

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

NTC 3728

2011-12-14

GASODUCTOS. LÍNEAS DE TRANSPORTE Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS



E: GAS PIPELINES. GAS TRANSMISSION LINES AND
DISTRIBUTION NETWORKS

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: transporte de gas; distribución de gas;
gasoducto

I.C.S.: 91.140.40

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

Prohibida su reproducción

Segunda actualización
Editada 2011-12-21

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 3728 (Segunda actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 2011-12-14.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 159 Gasoductos.

ALCANOS DE COLOMBIA S.A. ESP
DELVASTO ECHEVERRÍA ASOCIADOS
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN
EXTRUCOL S.A.
GAS NATURAL S.A. ESP
GASES DEL CARIBE S.A. ESP
GASES DE OCCIDENTE S.A. ESP
GEORG FISCHER CENTRAL PLASTICS
GRUPO ZAMBRANO
INDUSEL S.A.

LLANOGAS S.A. ESP
NATURGAS
PROMIGAS S.A. ESP
PIPELIFE INTERNATIONAL GMBH
SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS
PÚBLICOS
SURTIGAS S.A. ESP
TRANSMETANO S.A. ESP
TGI S.A. ESP
TORNILLOS & COMPLEMENTOS

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

AGREMGAS
CBM DE COLOMBIA
CDT DE GAS
COBRETEC S.A.
CONFEDEGAS
CONSORCIO METALÚRGICO NACIONAL
COLMENA
CORPORACIÓN PARA LA
INVESTIGACIÓN DE LA CORROSIÓN
ECOPETROL
EXCEL AMÉRICA
GAS DEL RISARALDA S.A. E.S.P.

GASES DE BOYACÁ Y SANTANDER S.A.
E.S.P.
GASES DE LA GUAJIRA S.A. E.S.P.
GASES DEL CUSIANA S.A. E.S.P.
GASES DEL ORIENTE S.A. E.S.P.
GASNACER S.A. E.S.P.
GASORIENTE S.A. E.S.P.
HIDROTEST.
INDUSTRIAS HUMCAR
LE CO ACCESORIOS
MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA
Y TURISMO
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO
TECNA I.C.E.

TENARIS
TRANSCOGAS S.A.
TRANSGAS DE OCCIDENTE S.A.
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales y otros documentos relacionados.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

CONTENIDO

	Página
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	1
2. DEFINICIONES	2
3. CONDICIONES DE DISEÑO.....	8
3.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	9
3.2 TRAZADO DE REDES	12
4. MATERIALES, EQUIPOS Y ACCESORIOS.....	25
4.1 GENERALIDADES	26
4.2 TUBERÍAS.....	30
4.3 ACCESORIOS.....	31
4.4 VÁLVULAS.....	37
5. CONSTRUCCIÓN.....	38
5.1 GENERALIDADES.....	38
5.2 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS METÁLICAS.....	41
5.3 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS PLÁSTICAS.....	46
5.4 OBRAS Y CRUCES ESPECIALES.....	48
6. VERIFICACIÓN Y PRUEBAS	49
6.1 GENERALIDADES.....	50
6.2 PRUEBAS	51

	Página
7. OPERACIÓN	53
7.1 REQUISITOS GENERALES	53
7.2 MANUAL DE OPERACIÓN.....	54
7.3 MÁXIMA PRESIÓN DE OPERACIÓN PERMISIBLE	54
7.4 INSPECCIONES.....	58
7.5 PREVENCIÓN DE DAÑOS	59
7.6 SEÑALIZACIÓN PERMANENTE.....	59
7.7 PLANES DE CONTINGENCIA.....	60
7.8 ODORIZACIÓN DEL GAS	60
7.9 DERIVACIONES EN LÍNEAS EN OPERACIÓN.....	61
7.10 GASIFICACIÓN Y PURGA DE LA RED	61
7.11 INTERRUPCIÓN Y RESTABLECIMIENTO DEL SERVICIO	61
8. MANTENIMIENTO.....	61
8.1 GENERALIDADES.....	61
8.2 CONTROL DE LA CORROSIÓN	62
8.3 DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE FUGAS.....	62
8.4 PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN	64
8.5 PRUEBAS Y REPARACIONES	68
8.6 REGISTROS.....	69
8.7 MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS Y OTROS ELEMENTOS DE LA RED DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN.....	70
9. SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN	71
9.1 GENERALIDADES.....	71

	Página
9.2 CORROSIÓN EXTERNA.....	72
9.3 CORROSIÓN INTERNA.....	75
9.4 CONTROL DE CORROSIÓN ATMOSFÉRICA.....	75
9.5 ESTADÍSTICA Y REGISTROS	76
10. REFERENCIAS NORMATIVAS	76
ANEXO A (Informativo) BIBLIOGRAFIA	82
TABLAS	
Tabla 1. Separación máxima de las válvulas de seccionamiento para líneas de transporte y líneas primarias.....	11
Tabla 2A. Factores de diseño básicos según la clase de localidad	20
Tabla 2B. Factores de diseño asignados a los sistemas de tuberías de acero.....	20
Tabla 3. Factor de eficiencia longitudinal de las juntas soldadas (E)	21
Tabla 4. Factor de degradación por temperatura (T).....	21
Tabla 5. Número de ensayos de resistencia para todos los tamaños.....	28
Tabla 6. Profundidades de las redes de distribución primarias o líneas de transporte en excavaciones en roca	38
Tabla 7. Presiones de ensayo y agentes de prueba para tuberías metálicas	51
Tabla 8. Máximo esfuerzo circunferencial permisible durante el ensayo	52
Tabla 9. Cambios en la clase de localidad	56

**GASODUCTOS.
LÍNEAS DE TRANSPORTE Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS**

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir las líneas de transporte y las redes de distribución de gases combustibles, en cuanto al diseño, materiales, construcción, verificación y pruebas, condiciones de operación y exigencias relativas al mantenimiento y control de la corrosión.

1.2 Esta norma contempla los siguientes sistemas:

- a) Líneas de transporte
- b) Redes de distribución:
 - Líneas primarias
 - Líneas secundarias
 - Líneas de acometida

Las especificaciones de esta norma son adecuadas para las condiciones de operación y prestación del servicio, regularmente encontradas en la industria del gas. Toda actividad desarrollada bajo el campo de aplicación de esta norma debe satisfacer o exceder las especificaciones en materia de seguridad aquí contempladas.

1.3 Las instalaciones y sistemas de gas con condiciones especiales o inusuales de suministro, no están contempladas por esta norma. Las actividades de diseño, construcción, instalación, ensayo, operación y mantenimiento de los sistemas con condiciones especiales o inusuales de suministro deben ser desarrolladas con ajuste a las normas técnicas que les sean aplicables.

Entre estas instalaciones y sistemas se encuentran los siguientes:

- a) Plantas de producción, refinación o procesamiento de gases combustibles.
- b) Plantas almacenadoras, envasadoras o distribuidoras de gases licuados del petróleo.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- c) Depósitos para el almacenamiento y distribución de cilindros portátiles para gases licuados del petróleo.
- d) Estaciones compresoras, estaciones receptoras (City Gates) y estaciones reguladoras de distrito.
- e) Estaciones compresoras para gas natural comprimido (GNC), instalaciones abastecidas con gas natural comprimido y recipientes a presión para el almacenamiento, transporte o distribución de gas natural comprimido.
- f) Equipos y sistemas de carburación para automotores.
- g) Artefactos a gas de uso doméstico, comercial o industrial.
- h) Sistemas de tuberías para el transporte de gases licuados del petróleo en estado líquido, líneas de trasiego y líneas remotas de llenado.
- i) Recipientes a presión para el almacenamiento, transporte y distribución de gases licuados del petróleo.
- j) Plataformas marinas e instalaciones costa-afuera.
- k) Plantas termoeléctricas o de cogeneración.
- l) Instalaciones de producción, almacenamiento y recibo de Gas Natural Licuado (GNL).
- m) Las aplicaciones especiales que a juicio de las empresas responsables por su diseño, operación y mantenimiento, puedan someterse a las especificaciones de construcción y funcionamiento prescritos por otras normas técnicas nacionales o extranjeras, siempre que estos requisitos conduzcan al establecimiento de unas condiciones de confiabilidad y seguridad de operación similares o superiores a las que se obtendrían con base en las disposiciones de la presente norma, y tales aplicaciones especiales sean aprobadas por la autoridad competente.

1.4 Las prescripciones de esta norma son aplicables en todo su contenido a sistemas construidos después de la ratificación de esta NTC. Para los sistemas existentes, son aplicables únicamente a los procedimientos de operación y mantenimiento.

2. DEFINICIONES

2.1 Actuador. Mecanismo que permite abrir o cerrar una válvula.

2.2 Agrupamiento (Cluster). Un grupo de edificios destinados para ocupación residencial que están cercanamente espaciados y que daría como resultado un notable y claro incremento en la densidad de edificios con respecto a las áreas circundantes. Ejemplos pueden ser urbanizaciones o grupo de casas en sitios despoblados o zonas de camping.

2.3 Amenaza. Todo fenómeno físico de origen natural o antrópico que pueda causar daño a las líneas de transporte o red de distribución. Son amenazas naturales los sismos, los deslizamientos, las inundaciones, los huracanes, las avalanchas, etc. Son amenazas antrópicas aquellas producidas intencionalmente o no por el hombre o por una falla de carácter técnico.

2.4 Ampollamiento de la cubierta (*Cover blow-off*). Designa los posibles efectos de difusión del gas a través de la capa interior, y la asociada presurización de las fibras las cuales pueden resultar en ampollamiento o reventamiento de la capa exterior.

2.5 Base de diseño hidrostático con resistencia a largo plazo. Es el esfuerzo estimado que se ejerce sobre las paredes de las tuberías plásticas hasta causar su rotura, al cabo de un promedio de 100,000 horas de ser sometidas a una presión hidrostática constante.

2.6 Barrera física. Un pantano, ciénaga, gran río, acantilado, risco, parque nacional o cualquier otro aspecto del medio ambiente o control sobre el uso del suelo que limita la expansión o extensión de desarrollos de ingeniería más allá de un cierto punto de las redes de transporte o distribución de gas.

2.7 Cajas de inspección. Estructuras subterráneas a las cuales se puede tener acceso y que están diseñadas para contener tubería y componentes del sistema (tales como válvulas o reguladores).

2.8 Centro de medición. Equipos y elementos requeridos para efectuar la regulación, control y medición del suministro del servicio de gas.

2.9 Clase de localidad. Clasificación de un área geográfica a lo largo del recorrido de un sistema de tuberías, de acuerdo con el número y proximidad a edificaciones destinadas para ocupación humana. Se aplican en prescripción de factores de diseño para la construcción, operación y ensayo de los sistemas de tuberías localizadas dentro de un área específica, teniendo en cuenta requisitos particulares de operación y mantenimiento.

2.10 Compañía operadora. Entidad que opera una línea de transporte o una red de distribución de gas.

2.11 Derecho de vía. Franja de terreno que proporciona al responsable del gasoducto el derecho de pasar o transitar a lo largo de la ruta definida del proyecto. Durante la fase de construcción del gasoducto el ancho de la franja debe considerar el espacio para: la zanja; el depósito temporal de la tubería en superficie; el tránsito de vehículos y personas; el alojamiento del producto de la excavación y; las actividades de preparación, unión, pruebas y ensayos de la tubería. En la fase de operación y mantenimiento el derecho de vía es utilizado principalmente para el tránsito de vehículos, personal, maquinaria y equipos requeridos para los recorridos de inspección, el control de la corrosión, la limpieza interna, la reparación, la atención de emergencias y las demás actividades cuya intención sea preservar o extender la vida útil del gasoducto.

2.12 Diámetro o diámetro nominal exterior. Es el diámetro exterior del tubo como es producido o especificado y no debe ser confundido con la dimensión menor NPS. Por ejemplo: NPS 12 tiene un diámetro exterior especificado de 12,75 pulgadas.

2.13 Esfuerzo circunferencial (S_H). Esfuerzo que actúa circunferencialmente sobre las paredes de espesor "t" de una tubería de diámetro exterior "D", en un plano transversal orientado en sentido perpendicular al eje longitudinal de la tubería, el cual es causado por la presión "P" del fluido que conduce. El esfuerzo circunferencial (S_H) se determina mediante la ecuación de Barlow, como sigue:

$$S_H = \frac{PD}{2t}$$

2.14 Esfuerzo de fluencia. Valor del esfuerzo más allá del cual está presente la deformación plástica después que deja de actuar la carga.

