b) Ecuación de Renouard para Baja Presión.

Para Baja Presión, se utiliza el mismo factor de fricción pero la pérdida de carga se simplifica con:

$$P_1^2 - P_2^2 = (P_1 - P_2) \cdot 2 \cdot P_m \quad \text{E.c. 57}$$

para dar la siguiente ecuación:

Ecuación de Renouard – Baja Presión. (unidades SI)

$$Q = 26,4437 \frac{1}{\mu^{0,0989} P_b} \frac{T_b}{P_b} \left[ \frac{2P_m (P_1 - P_2) - E_p}{L d_r^{0,82} T_m Z} \right]^{1/1,82} D^{4,82/1,82} \quad \text{E.c.58}$$

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup>/s)

$\mu$  = Viscosidad dinámica del gas, (Pa.s)



$T_b$  = Temperatura base, K (273+°C)

$P_b$  = Presión base,

(1,01325'105 Pa)  $P_1$  =

Presión absoluta de entrada, (Pa)  $P_2$  =

Presión absoluta de salida, (Pa)

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	Aprobado: RAN-ANH-UN N° 0016/2015 de 27 de julio de 2015	

$E_p$  = Energía potencial por diferencia de elevación, (Pa<sup>2</sup>)

$L$  = Longitud de la tubería, (m)

$d_r$  = Densidad relativa del gas, (adimensional)

$T_m$  = Temperatura promedio del flujo del gas, K (273+°C)

$Z$  = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (m).

Siendo  $E_p$  la Energía potencial que toma en cuenta la diferencia de elevación definida en la Ec. 56.

La Ecuación de Renouard es válida solo en los casos donde  $Q[m^3_s/h]/D [mm]<150$ , lo que significa que  $Re<4x10^6$ .

### c) Ecuación Simplificada de Renouard para Media Presión.

Para tuberías horizontales y tomando valores de viscosidad, temperatura y presión base, factor de compresibilidad  $Z$ , y transformando unidades en la ecuación cuadrática de Renouard de media presión se tiene:

Ecuación Simplificada de Renouard – Media Presión. (unidades SI)

$$P_1^2 - P_2^2 = 48,6d_r L_e \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

Ec. 59

Siendo la longitud equivalente:

$$L_e = 1,20L$$

Ec. 60

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup><sub>s</sub>/h)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (bar)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (bar)

$d_r$  = Densidad relativa del gas, (adimensional)



$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (m)

$L$  = Longitud de la tubería, (m)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

### d) Ecuación Simplificada de Renouard para Baja Presión.

Para tuberías horizontales y tomando valores de viscosidad, temperatura y presión base, factor de compresibilidad  $Z$ , y transformando unidades en la ecuación de Renouard de baja presión se tiene:

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

Ecuación Simplificada de Renouard – Baja Presión. (unidades SI):

$$P_1 - P_2 = 23200 d_r L_e \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

Ec. 61

Siendo la longitud equivalente:

$$L_e = 1,20L$$

Ec. 62

donde:

$Q$  = Caudal en condiciones estándar, (m<sup>3</sup><sub>(s)</sub>/h)

$P_1$  = Presión absoluta de entrada, (bar)

$P_2$  = Presión absoluta de salida, (bar)

$d_r$  = Densidad relativa del gas, (adimensional)

$L_e$  = Longitud equivalente de tubería, (m)

$L$  = Longitud de la tubería, (m)

$D$  = Diámetro interno de la tubería, (mm).

### 7. Factor de eficiencia.



En aquellas ecuaciones que contemplan el factor de eficiencia  $E$ , se pueden tomar los valores de la siguiente tabla:

VALOR DE ( $E$ )	CONDICIONES DE LA TUBERIA
1,0	Completamente nueva
0,95	En buenas condiciones
0,92	En condición promedio
0,85	En condiciones no favorables

### 8. Viscosidad dinámica de los gases.

La viscosidad dinámica  $\mu$  de los gases más comunes se muestra en la siguiente tabla:

Gas	Viscosidad(cP)
Metano	0,0107
Etano	0,0089
Propano	0,0075
i-Butano	0,0071
n-Butano	0,0073
i-Pentano	0,0066
n-Pentano	0,0066
Hexano	0,0063
Heptano	0,0059

	<b>ANEXO 1: DISEÑO DE REDES</b> <b>REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS</b> <b>NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS</b>		
	Código: ANH/DS1996-A1	Versión: 2	

Octano	0,0050
Nonano	0,0048
Decano	0,0045
Etileno	0,0098
CO	0,0184
CO <sub>2</sub>	0,0147
H <sub>2</sub> S	0,0122
Aire	0,0178
Nitrógeno	0,0173
Helio	0,0193

### 9. Tuberías de Polietileno.

En las siguiente Tabla se muestran las dimensiones de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) para SDR 11 y SDR 17,6.

Diámetro exterior, espesor de pared y peso de PE				
OD mm	SDR 17,6 e(mm)	SDR 17,6 kg/m	SDR 11 e(mm)	SDR 11 kg/m
20			2,0	0,118
25			2,3	0,172
32	2,0	0,197	3,0	0,274
40	2,3	0,288	3,7	0,434
50	2,9	0,445	4,6	0,672
63	3,6	0,695	5,8	1,06
75	4,3	0,986	6,8	1,48
90	5,1	1,40	8,2	2,14
110	6,3	2,10	10,0	3,18
125	7,1	2,69	11,4	4,09
140	8,0	3,37	12,7	5,13
160	9,1	4,40	14,6	6,74
180	10,2	5,54	16,4	8,51
200	11,4	6,86	18,2	10,5

### 10. Referencias.

1. *Gas Pipeline Hydraulics - E. Shashi Menon (2005).*
2. *Considerations about equations for steady state flow in natural gas pipelines - J. Braz. Soc. Mech. Sci. & Eng. vol.29 no.3 Rio de Janeiro July/Sept. 2007.*