2.15 Espesor nominal de pared. Es el espesor de pared calculado por o utilizado en la ecuación de diseño. En esta norma el tubo puede ser ordenado por su espesor de pared calculado sin adicionar la tolerancia permisible para compensar el bajo espesor indicado en la norma de producto.

2.16 Estación de regulación. Instalación destinada a reducir la presión del gas, a una presión predeterminada.

2.17 Gas inerte. Gas no reactivo bajo unas determinadas condiciones de trabajo químico que se presentan todos en estado gaseoso. Los gases inertes más comunes son el nitrógeno y los gases nobles.

2.18 Gas o gases combustibles. Gases aptos para uso como combustible en aplicaciones de tipo doméstico, comercial o industrial, suministrados a los usuarios a través de uno o varios sistemas de tuberías. Los tipos comunes de estos gases que se distribuyen comercialmente en la República de Colombia son el gas natural (GN), y los gases licuados del petróleo (GLP) en estado de vapor mediante vaporización natural o forzada, con o sin la mezcla de aire propelente.

2.19 Hierro dúctil. (Hierro nodular). Fundición de hierro en la cual el grafito se encuentra en forma esferoidal, en lugar de laminar. Las propiedades mecánicas del hierro dúctil se obtienen mediante tratamientos químicos o térmicos.

2.20 Hot tap. Conexión hecha mediante la técnica de fijar un accesorio de derivación mecánico o soldado a la tubería o equipo en servicio, y crear un orificio en la tubería o equipo mediante taladrado o corte de una porción del tubo o equipo dentro del accesorio que se fija.

2.21 Incremento de presión permisible (*Up-rating*). es la recalificación de un sistema de tubería para llevar a cabo un incremento en la máxima presión de operación permisible.

2.22 Líneas de acometida. Sistemas de tuberías para el suministro de gas a uno o varios usuarios desde las líneas primarias o secundarias hasta la válvula de corte individual de consumo, inclusive.

2.23 Líneas de transporte. Sistemas de tuberías para el transporte de gas, comprendidos entre las fuentes de abastecimiento y la estación receptora (*City Gates*) o de los centros de distribución de los grandes consumidores (*gran industria*). También comprenden los sistemas de tuberías empleados para la interconexión de dos o más fuentes de abastecimiento o acopio; se excluyen las líneas de recolección entre los diferentes pozos. Las líneas de transporte son regularmente operadas a alta presión.

2.24 Líneas primarias. Sistemas de tuberías destinados a la distribución de gas hacia sectores puntuales de consumo. Están comprendidos entre la salida de la estación receptora y la entrada a las estaciones reguladoras dispuestas en la red de distribución. Por lo general se componen de tuberías metálicas operadas a alta presión.

2.25 Líneas secundarias. Sistemas de tuberías que se derivan de las líneas primarias desde las salidas de las estaciones reguladoras de distrito y se extienden hacia la línea de acometida de todos los usuarios en un sector determinado de la red de distribución. Por lo general se componen de tuberías de materiales plásticos especiales, operadas a media presión.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

Para el caso de redes de distribución abastecidas con tanques de almacenamiento las líneas secundarias se derivan de los reguladores de presión de primera etapa, asociados a los respectivos tanques de almacenamiento hasta la línea de acometida de todos los usuarios en un sector determinado de la red de distribución.

2.26 Localidad Clase 1. Es cualquier sección de 1600 m de longitud que tiene 10 o menos edificaciones destinadas a ocupación humana. La Localidad Clase 1 se propone reflejar áreas tales como páramos, desiertos, montañas, tierras de pastoreo, granjas y áreas escasamente pobladas.

2.27 Localidad Clase 2. Es cualquier sección de 1600 m de longitud que tiene más de 10, pero menos que 46 edificaciones destinadas a ocupación humana. Una Localidad Clase 2 se propone reflejar las áreas donde el grado de población es intermedio entre la Localidad Clase 1 y la Localidad Clase 3, tales como, áreas marginales alrededor de ciudades y pueblos, áreas industriales, haciendas, zonas rurales, etc.

2.28 Localidad Clase 3. La Localidad Clase 3 es cualquier sección de 1 600 m de longitud que tiene 46 o más edificaciones destinadas a ocupación humana, excepto cuando prevalece una Localidad Clase 4. La Localidad Clase 3 se propone reflejar las áreas con desarrollos suburbanos, centros comerciales, áreas residenciales, áreas industriales y otras áreas pobladas no incluidas en los requisitos de Localidad Clase 4.

2.29 Localidad Clase 4. La Localidad Clase 4 es cualquier sección de 1 600 m de longitud que tiene 46 o más edificaciones destinadas a ocupación humana, donde más del 50 % de éstas tienen más de cuatro pisos, donde el tráfico es pesado y/o denso y donde pueden haber numerosas redes de otros servicios enterradas. Los cuatro pisos se cuentan desde el primero o planta baja. La profundidad de sótanos o el número de pisos de sótano, si existieran, no tiene importancia.

2.30 Máxima presión de ensayo permisible. Máxima presión interna del fluido de prueba prescrita por las normas aplicables para los ensayos de presión de un sistema de tuberías, de acuerdo con el tipo de material en que está construido y la clase de localidades que involucra en su trazado.

2.31 Máxima presión de operación permisible. Máxima presión a la cual puede ser operado un sistema de tuberías para conformar redes de suministro de gas, de conformidad con los requisitos de esta norma y las especificaciones de la NTC 3838. Se abrevia "MPOP".

2.32 Máximo esfuerzo circunferencial permisible. Máximo esfuerzo, prescrito por esta norma para un sistema de tuberías, de acuerdo con el tipo de material empleado en su construcción.

2.33 Mecanismo de alivio. Dispositivo instalado en un sistema presurizado de tuberías para gas con el objeto de prevenir que la presión dentro del sistema exceda un límite predeterminado, bien sea mediante el venteo hacia la atmósfera exterior del gas excedente o desviándolo hacia sistemas alternos de menor presión que puedan absorberlo sin exceder sus propios límites de seguridad.

2.34 Medidor de consumo. Equipo de medición que registra el volumen de gas suministrado a un usuario para su consumo.

2.35 NPS (Nominal Pipe Size). Es un designador dimensional de tubería. Indica un tamaño de tubo estándar cuando está seguido de un valor apropiado, por ejemplo: NPS 12

2.36 Perforación dirigida. Técnica consistente en la ejecución de túneles mediante la utilización de un dispositivo que comprime o extrae el suelo tras su paso dejando una perforación por la cual se permite la instalación de la tubería; tiene la posibilidad de guiar la perforación tanto horizontal como vertical a todo lo largo del lanzamiento.

2.37 Perforación horizontal. Técnica consistente en la ejecución de túneles mediante la utilización de un dispositivo que comprime o extrae el suelo tras su paso dejando una perforación por la cual se permite la instalación de la tubería. Tiene la posibilidad de guiar la perforación solamente en un plano horizontal a lo largo del lanzamiento.

2.38 Plan de contingencia. Medidas encaminadas a evitar, prevenir o disminuir todo accidente que por la magnitud de sus efectos negativos puede poner en peligro la vida de personas, causar altos daños materiales o llegar a afectar el medio ambiente.

2.39 Plan de emergencia. Conjunto de acciones encaminadas a controlar y minimizar el efecto de una emergencia en el espacio más cerrado posible; tiende a evitar que las consecuencias por causa de un accidente o emergencia sean más altos. El Plan de emergencia entra a funcionar en el momento en que ya se ha producido la emergencia, por lo tanto está incluido en el Plan de Contingencia.

2.40 Plástico. Material que contiene como ingrediente esencial una sustancia orgánica de alto peso molecular, es sólido en su estado final, pero durante su proceso de manufactura puede ser moldeado. Los dos tipos generales de plásticos son los denominados "termoplásticos" y "termoestables".

2.41 Presión de diseño. Máxima presión permisible prescrita por las normas técnicas aplicables a cada sistema de tuberías, determinada mediante los procedimientos de diseño establecidos para el tipo de materiales en que esta construido y la clase de localidades que involucra en su trazado.

2.42 Presión normal de suministro. Presión de entrega domiciliaría del gas que deben mantener las empresas suministradoras en las conexiones de entrada de las instalaciones individuales de sus respectivos usuarios.

2.43 Redes de distribución. Sistemas de tuberías y accesorios destinados al abastecimiento de gas, comprendidos entre la salida de la estación receptora (City Gate), estación receptora local o tanque de almacenamiento, hasta la válvula de corte (registro) ubicada en la acometida.

2.44 Regulador de presión. Dispositivo mecánico empleado para disminuir la presión de entrada y regular uniformemente la presión de salida.

2.45 Reguladores de servicio. Reguladores de presión instalados en una línea de acometida con el objeto de controlar la presión del gas suministrado a un usuario.

2.46 Relación dimensional estándar (RDE). Es la relación del diámetro exterior del tubo al espesor de pared de la tubería termoplástica. Se calcula por la división del diámetro exterior especificado del tubo por el espesor de pared especificado.

2.47 Resistencia a la tensión. Es el mayor valor del esfuerzo de tensión (referido a la sección transversal original) que un material puede soportar antes de fallar.

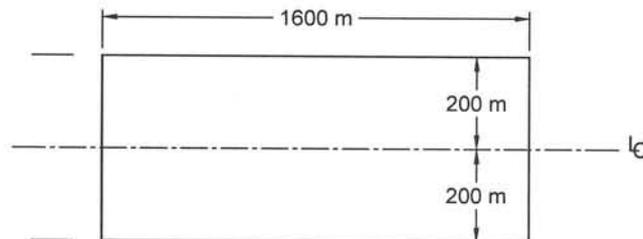
2.48 Resistencia mínima a la fluencia especificada (SMYS). Es la mínima resistencia a la fluencia prescrita por la especificación bajo la cual el tubo es fabricado.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

2.49 Resistencia mínima a la tensión especificada. Es la mínima resistencia a la tensión prescrita por la especificación bajo la cual el tubo es fabricado.

2.50 Riesgo. Probabilidad de ocurrencia de pérdidas ocasionadas a la población, a la infraestructura o al medio ambiente, como consecuencia de la materialización de una amenaza que afecte al sistema de transporte o distribución de gas.

2.51 Sección unitaria. Se entiende como un área unitaria de 400 m de ancho x 1 600 m de largo, es decir 200 m a lado y lado del eje de la tubería que conforma el gasoducto.



2.52 Servidumbre de gasoducto. Derecho que limita el dominio de un predio determinado en favor del operador de un gasoducto, quien podrá realizar en dicho predio las actividades de construcción, inspección y mantenimiento de la tubería en una franja de terreno.

2.53 Sistema de alta presión. Sistema que opera a las presiones definidas como alta presión en la NTC 3838.

2.54 Sistema de baja presión. Sistema que opera a las presiones definidas como baja presión en la NTC 3838.

2.55 Sistema de media presión. Sistema que opera a las presiones definidas como media presión en la NTC 3838.

2.56 Sitio identificado. Áreas o lugares abiertos (al aire libre) o cerrados, ubicados en el área de influencia de la línea de transporte, ocupados por 20 o más personas por lo menos durante 50 días en un periodo de 12 meses (los días y las semanas no son necesariamente consecutivos) e instalaciones ocupadas por personas que se encuentran confinadas, tienen movilidad limitada o puede ser difícil su evacuación. Algunos ejemplos de sitios identificados son: teatros, estadios, escuelas, iglesias, canchas, cárceles, hospitales, etc.

2.57 Termoestable. Material plástico que ha pasado a un estado sustancialmente insoluble e infundible, por medio de un proceso de curado bajo la aplicación de calor o por procesos químicos.

2.58 Termoplástico. Material plástico capaz de ser ablandado repetidamente por el aumento de temperatura, o endurecido por la disminución de la misma.

2.59 Tramo. Pieza de tubería de una longitud establecida.

2.60 Tubería de Polietileno reforzada con fibra (TPR). La tubería de polietileno reforzada con fibra está conformada por una estructura de tres capas como se indica a continuación:

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- a) Capa interior: polietileno de alta densidad negro, PE 100 ó polietileno de alta densidad y baja permeabilidad, la cual sirve para contener el gas transportado, asegurando la flexibilidad y rigidez del tubo en todo su conjunto.
- b) Capa Central: Consistente en fibras de refuerzo entrelazadas las cuales proveen la resistencia a la presión interior.
- c) Capa exterior: polietileno de alta densidad tipo PE 100 que sirve para proteger la fibra contra las influencias del medio ambiente y las cargas habituales encontradas durante el transporte, manejo e instalación del tubo.

Las tres capas son fusionadas en los respectivos puntos de transición, y la fibra del centro es embebida en material de soporte de polietileno.

2.61 Tubería de poliamida. La tubería de poliamida (PA) tiene un componente de nylon según la norma ASTM D 2513 Sección A.5 o ISO 22621 y es apta para la conducción de gas.

2.62 Unión mecánica. Empalme entre dos tuberías mediante accesorios o elementos que proporcionan hermeticidad sin que haya continuidad entre los materiales de las tuberías a diferencia de las uniones soldadas. Las uniones mecánicas pueden ser desmontables o no y son de diversos tipos: abocinado, roscado, de anillo de ajuste y acoples por compresión entre otros.

2.63 Válvula cheque. Válvula diseñada para permitir el flujo en una sola dirección y para cerrarse automáticamente y prevenir así el contraflujo.

2.64 Válvula de alivio de sobrepresión. Dispositivo que permite evacuar gas para evitar un exceso de presión por encima de un valor predeterminado.

2.65 Válvula de seccionamiento. Válvula que se utiliza para aislar uno o varios tramos de la red de distribución.

2.66 Venteo. Dispositivo que permite el flujo de gas desde la cámara atmosférica del diafragma de un regulador hasta la atmósfera en el evento de una ruptura del diafragma.

2.67 Vulnerabilidad. Sensibilidad del sistema a sufrir daños y presentar dificultad para recuperarse. La vulnerabilidad puede ser de origen, cuando se diseña con poco o ningún criterio de seguridad, o progresiva, por el deterioro causado en el sistema, debido al uso y la falta de mantenimiento periódico adecuado.

3. CONDICIONES DE DISEÑO

Los requisitos de diseño de esta norma se han establecido para buscar la seguridad, considerando las condiciones normalmente encontradas en la industria del gas. Las condiciones inusuales que puedan ocasionar esfuerzo adicional en cualquier parte del sistema deben ser consideradas de acuerdo con las buenas prácticas de ingeniería. Ejemplos de tales condiciones incluyen, largos tramos auto-soportados, vibración mecánica o sónica, peso de accesorios especiales, esfuerzos inducidos por sismos, diferencias de temperatura, inundaciones, condiciones geotécnicas adversas (suelos inestables).

Para el diseño de líneas de transporte y redes de distribución se deben considerar entre otros los siguientes parámetros:

- a) Calidad del gas. Se debe tener en cuenta para controlar o disminuir efectos adversos sobre el sistema derivados de sus propiedades o del contenido de sulfuro de hidrógeno, oxígeno, vapor de agua y otros componentes.
- b) Posibilidad de daños por terceros. Evaluación de la condición actual y futura de espacios para ocupación humana
- c) Posibilidad de interferencia con otros servicios.

3.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD

3.1.1 Si la línea de transporte o red de distribución está expuesta a una presión que pueda exceder la máxima presión de operación permisible, debe tener dispositivos de alivio o de limitación de presión. Adicionalmente, debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Estar en capacidad de soportar la presión, carga y demás condiciones que se puedan presentar durante la operación normal del sistema, y que puedan ser activados en caso de una falla en el sistema o en parte de él.
- b) Estar diseñado de tal manera que se evite una sobrepresión accidental.
- c) Todos los tramos de líneas de transporte y redes de distribución instalados que se encuentren expuestos deben estar protegidas de daños accidentales provocados por tráfico vehicular u otras causas similares, ya sea mediante su ubicación a distancias seguras de las vías o por la instalación de defensas.

3.1.2 Control de presión de entrega en las líneas de transporte y redes de distribución

Las estaciones empleadas para controlar la presión de entrega en las líneas de transporte y redes de distribución deben cumplir con lo establecido en la NTC 3949.

3.1.3 Dispositivos de alivio de presión y limitadores de presión

Excepto para el caso de los discos de ruptura, todo dispositivo de alivio de presión o de limitación de presión debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Estar construido de materiales que no se deterioren por la corrosión, durante la operación del dispositivo.
- b) Tener válvulas con asientos diseñados de tal forma que no se bloqueen en una posición que hagan al dispositivo inoperante.
- c) Estar diseñado e instalado de tal forma que pueda ser manipulado fácilmente para verificar la operabilidad de la válvula, su calibración y determinar que no hayan fugas cuando está en posición cerrada.
- d) Tener soportes hechos de materiales no combustibles.
- e) Tener conductos de descarga, venteos u orificios de salida, diseñados para prevenir la acumulación de agua, en sitios donde el gas puede ser descargado a la atmósfera, sin que se produzca riesgo.

- f) Estar diseñado e instalado de tal forma que el tamaño de las aberturas, de la tubería y de los accesorios ubicados entre el sistema que se va a proteger y el dispositivo de alivio de presión, sean adecuados para prevenir golpeteo de la válvula y alteraciones en la capacidad de alivio.
- g) Deben estar protegidos para prevenir la operación por parte de personal no autorizado.
- h) Todo dispositivo de alivio o limitador de presión, o todo grupo de éstos, instalados con el propósito de proteger un sistema de transporte o red de distribución, debe tener la capacidad suficiente y se debe ajustar de modo que durante su operación se garantice que el valor de la presión de operación no exceda en más de un 10 % al valor máximo de operación permisible, o el valor que origine un esfuerzo circunferencial en las tuberías igual o superior al 75 % del mínimo esfuerzo de fluencia especificado (SMYS), el que sea menor.

3.1.4 Válvulas

Las válvulas de seccionamiento, derivación y purga se ubicarán en lugares de fácil acceso, a fin de reducir el tiempo de intervención, y se protegerán adecuadamente de daños y manipulación por personal no autorizado. El mecanismo de accionamiento para la apertura y cierre de la válvula debe ser fácilmente accesible al personal autorizado.

3.1.4.1 Válvulas de seccionamiento

- a) Todas las líneas de transporte y redes de distribución a alta y media presión deben tener válvulas espaciadas de tal forma, que en caso de emergencia se minimice el tiempo de cierre de un tramo o sección de la línea. La separación de las válvulas está determinada por la presión de operación, el tamaño de la red y las condiciones físicas locales.
- b) Toda válvula instalada para seccionar las líneas de transporte y redes de distribución para operación o propósitos de emergencia, debe cumplir con las siguientes condiciones:
 - 1) Debe estar ubicada en un lugar de fácil acceso.
 - 2) El mecanismo de operación debe ser fácilmente accesible.
 - 3) Si la válvula se instala en una caja enterrada o encerrada, ésta debe estar instalada de tal forma que se evite la transmisión de cargas externas a la línea.
- c) Para la ubicación de las válvulas de seccionamiento se deben tener en cuenta las siguientes características físicas y de operación:
 - 1) Tamaño del área que se va a aislar
 - 2) Clase de localidades
 - 3) Características topográficas (ríos, avenidas, carreteras)
 - 4) Número de válvulas necesarias para realizar el aislamiento.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- 5) Volumen de gas almacenado en el tramo a aislar
- 6) Número de usuarios y usuarios especiales, tales como hospitales, escuelas, usuarios comerciales o industriales que pueden verse afectados por el cierre de las válvulas.
- 7) El tiempo requerido por el personal disponible para llevar a cabo los procedimientos de aislamiento.
- 8) El tiempo requerido para controlar la presión en el área aislada por los métodos de venteo y transferencia de gas a sistemas adyacentes.
- 9) El tiempo requerido por el personal disponible para restaurar el servicio a los usuarios.

El número de válvulas para seccionar un tramo debe ser resultado del análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos efectuado durante la fase de diseño. En ningún caso las distancias de separación de las válvulas de seccionamiento en líneas de transporte y líneas primarias de distribución deben exceder las distancias en kilómetros especificadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Separación máxima de las válvulas de seccionamiento para líneas de transporte y líneas primarias

Clase de localidad	Separación máxima ¹ en km
1	32
2	24
3	16
4	8

- d) Las líneas de transporte y redes de distribución deben tener al menos un dispositivo exterior a la estación que permita suspender el flujo de gas hacia ésta en el caso de una emergencia que impida el acceso a la misma.
- e) Al fijar la ubicación y separación entre las válvulas de seccionamiento, derivación y purga se deben tener en consideración los siguientes aspectos:
 - 1) Presión de trabajo, diámetro y tipo de tubería
 - 2) Tipo y número de usuarios que resultarán afectados por una eventual desconexión.
 - 3) Condiciones locales especiales.

3.1.4.2 Válvulas de derivación

Toda derivación de una línea de alta presión debe tener una válvula de corte cercana al punto de la derivación.

¹ La separación definida en la Tabla 1 puede variarse ligeramente para permitir que la válvula sea instalada en un lugar con mejor acceso.

3.1.4.3 Válvulas de purga

Donde la compañía operadora determine que es necesario para el funcionamiento adecuado y seguro de la red, se deben ubicar válvulas de purga.

3.1.5 Regulación y medición

La localización, ubicación y protección de los reguladores y centros de medición debe efectuarse de acuerdo con lo establecido en la NTC 3949, NTC 4282 o NTC 2505, según sea aplicable.

3.1.6 Señalización del trazado

Las líneas de transporte y redes de distribución deben señalizarse, de acuerdo con lo establecido en el numeral 5.1.3.

3.1.7 Plan de contingencia

Para las líneas de transporte y las redes de distribución la compañía operadora debe considerar el diseño del Plan de Contingencia, de acuerdo con lo establecido en el numeral 7.7.

3.1.8 Control de la corrosión

Todas las tuberías de acero o metálicas que conforman las líneas de transporte y redes de distribución de gas deben estar protegidas contra la corrosión externa, de acuerdo con los parámetros establecidos en el numeral 9.

3.2 TRAZADO DE REDES

Durante la definición del trazado de las líneas de transporte y redes de distribución de gas se deben determinar las clases de localidades por las que pasan las tuberías ya que las clases de localidad señalan limitaciones en la máxima presión de operación o prescripciones en cuanto al diseño y construcción de las redes.

3.2.1 Clase de localidades

La determinación de los índices de densidad poblacional brinda un método para evaluar el grado de exposición al daño de un sistema de tuberías para gas (véanse las definiciones 2.26 a 2.29).

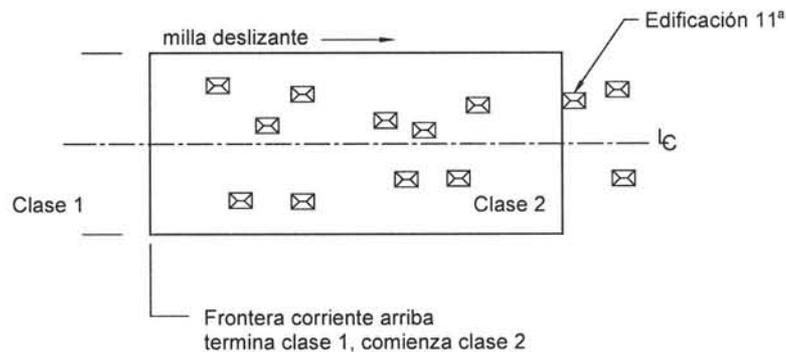
Para determinar los índices de densidad poblacional asociados a un sistema de tuberías en particular, se debe emplear la siguiente metodología:

Para determinar la clase de localidad se debe realizar un conteo en una sección unitaria de 1600 m de largo, esta sección se mueve a lo largo del eje del gasoducto. La sección unitaria puede ubicarse en cualquier punto del trazado de la tubería y la determinación de la clase de localidad debe dar el mismo resultado sin importar el sentido del desplazamiento.

Cuando la cantidad de edificaciones contadas dentro de una clase de localidad alcanzan un nivel donde cambia de clase, las fronteras son localizadas usando los conceptos ilustrados a continuación:

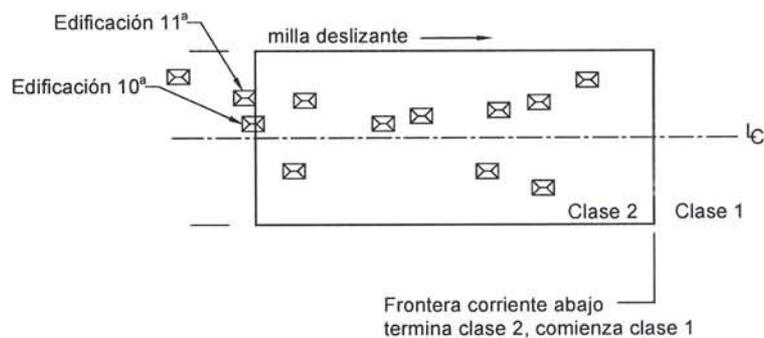
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- a) Si se tiene una clase de localidad 1 en la posición actual de la sección unitaria, la frontera corriente arriba entre la localidad 1 y la 2 debe ser establecida en el extremo corriente arriba de la unidad, cuando en esta pueden contarse más de 10 edificaciones.

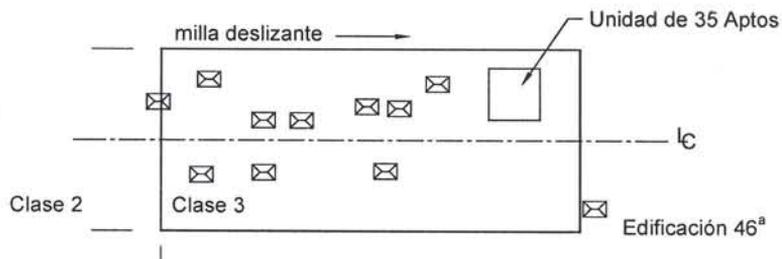


- b) La frontera corriente abajo debe ser establecida por la sección unitaria

- 1) Estando en clase de localidad 2, cuando se desplace la sección unitaria y se logre contar 10 ó menos edificaciones, la frontera corriente abajo de la clase de localidad 2 y la frontera corriente arriba de una nueva localidad clase 1 debe ser establecida en el extremo corriente abajo de la sección unitaria en el primer punto donde se puedan contar 10 ó menos edificaciones dentro de la unidad.



- 2) Si un punto es encontrado primero donde hay 46 o más edificaciones, la frontera corriente abajo de la clase de localidad 2 y la frontera de la clase de localidad 3 deben ser establecidas en el extremo corriente arriba de la sección unitaria en el primer punto donde puedan ser contadas 46 ó más edificaciones.

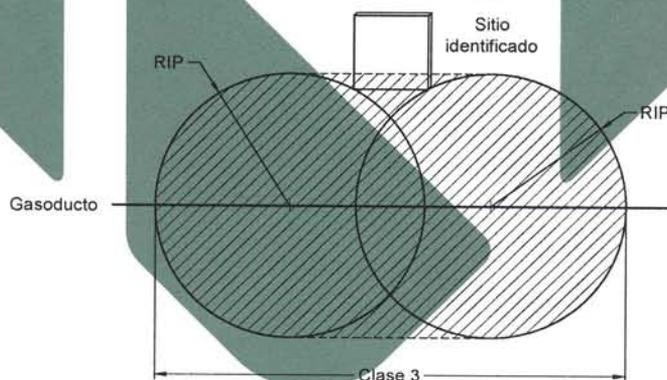


Si clases de localidades 3 son determinadas según (2), la frontera corriente arriba de la clase de localidad 3 debe ser establecida en el extremo corriente abajo de la Sección unitaria en el primer punto donde hay menos de 46 edificaciones dentro de ella.

El procedimiento para establecer las fronteras descrito arriba debe ser continuado hasta el otro extremo de la tubería o hasta el extremo de un área previamente clasificada.

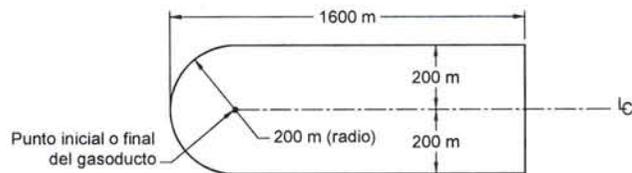
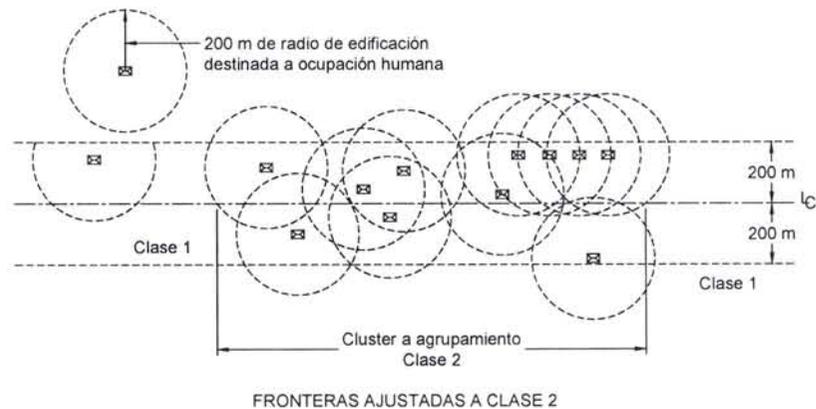
c) Consideraciones para sitios identificados.

- 1) Cualquier área en Localidad Clase 1 o Clase 2 donde el círculo potencial de impacto de la tubería contiene un Sitio Identificado debe cumplir con los requisitos para Localidad Clase 3. El círculo potencial de impacto se determinará según lo establecido en la NTC 5747.



- 2) Las construcciones de la compañía transportadora o distribuidora de gas usadas en actividades de operación no se deben considerar como sitios identificados a pesar del nivel de ocupación.
- d) Cuando más del 50 % de las edificaciones contenidas en la Unidad tiene cuatro o más pisos se requiere una zona de clase 4. Las fronteras de la clase 4 incluyen la tubería que cae dentro de los 200 m de radio de cualquier parte cerca de las edificaciones que tienen cuatro o más pisos.

- e) Ajuste de fronteras. Cuando una localidad clase 2 ó 3 se determinó basado en el número de edificaciones destinados a ocupación humana dentro la Unidad de localidad clase y todos o la mayoría de las edificaciones están situadas en un agrupamiento o cluster, las fronteras de esta localidad clase deben ser ajustadas de manera que incluya por lo menos la parte de la tubería que cae dentro de los 200 m de radio medidos desde cualquier parte de las edificaciones del agrupamiento o cluster.



- f) Barreras físicas. Cuando una barrera física está en un extremo de una clase 2 ó 3, la frontera de este extremo de la localidad clase debe incluir sólo la parte de la tubería dentro de los 200 metros de radio desde cualquier parte de la construcción cerca de la barrera.
- g) Otras consideraciones.
- 1) Los edificios destinados a ocupación humana incluyen las edificaciones en las cuales la gente trabaja y las edificaciones en donde la gente vive.
 - 2) Si una parte especial de la edificación destinada a la ocupación humana cae dentro de la sección unitaria de clase de localidad, la edificación debe ser considerada como si estuviera dentro de la sección unitaria para propósitos del conteo de edificaciones para ocupación humana y para consideraciones de sitio identificado.
 - 3) En la determinación de la Clase de localidad, cada edificación que pueda ser considerada como sitio identificado o cualquier otra edificación destinada a ocupación humana, independiente del número de pisos o de personas que la usen, debe ser contada como un solo edificio (excepto para edificaciones multifamiliares).

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- 4) Cada unidad habitacional en multifamiliares debe ser contada como una edificación independiente destinada a ocupación humana. Esto aplica a los apartamentos y dúplex, pero no a hoteles o moteles.
 - 5) Cada edificio o torre en complejos de hoteles o moteles debe ser contado como una edificación destinada a ocupación humana.
 - 6) Edificios de multifamiliares y edificios múltiples de hoteles o moteles situados en cualquier otra zona deben ser considerados como agrupamiento o cluster.
 - 7) Los edificios de la compañía directamente relacionados con la operación del gasoducto, excepto las viviendas de las familias de los empleados (campamentos), no se deben considerar para determinar la clase de localidad.
 - 8) Excepto los edificios de la compañía operadora, los complejos comerciales o industriales que incluyen múltiples edificaciones, algunas de las cuales pueden tener baja o infrecuente ocupación, como fincas, plantas manufactureras, estaciones compresoras, plantas de proceso, etc., deben contarse como sigue para considerarlas como edificaciones destinadas a la ocupación humana:
 - a. Contar todas las casas o viviendas
 - b. Contar edificios de oficinas, si ellos son normalmente ocupados cada turno diario de trabajo
 - c. Contar otras construcciones tales como graneros, garajes, taller, almacenes, si dos o más personas normalmente las ocupan durante el turno diario de trabajo.
 - 9) Cuando la localidad clase cambia de 3 a 1 ó viceversa, puede o no haber una localidad clase 2 como transición. Si siguiendo el procedimiento de la Sección unitaria una localidad clase 2 es indicada en el extremo de una clase 3 y no hay edificaciones en la clase 2, la situación debe ser verificada para ver si existe un agrupamiento o cluster y pueden ajustarse las fronteras.
 - 10) Al comienzo y al final de la línea del gasoducto, las edificaciones dentro de los 200 m de radio del extremo de la línea deben ser incluidas en la determinación de la clase. En otras palabras, la unidad de localidad clase comienza y termina 200 m más allá del punto inicial y del punto final del gasoducto.
- h) Fracción de clase de localidad. Si la longitud total de línea, adicionándole 200 m al comienzo y al final, es menor de 1 600 m, el número de edificaciones requeridos para clase 2 y clase 3 debe ser ajustado a la fracción de unidad incluyendo los 200 m inicial y final².

² Por ejemplo, si la línea tiene 800 m de longitud, más los 200 m de cada extremo, equivalen a 0,75 de 1 600 m. Entonces, el mínimo número de edificaciones requerido para clase 2 debería ser de 9 (0,75 por 11 igual 8,25 se lleva a 9), y el mínimo número de edificaciones requerido para clase 3 debería ser de 35 (0,75 por 46 igual 34,5 se lleva a 35).

3.2.1.3 Consideraciones ambientales y urbanísticas

Para la construcción de una línea de transporte o una red de distribución, se deben adoptar controles y medidas para preservar el orden urbano, el bienestar y la seguridad pública, garantizando la circulación vehicular y peatonal, según sea aplicable, y la mínima afectación de los demás servicios públicos.

Se deben implantar mecanismos para minimizar las dificultades que resulten de la necesidad de efectuar desvíos de tránsito y de la reconstrucción de vías peatonales, vehiculares y zonas verdes.

Toda empresa de transporte o distribución debe cumplir la legislación ambiental vigente.

3.2.2 Configuración de los sistemas de transporte y distribución.

3.2.2.1 Criterios básicos de dimensionamiento

- a) Las líneas de transporte y las redes de distribución deben diseñarse para garantizar durante su vida útil, un volumen y presión de gas adecuados a las necesidades de cada consumidor.
- b) Los diseños de líneas de transporte y las redes de distribución de gas deben contemplar las posibles ampliaciones futuras en el área de influencia.
- c) El diseño de líneas de transporte y las redes de distribución de gas debe considerar, entre otros, los siguientes aspectos:
 - 1) Características físicas y químicas del fluido
 - 2) Máxima y mínima presión de operación
 - 3) Máxima y mínima temperatura de operación
 - 4) Especificaciones del material seleccionado de acuerdo con el capítulo 4 de esta norma.
 - 5) Cargas adicionales. En el diseño de las tuberías debe considerarse las cargas que puede preverse actuarán sobre la tubería, de acuerdo con las características de las regiones que atraviesa y de las condiciones de trabajo, tales como:
 - a. Cargas vivas como el agua, hielo, el viento y otros.
 - b. Cargas muertas como son el peso propio de la tubería, recubrimientos, rellenos, válvulas y otros accesorios no soportados.
 - c. Efectos causados por vibración y resonancia
 - d. Esfuerzos causados por asentamientos o derrumbes en regiones de suelos inestables.
 - e. Efectos de la contracción y expansión térmicas

- f. Efectos en los tubos ocasionados por el movimiento de los equipos conectados
 - g. Esfuerzos por oleajes, corrientes marítimas y fluviales, zonas pantanosas, en caso de haberlas
 - h. Esfuerzos en cruces de vías
- 6) Factor de seguridad por densidad de población (F)
 - 7) Factor por eficiencia de las juntas (E)
 - 8) Espesor adicional por desgaste o margen de corrosión.
 - 9) Inspección y mantenimiento del sistema en operación.
- d) Se debe elaborar una memoria técnico-descriptiva que contenga los diagramas de flujo, planos del proyecto, especificaciones, memoria de cálculo y la información básica que involucre todos los aspectos considerados en el diseño.

3.2.2.2 Tuberías

a) Tuberías de acero

- 1) Cálculo de la presión de diseño o del mínimo espesor de pared. La presión de diseño de los sistemas de tuberías construidos de acero, o el mínimo espesor de pared de tales sistemas para una presión de diseño preestablecida, deben ser determinados mediante las siguientes ecuaciones:

Sistema Métrico

$$P = \left(\frac{20 * S * t}{D} \right) * F * E * T$$

Sistema Inglés

$$P = \left(\frac{2 * S * t}{D} \right) * F * E * T$$

en donde

- P = presión de diseño; expresada en bar o psig.
- S = límite de fluencia mínimo, especificado para el material de la tubería; expresado en MPa o psig.
- t = mínimo espesor de pared; expresado en mm o pulgadas.
- D = diámetro exterior de la tubería; expresado en mm o pulgadas.
- F = factor de diseño de acuerdo con la clase de localidad considerada; adimensional.
- E = factor de eficiencia de la junta longitudinal soldada; adimensional.
- T = factor de degradación por temperatura de las tuberías; adimensional.

- 2) Limitaciones de los valores de diseño.

- a. Presión de diseño. La presión de diseño es la máxima presión, para cada sistema de tuberías, determinada mediante los procedimientos de diseño

establecidos para el tipo de materiales en que está construido y la clase de localidades que involucra en su trazado; se exceptúan las tuberías de acero cuya máxima presión de operación permisible sea inferior a 7 bar (101,3 psig), para las cuales la presión de diseño debe ser de 7 bar (101,3 psig), como mínimo.

- b. Límite de fluencia mínimo. Los límites de fluencia mínimos especificados para las tuberías rígidas de acero comúnmente empleadas para conformar sistemas de tuberías para conformar redes de suministro de gas se indican en las respectivas normas de producto. Para el caso de tuberías rígidas de acero, cuyo límite de fluencia mínimo sea desconocido, se empleará un valor de 165 MPa (24 000 psig).
- c. Mínimo espesor de pared nominal
 - 1. Los procesos de transporte, instalación o reparación de las tuberías de acero no deben reducir el espesor de pared en ningún punto del sistema de tuberías en más de un 10 % del mínimo espesor de pared determinado de acuerdo con el numeral 3.2.2.2.a)1) para la presión de diseño, prescrita para el sistema de tuberías.
 - 2. El mínimo espesor de pared, determinado de acuerdo con el numeral 3.2.2.2.a)1) para contener la presión del fluido de gas, puede no ser suficiente para resistir otros esfuerzos a que sea sometido el sistema de tuberías, tales como deformaciones físicas causadas durante su transporte e instalación, el peso del agua durante las pruebas de estanqueidad y resistencia a presión hidrostática, cargas externas como el peso del relleno para el caso de tuberías enterradas y otras cargas secundarias ejercidas sobre el sistema, bajo condiciones normales de servicio. Tampoco se considera el desgaste natural de los sistemas ni el efecto de la corrosión directa, electrolítica o bacteriana, ni cargas externas accidentales como asentamientos del suelo, presiones freáticas y movimientos telúricos.
 - 3. El mínimo espesor de pared para las tuberías rígidas de acero para conformar redes de suministro de gas se debe tomar como el mayor valor entre el obtenido de acuerdo con el numeral 3.2.2.2.a)1), y el que se especifica en las respectivas normas de producto para las tuberías señaladas en el numeral 4.2.1.
- d. Factor de diseño. Los factores de diseño asignados al sistema de tuberías, de acuerdo a la clase de localidad correspondiente a cada sección, se resumen en las Tablas 2A y 2B. Los criterios seguidos para la asignación de estos factores corresponden a las especificaciones del numeral 3.2.1.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

Tabla 2A

Clase de Localidad	Factor de diseño
1 (División 1)	0,80
1 (División 2)	0,72
2	0,60
3	0,50
4	0,40

División 1: La tubería ha sido probada hidrostáticamente a 1,25 veces la máxima presión de operación.
División 2: La tubería ha sido probada hidrostáticamente a 1,1 veces la máxima presión de operación.

Tabla 2B. Factores de diseño asignados a los sistemas de tuberías de acero

Construcción	Clase de Localidad 1		Clase de Localidad 2	Clase de Localidad 3	Clase de Localidad 4
	División 1	División 2			
Tuberías o líneas primarias, secundarias y acometidas	0,80	0,72	0,6	0,5	0,4
Cruces de carreteras, líneas férreas sin camisa:					
a) Carreteras privadas	0,80	0,72	0,60	0,50	0,40
b) Carreteras públicas sin pavimentar	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
c) Carreteras, autopistas o calles públicas, pavimentadas y líneas férreas	0,60	0,60	0,50	0,50	0,40
Cruces de carreteras y líneas férreas con camisa:					
a) Carreteras privadas	0,80	0,72	0,60	0,50	0,40
b) Carreteras públicas sin pavimentar	0,72	0,72	0,60	0,50	0,40
c) Carreteras, autopistas o calles públicas, pavimentadas y líneas férreas	0,72	0,72	0,60	0,50	0,40
Tuberías o líneas primarias, secundarias y acometidas, instaladas en forma paralela y en el derecho de vías de:					
a) Carreteras privadas	0,80	0,72	0,60	0,50	0,40
b) Carreteras públicas sin pavimentar	0,80	0,72	0,60	0,50	0,40
c) Carreteras, autopistas o calles públicas, pavimentadas y líneas férreas	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
Ensamblados prefabricados	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
Líneas en puentes	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
Instalaciones de medición y control de flujo/presión	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
Sistema de tubería en estaciones compresoras	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40
Cerca de concentraciones de gente en clases de localidad 1 y 2 (si la clasificación se hizo de acuerdo con el numeral 3.2.1.1)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40

- e. Factor de eficiencia de la junta longitudinal. Los valores correspondientes a este factor se encuentran consignados en la Tabla 3 para los tipos más comunes de tuberías de acero. Para el caso de tuberías de acero de otra designación, se debe emplear un factor de eficiencia de 0,6 si tienen diámetros nominales iguales o menores a 102 mm (4 pulgadas), o un factor de eficiencia de 0,8 si tienen diámetros nominales mayores.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

Tabla 3. Factor de eficiencia longitudinal de las juntas soldadas (E)

Designación del material	Tipo de juntas	Factor de eficiencia
NTC 3470 (ASTM A 53)	Sin costura	1,00
	Soldadura de resistencia eléctrica	1,00
	Soldadura a tope, soldadura continua	0,60
ASTM A 106	Sin costura	1,00
ASTM A 134	Soldadura de fusión eléctrica	0,80
ASTM A 135	Soldadura de resistencia eléctrica	1,00
ASTM A 139	Soldadura de fusión eléctrica	0,80
ASTM A 333	Sin costura	1,00
	Soldadura de resistencia eléctrica	1,00
ASTM A 381	Soldadura de arco sumergido	1,00
ASTM A 671	Soldadura de fusión eléctrica	
	Clase 13, 23, 33, 43, 53	0,80
	Clase 12, 22, 32, 42, 52	1,00
ASTM A 672	Soldadura de fusión eléctrica	
	Clase 13, 23, 33, 43, 53	0,80
	Clase 12, 22, 32, 42, 52	1,00
ASTM A 691	Soldadura de fusión eléctrica	
	Clase 13, 23, 33, 43, 53	0,80
	Clase 12, 22, 32, 42, 52	1,00
ASTM A 984	Soldadura de resistencia eléctrica	1,00
ASTM A 1005	Soldadura de arco sumergido doble	1,00
ASTM A 1006	Soldadura laser	1,00
NTC 4748 (API 5L)	Soldadura eléctrica	1,00
	Sin costura	1,00
	Soldadura de arco sumergido (costura longitudinal o helicoidal)	1,00
	Soldadura a tope, soldadura continua	0,60

- f. Factor de degradación por temperatura. Los valores aplicables al factor de degradación por temperatura de las tuberías de acero se obtienen de la Tabla 4, en función de las temperaturas de operación previstas en el sistema.

Tabla 4. Factor de degradación por temperatura (T)

Temperatura		Factor de degradación (T)
°C	°F	
< 121	< 250	1,000
149	300	0,967
177	350	0,933
204	400	0,900
232	450	0,867

- b) Tuberías de hierro dúctil

- 1) Cálculo de la presión de diseño o del mínimo espesor de pared. El espesor de la tubería de hierro dúctil será determinado por la carga de la zanja y por la presión interna del tubo en forma separada.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- a. Las tuberías de hierro dúctil deben diseñarse de acuerdo con los diferentes métodos para determinar el espesor de pared requerido, establecidos en la norma ANSI/AWWA C150/A21.50.
- b. Para efectos del cálculo de la carga de la zanja de acuerdo a las ecuaciones estipuladas en la norma ANSI/AWWA C-150/A21.50, los valores de S (esfuerzo circunferencial) y f (esfuerzo de doblez, en la parte inferior de la tubería) son los siguientes:

$$S = 16\ 800 \text{ psi}$$

$$f = 36\ 000 \text{ psi}$$

2) Limitaciones de los valores de diseño

- a. Límite de fluencia mínimo. El límite de fluencia mínimo especificado para tubería de hierro dúctil está dado por la clase de hierro dúctil requerido por la norma ANSI/A21.52 para su fabricación. El material debe ser del grado 60-42-10, en donde:

$$\text{Esfuerzo mínimo de tensión} = 60\ 000 \text{ psi}$$

$$\text{Esfuerzo mínimo de fluencia} = 42\ 000 \text{ psi}$$

$$\text{Elongación mínima} = 10 \%$$

- b. Mínimo espesor permisible. El menor espesor permitido para las tuberías de hierro dúctil es la clase normalizada más liviana para cada tamaño de la tubería, tal como se muestra en la norma ANSI/AWWA C 150/A21.50
- c. En el caso del diseño de tuberías de hierro dúctil en el sistema métrico, debe seguirse las indicaciones establecidas en la NTC 2587. Las especificaciones de diseño de esta norma no pueden ser inferiores a lo establecido en la norma ANSI A21.52.

c) Tuberías plásticas

- 1) Cálculo de la presión de diseño o del mínimo espesor de pared. La presión de diseño de las redes de distribución construidas de materiales plásticos especiales, o el mínimo espesor de pared de tales sistemas para una presión de diseño preestablecida, deben ser determinados mediante la siguiente ecuación:

Para esquema ISO:

$$P = 20 * MRS / [(RDE - 1) * C]$$

en donde

P = presión de diseño; expresada en bar

MRS = resistencia mínima requerida: valor del LCL redondeado al valor más próximo inferior de la serie R10 o de la serie R20, dependiendo del valor del LCL. Para sistemas de gas esta norma asigna como MRS para los materiales más usados así:

Para polietileno

PE 80 = 8 MPa, y para PE 100 = 10 MPa (según NTC 1746 o ISO 4437)

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

Para poliamida

PA 160 = 16 MPa y para PA 180 = 18 MPa, según la norma ISO 22621-1

C = coeficiente global de servicio (diseño) o factor de seguridad. Coeficiente con un valor mayor a la unidad, y que considera las condiciones de servicio así como las propiedades de los componentes de un sistema de tubería, distintas de las que están representadas en el límite inferior de confianza. Para sistemas de gas esta norma asigna un valor mínimo de C de 2,0 para los cálculos.

RDE = relación diámetro espesor del tubo.

Para esquema ASTM:

El cálculo de la presión de diseño para los materiales poliamida (PA32312, PA32316 y PA 42316) se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{2S}{(RDE-1)} * DF$$

En donde:

S = La base de diseño hidrostática

RDE = La relación diámetro espesor del tubo

DF = Factor de diseño= 0,32 o 0,4 para tuberías PA 11 de tamaño nominal 4 pulgadas IPS o CTS o menores y RDE 11 o mayores, según el apartado 192.121 DOT.

La base de diseño hidrostático S (del inglés *Hydrostatic Design Basis* -HDB) de acuerdo con el PPI TR-4 es

Designación del material	HDB a 23°C (73°F)	HDB a 60°C (140°F)	HDB a 82°F (180°F)
	psi	psi	psi
PA 32312	2500	1600	1250
PA 32316	3150	Sin datos	1600
PA 42316	3150	2000	1600

2) Limitaciones de los valores de diseño

a. Presión de diseño.

La presión de diseño de las redes de gas construidas con polietileno 80 no debe exceder 7 bar (101,3 psig) ni 10 bar (145 psig) para polietileno 100.

La presión de diseño de las redes de gas construidas con poliamida no debe exceder 13,79 bar (200 psi) para materiales PA 32312, PA 32316 y PA 42316 clasificados por HDB por el PPI TR-4, y ASTM D 2837 y hasta 20 bar (290 psi) para materiales PA 160 y PA 180 clasificados según la ISO 22621-1.

b. Esfuerzo hidrostático prolongado. La MRS para tuberías plásticas, comúnmente empleadas para conformar sistemas de tuberías para conformar redes de suministro de gas, determinadas a 23 °C (73 °F), de acuerdo con la NTC 3257, deben ser las establecidas en la NTC 1746 o ISO 4437.

Los esfuerzos de diseño a temperaturas de servicio superiores a 23 °C (73 °F) deben tener como base las categorías de tuberías de base de

diseño hidrostático que sean aplicables a la temperatura particular de uso.

- c. Mínimo espesor de pared. Independientemente de los resultados obtenidos en el numeral 3.2.2.2.c.1), el mínimo espesor de pared de las tuberías plásticas, rígidas o flexibles, para conformar redes de suministro de gas, no debe ser inferior al mínimo espesor de pared establecido en la NTC 1746.
- d. Temperaturas de operación. Las tuberías plásticas para conformar redes de suministro de gas no deben utilizarse en aplicaciones donde la temperatura de operación sea menor de -29 °C (-20 °F) o mayor que la temperatura a la cual se determine el esfuerzo hidrostático prolongado que se utilice en la ecuación de diseño del numeral 3.2.2.2.c.1), pero en ninguna circunstancia mayor a 60 °C (140 °F), para el caso de tuberías termo plásticas rígidas o flexibles.

d) Tuberías de cobre

- 1) Cálculo de la presión de diseño o del mínimo espesor de pared. Presión de diseño. La presión de diseño para tuberías rígidas o flexibles de cobre en líneas de acometida se determina con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{2 S t}{D - 0,8t}$$

en donde

- P = presión de diseño; expresada en (a) bar o (b) psig.
- S = límite de fluencia mínimo, especificado para el material de la tubería; expresado en (a) MPa o (b) psig.
- t = mínimo espesor de pared; expresado en (a) mm o (b) pulgadas.
- D = diámetro exterior de la tubería; expresado en (a) mm o (b) pulgadas.

- 2) Mínimo espesor nominal de pared. Las tuberías de cobre, rígidas o flexibles, que se utilicen para conformar líneas de acometida, deben tener el mínimo espesor nominal de pared especificado por las normas NTC 4128, ASTM B280, ASTM B88 para tuberías del Tipo "K" o "L", o ASTM B88M del tipo "A" o "B".
- 3) Limitaciones adicionales de utilización
 - a. No deben emplearse tuberías de cobre, rígidas o flexibles, en sistemas de tuberías para conformar redes de suministro de gases combustibles que contengan más de 7 mg de sulfuro de hidrógeno por cada 1,0 m³ estándar (0,3 granos por cada 100 pies³ estándar) de gas, mediante ensayos de plomo-acetato.
 - b. No deben emplearse tuberías de cobre, rígidas o flexibles, en aplicaciones donde el sistema de tuberías esté sometido a deformaciones o cargas externas de tráfico pesado que puedan averiarlas o dañarlas.
 - c. No deben emplearse en presiones superiores a 100 psig

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- e) Tubería de polietileno reforzada con fibra (TPR)
- 1) El diseño de la tubería de PE reforzada con fibra (TPR) es responsabilidad exclusiva del fabricante. En todo caso el fabricante debe ser consultado para las recomendaciones y directrices de diseño de cada proyecto específico
 - 2) Limitaciones a los valores de diseño
 - a. Presión de diseño: En cualquier caso el fabricante debe especificar la máxima presión de operación de la tubería. La resistencia a la presión de largo plazo es expresada en términos del límite de confianza inferior (LCL) para 50 años, de la resistencia hidrostática de acuerdo a la ISO TS 18226 y determinado de acuerdo al procedimiento de la ISO 9080. El límite de confianza inferior (LCL) debe ser determinado a una temperatura mayor que la temperatura de operación prevista del sistema. La máxima presión de operación permisible (MPOP) no debe en ningún caso exceder $0.5 \times \text{LCL}$ (Factor de seguridad de 2)
 - b. Temperatura de operación: La tubería de polietileno reforzada con fibra (TPR) usada para la conducción de gas no debe operar a temperatura ambiente o de fluido más bajas de las indicadas por el fabricante ni más altas que la temperatura a la cual fue calculada la resistencia a la presión de largo plazo de donde se obtuvo la presión de diseño del literal anterior a.

3.2.2.3 Estaciones de regulación

El diseño y construcción de las estaciones de regulación de distrito en los sistemas de distribución urbana de gas y líneas de transporte, deben cumplir con lo establecido en la NTC 3949.

3.2.2.4 Otros componentes

Todos los componentes de la línea de transporte y la red de distribución deben tener la capacidad de soportar las presiones de operación y las cargas previstas.

4. MATERIALES, EQUIPOS Y ACCESORIOS

Los materiales, equipos y accesorios se agrupan en las siguientes dos categorías en lo que respecta a métodos para calificar su uso bajo esta norma:

- a) materiales, equipos y accesorios que cumplen con las normas o especificaciones señaladas en esta norma. Se consideran calificados para su uso para el alcance de esta norma.
- b) materiales, equipos y accesorios no identificados o usados. Estos deben ser calificados según el numeral 4.1.2

Materiales, equipos y accesorios diferentes a los señalados en los literales a) y b) solo pueden ser utilizados siempre y cuando se cumpla con lo establecido en el numeral 811 del ASME B31.8.

4.1 GENERALIDADES

Los materiales de las tuberías y de los componentes de las redes de distribución y líneas de transporte de gas deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) Tener la capacidad de mantener la estructura de la red de distribución y líneas de transporte, bajo las condiciones de operación que puedan preverse.
- b) No reaccionar químicamente con el gas que transportan y con cualquier otro material en la tubería con el cual puedan tener contacto.
- c) Todos los materiales y equipos que forman parte integral y permanente de los sistemas de tuberías para el transporte y la distribución de gas, deben ser apropiados para las condiciones de uso, previstas en las especificaciones de diseño y construcción de cada sistema, y satisfacer los requisitos particulares de fabricación y ensayo que establezcan las normas técnicas que les sean aplicables.

4.1.1 Rotulado de los materiales

4.1.1.1 Todas las válvulas, accesorios, tuberías y demás componentes del sistema deben estar rotulados como se indique en la norma de producto específica bajo la cual fue fabricado o indicando el tamaño, material, fabricante y cuando sea apropiado, el tipo, clase y modelo.

4.1.1.2 Las superficies de la tubería y sus componentes que estén sujetos a esfuerzos debidos a la presión interna, no deben ser estampados (marcados) en campo.

4.1.1.3 Si algún elemento es marcado por medio de estampe, el dado debe tener extremos romos o redondeados que minimicen la concentración de esfuerzos.

4.1.2 Condiciones para la reutilización de tuberías

4.1.2.1 Reutilización de tubería de acero

- a) Se permite retirar un tramo de tubería de una línea existente y su reutilización en la misma línea, o en una línea que opere a igual o menor presión, siempre y cuando cumpla con los requisitos establecidos en los subnumerales 1), 3), 6), 9) del numeral 4.1.2.1, literal c).
- b) La tubería de acero usada y la tubería nueva que no esté identificada, pueden utilizarse en aplicaciones con bajos-esfuerzos (esfuerzos circunferenciales menores a 41,4 MPa (6 000 psi)), cuando no se realicen dobleces, siempre y cuando se realice un examen visual cuidadoso que indique que está en buenas condiciones y libre de cordones de soldadura fisurados u otros defectos. Si el tubo va a ser soldado y es de especificación desconocida, éste debe pasar los ensayos de soldabilidad establecidos en el numeral 4.1.2.1, literal c), subnumeral 5).
- c) La evaluación de la tubería de acero usada y de la tubería nueva que no se encuentre identificada, para aplicaciones con niveles de esfuerzo circunferenciales superiores a 41,4 MPa (6 000 psi), o para aplicaciones en las cuales sea factible la presencia de dobleces, se debe llevar a cabo por medio de los procedimientos y dentro de los límites establecidos en la siguiente tabla.

Las letras en la tabla se refieren a los numerales correspondientes.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

	Tubería nueva o usada de especificación desconocida	Tubería usada de especificación conocida
- Inspección	1)	1)
- Propiedades de doblado y enrollado	2)	
- Espesor	3)	3)
- Junta longitudinal	4)	4)
- Soldabilidad	5)	
- Defectos	6)	6)
- Resistencia a la fluencia	7)	
- Mínimo esfuerzo a la fluencia (s)	8)	
- Prueba hidrostática	9)	9)

- 1) Inspección. Todas las tuberías deben limpiarse interior y exteriormente si es necesario, para permitir una buena inspección y deben inspeccionarse visualmente para asegurar que están en buen estado y para descubrir cualquier defecto que pueda afectar su resistencia y hermeticidad.
- 2) Propiedades de doblado. Para las tuberías NPS 2 y menores, se debe doblar en frío una longitud apropiada de tubería hasta cubrir un sector circular correspondiente a 90° alrededor de un mandril cilíndrico, cuyo diámetro sea de 12 veces el diámetro de la tubería; no se deben observar grietas en ningún tramo ni desprendimiento de la soldadura.

Para tuberías mayores a NPS 2, se deben realizar ensayos de aplastamiento de acuerdo con la NTC 3353. La tubería debe cumplir con los requisitos de este ensayo, a excepción de que el número de ensayos requeridos para determinar las propiedades de aplastamiento debe ser el mismo requerido para determinar la resistencia en el punto de fluencia (ver numeral 7).

- 3) Determinación del espesor de pared. A menos que se conozca con certeza el espesor de pared, se debe determinar mediante mediciones el espesor en cuatro puntos espaciados 90° en una circunferencia, mínimo sobre los extremos de cada tramo de tubo y donde la inspección visual determine la necesidad de hacerlo.

Si el lote de tubos es de grado, tamaño y espesor nominal uniforme, se deben realizar mediciones en no menos del 10 % de los tramos individuales, pero en no menos de 10 tramos; el espesor de los otros tramos puede verificarse mediante la aplicación de un medidor ajustado al mínimo espesor.

Una vez hechas las mediciones anteriores, el espesor de pared debe tomarse como el siguiente espesor comercial inferior al promedio de todas las mediciones realizadas, pero no superior a 1,14 veces el menor espesor medido para las tuberías menores que la NPS 20, y no mayor a 1,11 veces el menor espesor medido, para las tuberías NPS 20 o mayores.

- 4) Factor de junta longitudinal. Si no se puede determinar el tipo de junta longitudinal, el factor E debe tomarse como 0,60 para tubería NPS 4 y menores, y como 0,80 para tuberías mayores a la NPS 4. (Véase Tabla 3).

- 5) Soldabilidad. Un soldador calificado debe realizar un cordón circunferencial de soldadura en la tubería. La soldadura debe ensayarse de acuerdo con los requisitos de la norma API 1104. La calificación de la soldadura debe hacerse en las más severas condiciones bajo las cuales se puede permitir la soldadura en campo y utilizando los mismos procedimientos que se utilizan en campo.

La tubería se considera soldable si cumple con los requisitos establecidos en la norma API 1104. Por lo menos se debe realizar un ensayo de soldadura por cada 100 tramos de tubería en los tamaños mayores a NPS 4. En tamaños NPS 4 y menores, se requiere un ensayo por cada 400 tramos de tubería.

Si en los ensayos de soldadura no se cumplen los requisitos establecidos en la norma API 1104, la soldabilidad debe establecerse realizando ensayos químicos para evaluar el contenido de carbón y manganeso, y procediendo de acuerdo con lo establecido en el ASME Boiler and Pressure Vessel Code, sección IX. El número de ensayos químicos debe ser el mismo requerido para los ensayos de soldadura circunferencial establecidos anteriormente.

- 6) Defectos superficiales. Todas las tuberías deben examinarse para identificar ranuras, muescas, abolladuras, y deben ser calificadas de acuerdo con lo establecido en los numerales 841.24, 841.241, 841.242, 841.243, 841.244 y 841.245 de la norma ANSI/ASME B31.8.
- 7) Determinación de la resistencia a la fluencia. Cuando no se conoce la resistencia mínima a la fluencia, la resistencia a la tensión, ni la elongación de la tubería especificados por el fabricante y no se han hecho ensayos físicos, el máximo valor que se puede asumir para propósitos de diseño a la mínima resistencia a la fluencia es de 24 000 psi.

Alternativamente las propiedades de resistencia pueden establecerse como sigue:

- * Se realizan los ensayos establecidos en la norma NTC 4748, excepto que el número de ensayos es el indicado en la Tabla 5.

Tabla 5. Número de ensayos de resistencia para todos los tamaños

Tamaño del lote	Ensayos a realizar
10 tubos o menos	Se realizan todos los ensayos a cada tubo
11 tubos a 100 tubos	Se realizan todos los ensayos a 1 de cada 5 tubos. El número de tubos ensayados no debe ser inferior a 10.
Más de 100 tubos	Se realizan todos los ensayos a 1 de cada 10 tubos. El número de tubos ensayados no debe ser inferior a 20

NOTA 1 Todos los especímenes deben seleccionarse al azar.

NOTA 2 Si la relación resistencia a la fluencia - resistencia a la tensión es superior a 0,85, la tubería no debe utilizarse, excepto como se establece en el numeral 4.1.2.1, literal b).

- 8) Mínimo esfuerzo a la Fluencia (S). En el caso de tubería de especificación desconocida, el valor de la resistencia a la fluencia se asume igual a 165,5 MPa (24 000 psi), o debe determinarse de la siguiente forma. Se determina el valor promedio de todos los ensayos de resistencia a la fluencia para un lote uniforme. El valor de S debe tomarse como el menor valor de los siguientes:

- 80 % del valor promedio de los ensayos de resistencia a la fluencia
 - El mínimo valor obtenido en los ensayos de resistencia a la fluencia, sin embargo, en ningún caso "S" debe tomarse mayor que 385,5 MPa (52 000 psi).
- 9) Prueba hidrostática. A las tuberías nuevas o usadas de especificación desconocida y a todas las tuberías usadas, cuya resistencia se haya disminuido por corrosión u otros efectos, debe realizarse nuevamente la prueba de presión hidrostática, ya sea tramo por tramo mediante ensayos similares a los realizados en fábrica, o en el campo después de la instalación y antes de ser puesta en servicio. La presión de prueba utilizada determina la máxima presión de operación permisible. Cuando se conozca la presión de prueba en fábrica, la máxima presión de operación permisible no puede ser superior al 85 % de esa presión.

4.1.2.2 Reutilización de tubería de hierro dúctil

- a) Se permite retirar un tramo de tubo en una línea existente y su reutilización en la misma línea, o en una línea que opere a igual o menor presión, siempre y cuando se realice una inspección cuidadosa que indique que la tubería se encuentra en buen estado y permite realizar uniones herméticas, y que tiene un espesor de pared igual o superior a los requeridos en el numeral 3.2.2.2.b)2). La tubería debe ensayarse para identificar fugas, de acuerdo con el numeral 6.2.1.2.
- b) La tubería usada de especificación conocida, puede reutilizarse de acuerdo con lo que establece el numeral 3.2.2.2.b)2) habiendo realizado una inspección cuidadosa que indique que la tubería está en buen estado y permite realizar uniones herméticas.

4.1.2.3 Reutilización de tuberías plásticas

Las tuberías plásticas usadas de especificaciones y dimensiones conocidas, que hayan sido utilizadas solamente en servicio con gases combustibles de acuerdo con las presiones establecidas en la NTC 3838 pueden reutilizarse si cumplen con los siguientes requisitos:

- a) Libre de defectos visibles detectados mediante inspección visual. (A toda la tubería)
- b) Ensayo de espesor de pared y resistencia a la tensión de acuerdo con lo establecido en la NTC 1746 o ISO 4437. (A una muestra de la tubería)
- c) Ensayo de presión de rotura de acuerdo con lo establecido en la NTC 1746 o ISO 4437 (A una muestra de la tubería).

4.1.2.4 Reutilización de tuberías de polietileno reforzada con fibra.

Las tuberías de polietileno reforzadas con fibra (TPR) usadas de especificaciones y dimensiones conocidas, que hayan sido utilizadas solamente en servicio con gases combustibles de acuerdo con las presiones establecidas en la NTC 3838 pueden reutilizarse si cumplen con los siguientes requisitos:

- a) Libre de defectos visibles detectados mediante inspección visual. (A toda la tubería)

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- b) Ensayo de resistencia a la tensión de acuerdo con lo establecido en DVGW VP 642 o ISO/TS 18226. (A una muestra de la tubería)
- c) Ensayo de presión de rotura de acuerdo con lo establecido en la DVGW VP 642 o ISO/TS 18226 (A una muestra de la tubería).

4.2 TUBERÍAS

4.2.1 Tuberías de acero

En las redes de distribución y de transporte de gas a alta presión se debe utilizar tubería de acero fabricada de acuerdo con las normas NTC 4748 (API 5L), NTC 3470 (ASTM A53), ASTM A106, ASTM A134, ASTM A135, ASTM A139, ASTM A333, ASTM A381, ASTM A671, ASTM A672, ASTM A691, ASTM A984, ASTM A1005 o ASTM A1006 según corresponda.

La tubería expandida en frío debe cumplir los requisitos obligatorios de la norma NTC 4748.

4.2.1.1 Material de la soldadura

El material de aporte empleado en las soldaduras debe cumplir con la NTC 4991

4.2.1.2 Revestimientos protectores

Los revestimientos protectores para las tuberías de acero deben cumplir con lo establecido en el numeral 9.2.2.1.

4.2.2 Tuberías y componentes de hierro dúctil

Se puede utilizar tubería de hierro dúctil fabricada de acuerdo con la norma ANSI A21.52 para la serie en pulgadas, o con la norma NTC 2587 para la serie métrica, para tubería centrifugada, en moldes metálicos o en moldes revestidos con arena.

4.2.2.1 Materiales para soldadura

El material de aporte empleado en las soldaduras de hierro dúctil debe cumplir lo establecido en la NTC 3354.

4.2.2.2 Revestimientos protectores

Los revestimientos protectores para las tuberías de hierro dúctil deben cumplir con lo establecido en el numeral 9.2.2.1.

4.2.2.3 Materiales para los empaques de caucho

Los materiales para los empaques de caucho utilizados en la junta mecánica deben estar elaborados de acuerdo a la norma ANSI/AWWA C-111/A21.11.

4.2.3 Tuberías plásticas

La tubería plástica utilizada para conformar redes de suministro de gas debe cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

- a) Para el polietileno, estar fabricada de acuerdo con la NTC1746 o ISO 4437.

- b) Para el polietileno, su flexibilidad debe permitir cambios de dirección de la tubería en un radio de curvatura, de acuerdo con lo establecido en la NTC 1746 o ISO 4437.
- c) Estar fabricada de acuerdo con la norma ASTM D2517. Su uso debe cumplir con lo establecido en la norma ASME B31.8.
- d) Para la poliamida, estar fabricada de acuerdo a las siguientes normas ASTM: D 1598, D 2290, D 2513, D 2837, D 4066, D 789, F 1563, F 1733, F 1973, F 2145, F2600, F2785 o con la norma ISO 22621.

4.2.4 Tubería de cobre

La tubería de cobre utilizada en las redes de distribución de gas, debe cumplir con las normas NTC 4128, NTC 3944, ASTM B280, ASTM B88 del tipo "K" o "L", o ASTM B88M del tipo "A" o "B".

4.2.5 Tubería de polietileno reforzada con fibra (TPR)

La tubería de polietileno reforzada con fibra (TPR) utilizada en líneas de gas debe estar fabricada de conformidad con las siguientes normas:

- a) Especificación Técnica ISO/TS 18226 más los requisitos para "cover blow-off" de las especificaciones para ensayo DVGW VP 642.
- b) Especificación para ensayo DVGW VP 642.

4.3 ACCESORIOS

Todos los accesorios de los sistemas de tubería deben estar diseñados para soportar las condiciones de operación.

En particular los accesorios de unión de las tuberías de polietileno reforzadas con fibra deben ser especificados por el fabricante. (Por ejemplo: mangas de soldar, acoples metálicos, materiales para accesorios de transición). Los accesorios de unión deben ser resistentes al gas. Las juntas de tubería deben realizarse de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

4.3.1 Bridas

4.3.1.1 Tipos de bridas y características de sus caras.

- a) Las bridas deben satisfacer una de las siguientes normas:

Serie ASME B16	Normas sobre accesorios de hierro y acero
MSS SP-44	Bridas para tuberías de acero
ANSI ASME B31.8, Apéndice	Bridas livianas de acero
ASME B16.24	Bridas y accesorios bridados de bronce y latón

Las bridas fundidas o forjadas junto con la tubería, al igual que las válvulas y los accesorios deben cumplir los requisitos indicados por las normas anteriormente mencionadas, siempre y cuando se cumpla con los requisitos sobre características de las caras, espárragos y empaques mencionados en este numeral y en los dos siguientes.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- b) Las bridas roscadas que cumplan con el grupo de normas ASME B16 pueden seleccionarse en los tamaños y presiones indicados por esas normas.
- c) Las bridas unidas a tubería con extremo sobrepuesto sobre la brida (lapped), se pueden seleccionar en los tamaños y presiones establecidos en la norma ASME B16.5.
- d) Las bridas deslizables para soldar (slip-on welding), pueden ser de los tamaños y presiones establecidas en la norma ASME B16.5. Las bridas deslizables de sección rectangular se pueden sustituir por bridas con centro deslizable siempre y cuando el espesor se incremente para tener una resistencia equivalente a la que indican los cálculos elaborados con base en la sección VIII del Código ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL.
- e) Las bridas de cuello soldable (welding neck) deben cumplir los requisitos establecidos en las normas ASME B16.5 y MSS SP-44.
- f) Las bridas de hierro fundido, de hierro dúctil y de acero, deben tener superficies de contacto elaboradas de acuerdo con la norma MSS SP-6.
- g) Las bridas de materiales no ferrosos deben tener superficies de contacto terminadas de acuerdo con los requisitos de la norma ASME B16.24.
- h) Las bridas de hierro fundido clases 25 y 125 o las bridas roscadas, se pueden emplear con empaques de diámetro igual al de la brida o con empaques planos del tipo anillo que se extiendan hasta el borde interior de los agujeros de los espárragos. cuando se empleen empaques cuyo diámetro sea igual al exterior de la brida, los espárragos pueden ser de acero aleado de, acuerdo con la norma NTC 4514. Cuando se empleen empaques del tipo anillo, los espárragos deben ser de acero al carbono equivalentes a los de denominación NTC 4034 Grado B, sin tratamiento térmico diferente al del alivio de tensiones.
- i) Cuando se unan mediante espárragos dos bridas de la clase 250 o dos bridas roscada, de hierro fundido que tengan 1/16 de pulgada de reborde, los espárragos deben ser de acero al carbono equivalente al grado B de la NTC 4034, sin tratamiento térmico diferente al de alivio de tensiones.
- j) Las bridas de acero de la clase 150 se pueden unir mediante espárragos a bridas de hierro fundido de la clase 125. Cuando se emplee tal unión, los resaltes de 1/16 de pulgada en la brida de acero se deben eliminar. Cuando se unen dichas bridas, mediante espárragos empleando un empaque plano del tipo anillo, que se extienda hasta el borde inferior del agujero del espárrago, los espárragos deben ser de acero al carbono equivalente al grado B de la NTC 4034, sin tratamiento térmico diferente al del alivio de tensiones. Cuando se unan dichas bridas utilizando un empaque de diámetro igual al exterior de la brida, los espárragos pueden ser de acero aleado, que cumpla los requisitos de la NTC 4514.
- k) En casos de que se unan mediante espárragos, bridas de la Clase 300 a bridas de hierro fundido de la clase 250, los espárragos deben ser de acero al carbono equivalente al grado B de la NTC 4034, sin tratamiento térmico diferente al de alivio de tensiones. La experiencia indica que el resalto superficial en la brida de acero debería eliminarse, sin embargo, también en este caso, los espárragos deben ser de acero equivalente al grado B de la NTC 4034.

- l) Las bridas de acero forjado con cuello soldable, que tengan un diámetro exterior y un diámetro interior diseñados de acuerdo con la norma ASME B16.1, pero con espesores, dimensiones centrales y detalles modificados en las caras de las bridas, se pueden unir mediante espárragos a bridas planas de hierro fundido y pueden operar a presiones y temperaturas nominales establecidas en la norma ASME B16.1 para las bridas de fundición de la clase 125, siempre y cuando:
 - 1) El espesor mínimo de la brida no sea menor que el especificado en el anexo I de la norma ANSI/ASME B31.8 para las bridas livianas.
 - 2) Las bridas sean usadas con empaques no metálicos que cubran toda la cara y se extiendan hasta la periferia de la brida.
 - 3) Se haya probado, mediante ensayos, que el diseño de la brida es adecuado para las condiciones nominales.
- m) Las bridas fabricadas en hierro dúctil deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma ASME B 16.42 si sus dimensiones son en pulgadas. Los requisitos que deben cumplir los espárragos para las uniones con bridas de hierro dúctil son las mismas que deben cumplir los espárragos para las bridas de aceros aleados y de aceros al carbono establecidos en el numeral 4.3.1.2.
- n) Las bridas de los accesorios para tubería de polietileno reforzado con fibra deben ser de acero, compatible con el sistema a unirse y soportar las condiciones de operación y prueba.

4.3.1.2 Espárragos

- a) En todas las uniones con brida, los espárragos deben entrar en contacto con toda la superficie roscada de las tuercas y deben sobresalir por lo menos un hilo.
- b) En todas las juntas bridadas, diferentes a las descritas en el numeral 4.3.1.1. literales h), i), j) y k), los espárragos deben estar fabricados en acero aleado de acuerdo con lo establecido en las normas NTC 4514, ASTM A 320 o NTC 4512, o en acero al carbono tratado térmicamente de acuerdo con la NTC 4479, con la excepción de que los espárragos para las bridas de las clases 150 y 300 de la norma ASME B16.5 para temperaturas entre -29 °C y 232 °C (-20°F y 450 °F) pueden ser del grado B de la NTC 4034.
- c) Los espárragos de aceros aleados que cumplan con las NTC 4514 o NTC 4512, deben emplearse en bridas de aislamiento, si tales espárragos son de 1/8 de pulgada o menos.
- d) Los materiales empleados en las tuercas deben cumplir con las NTC 4035 y NTC 4034. Las tuercas que cumplen con la norma ASTM A 307 sólo pueden utilizarse con espárragos ASTM A 307.
- e) Todos los espárragos y sus tuercas fabricados en acero al carbono o en aceros aleados deben estar roscados de acuerdo con la norma ASME B1.1.
 - 1) Acero al carbono. Todos los espárragos deben tener rosca gruesa Clase 2A y tuercas Clase 2B.

- 2) Acero aleado. Todos los espárragos con diámetro nominal igual o inferior a 1 pulgada, deben ser de rosca gruesa; en el caso de diámetros nominales de 1-1/8 en adelante, deben ser de rosca 8. Los espárragos deben ser de Clase 2A y sus tuercas de Clase 2B.
- f) Las tuercas de los espárragos deben cumplir con las normas ASME B 18.2.1 y ASME B18.2.2.

4.3.1.3 Empaques

- a) El material de los empaques debe soportar la máxima presión y mantener sus propiedades físicas y químicas a las temperaturas de operación.
- b) Los empaques empleados bajo presión y a temperaturas superiores a los 121 °C (250 °F) deben estar fabricados de material incombustible. Los empaques metálicos no se deben emplear en el caso de bridas de Clase 150 estándar o más livianas.
- c) El uso de empaques metálicos recubiertos no se encuentra limitado por la presión, siempre y cuando el material del empaque resista la temperatura de servicio. Estos tipos de empaque se recomiendan con terminados de cara machiembriados pequeños o de chaveta y ranura pequeños. También se pueden emplear con bridas de acero acopladas a tuberías con extremos superpuestos sobre la brida, machiembriados grandes o conjuntos de chaveta y ranura grandes o terminados de cara con resalte.
- d) Los empaques de diámetro total, igual al diámetro exterior de la brida se deben emplear con todas las bridas de bronce y pueden emplearse con bridas de hierro fundido de las clases 25 o 125. Los empaques de anillo plano con un diámetro exterior que se extienda hasta la superficie inferior de los agujeros de los espárragos se pueden emplear con bridas de hierro fundido, con bridas de acero de caras con resalte o con bridas de acero acopladas a tuberías con bordes sobrepuestos sobre la brida.
- e) Con el propósito de garantizar una resistencia superior unitaria a la compresión, los empaques metálicos de espesores inferiores a la cara macho de la brida, se pueden emplear con caras con resalte, con tubos de extremos sobrepuestos o con caras machiembriadas grandes. El ancho del empaque en el caso de machiembriados o de uniones de chaveta y ranura debe ser igual al ancho de la cara macho o lengüeta.
- f) Los anillos deben tener las dimensiones establecidas en la norma ASME B16.20. El material de estos anillos debe ser adecuado para las condiciones de servicio y debe ser más blando que las bridas.

4.3.2 Otros accesorios diferentes a bridas y válvulas

4.3.2.1 Accesorios normalizados

- a) El mínimo espesor del metal del accesorio roscado o bridado, no debe ser inferior al especificado para las presiones y temperaturas nominales en las normas ANSI aplicables.
- b) Los accesorios de acero para unir mediante soldadura a tope, deben cumplir con la norma ASME B16.9 o la norma MSS SP-75, y los valores de presión y temperatura de operación para los cuales se encuentren diseñados deben coincidir con los de la tubería correspondiente.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

Para asegurar un diseño adecuado, la resistencia real a la rotura de los accesorios, debe ser al menos igual a la resistencia a la rotura calculada para la tubería del material y espesor especificados.

Todos estos accesorios de acero deben tener la capacidad de soportar el ensayo de campo a una presión igual a la presión de ensayo establecida por el fabricante, sin que se presenten fallas o fugas, y sin que se vea afectada su operabilidad.

- c) Los accesorios de acero para unir con soldadura a socket deben cumplir con la norma ASME B16.11.
- d) Los accesorios de hierro dúctil deben cumplir con la norma correspondiente, según el tipo de unión utilizado así:
 - Unión bridada: norma ASME B16.42, NTC 2587
 - Unión mediante junta mecánica: norma ANSI/AWWA C-111/A21.11
- e) Los accesorios termoplásticos deben cumplir con la NTC 3409, NTC 3410, y ASTM F1055. Los accesorios mecánicos deben cumplir lo establecido en la NTC 1746.
- f) Los accesorios terminales y de unión de la tubería de polietileno reforzada con fibra deben cumplir con los requisitos de accesorios de unión de la especificación técnica ISO/TS 18226 y /o la especificación para ensayo DVGW VP 642.
- g) Los accesorios terminales y de unión de la tubería de poliamida PA deben cumplir con los requisitos de accesorios de unión de las especificaciones técnicas y para ensayo ASTM: F 1563, F 1733, F 1973, F 2145, F2767, F2145, F 2600, F2785 o ISO 22621-3.

4.3.2.2 Accesorios especiales

Cuando se requieran accesorios especiales fundidos, forjados o soldados, de tamaños diferentes a los normalmente especificados en las normas ANSI y MSS, se deben aplicar los requisitos establecidos en el numeral 831.36 del ANSI/ASME B31.8.

4.3.2.3 Conexiones ramificadas

- a) Las conexiones ramificadas soldadas en tubería de acero, deben cumplir con los requisitos de diseño de los numerales 831.4 y 831.5 de la norma ANSI/ASME B31.8. Para el caso de las ramificaciones extruidas se debe cumplir con los requisitos del numeral 831.6 de la norma ANSI/ASME B31.8
- b) Se permiten orificios roscados en tuberías de hierro fundido para conexiones ramificadas, sin refuerzos, hasta tamaños no superiores al 25 % del diámetro nominal de la tubería. Sin embargo, cuando por condiciones del clima o del suelo, se crean cargas externas inusuales o anormales en la tubería de hierro fundido, orificios roscados no reforzados para conexiones ramificadas se permiten solamente en tuberías de diámetro NPS 8 y mayores, siempre y cuando el tamaño del orificio no sea mayor al 25 % del diámetro nominal de la tubería.

- c) Se pueden utilizar orificios roscados existentes en tuberías de hierro fundido para reemplazar conexiones ramificadas cuando una inspección cuidadosa demuestre que no existen grietas u otros deterioros en la línea, inmediatamente alrededor del orificio.
- d) Se permiten orificios roscados sin refuerzo en tubería de hierro dúctil hasta tamaños no superiores al 25 % del diámetro nominal de la tubería, excepto que los orificios de 1¼ pulgada se permiten en tubería NPS 4 que tenga un espesor de pared no inferior a 0,380 pulgadas.
- e) Se pueden utilizar accesorios mecánicos para hacer perforaciones de líneas en operación (Hot Tap), en líneas de transporte, en líneas primarias y secundarias de la red, siempre y cuando estén diseñados para la presión de operación de la tubería y sean adecuados para este propósito.

4.3.2.4 Aberturas para los equipos de control en tubería de hierro fundido

Los orificios roscados para los equipos de control en tubería de hierro fundido, se permiten sin refuerzo hasta tamaños no superiores al 25 % del diámetro nominal de la tubería, excepto que los orificios de 1¼ de pulgada se permiten en tuberías NPS 4. Los orificios de tamaño superior deben protegerse con una camisa reforzada.

4.3.2.5 Componentes especiales fabricados por soldadura

- a) Este numeral contempla los componentes distintos a los ensambles de tuberías y accesorios unidos por soldadura circunferencial.
- b) Todos los tipos de juntas, los procedimientos y los operarios de soldadura deben ser calificados de acuerdo con la NTC 2057.
- c) Las conexiones ramificadas deben cumplir con los requisitos de diseño de los numerales 831.4, 831.5 y 835.6 de la norma ANSI/ASME B31.8.
- d) Los elementos prefabricados, distintos a los de producción regular mediante soldadura a tope, que emplean placas y costuras longitudinales, deben cumplir con los requisitos del código ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL, si no se establece otro documento de referencia en esta norma. Los anillos partidos no están cubiertos por este requisito.
- e) Todas las unidades prefabricadas deben soportar satisfactoriamente la presión de ensayo, sin que se produzcan fallas, fugas, deformaciones o distorsiones diferentes a la distorsión elástica a una presión igual a la presión de ensayo del sistema en la cual se instala, ya sea antes de la instalación o durante el ensayo del sistema. Cuando estas unidades son instaladas en sistemas ya existentes, deben ensayarse con presión antes de la instalación, si es factible, o deben soportar un ensayo para identificar fugas a la presión de operación de la línea.

4.3.2.6 Tapas

- a) Tapas de acción rápida. Una tapa de acción rápida es un elemento sometido a la presión del sistema que permite el acceso frecuente a su interior. Los valores nominales de la presión y la temperatura para los cuales se encuentran diseñados deben ser por lo menos iguales a los requeridos por el sistema.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

Deben estar equipados de dispositivos de seguridad, de acuerdo con la sección VIII, División 1, UG-35(b) del Código ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL.

- b) Accesorios de las tapas. Los accesorios de las tapas, comúnmente denominados "Tapas Soldadas (WELD CAPS)", deben diseñarse y fabricarse de acuerdo con las normas ASME B16.9 o MSS SP-75.
- c) Tapas de extremo. Se permite el uso de tapas de extremo planas, elipsoidales, esféricas o cónicas. Estos elementos pueden diseñarse de acuerdo con la Sección VIII, División 1 del Código ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL. Los esfuerzos máximos permisibles para el material utilizado en estas tapas deben establecerse de acuerdo con el Capítulo 3, sin que excedan el 60 % del mínimo esfuerzo de fluencia permitido (SMYS).

Si se utilizan elementos soldados en la construcción de estas tapas, estos deben inspeccionarse de acuerdo con la Sección VIII, División 1 del ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL. Sus valores nominales de presión y temperatura, para los cuales se encuentran diseñados, deben ser por lo menos iguales a los requeridos para el sistema.

- d) Tapas elaboradas en campo. No se permite el uso de tapas fabricadas por secciones en las redes que operan a niveles de esfuerzo del 20 % o más del mínimo esfuerzo de fluencia del material de la tubería. Las bocas de pescado y las tapas planas se permiten en tubería NPS 3 y más pequeñas, que operen a menos de 6,9 MPa (100 psi). No se permiten bocas de pescado en tuberías mayores a NPS 3. Las tapas planas en tuberías mayores a NPS 3, deben diseñarse de acuerdo con la sección VIII, División 1 del Código ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL.
- e) Bridas ciegas. Las bridas ciegas usadas como tapas deben cumplir con lo establecido en el numeral 4.3.1.

4.3.3 Otros accesorios

Las transiciones mecánicas metal-polietileno así como las fabricadas en poliamida PA deben cumplir con las normas internacionales especificadas por los fabricantes. Los elevadores en particular deben cumplir con la NTC 4534 y los de poliamida PA, con la norma ASTM F1973, ASTM F2145 o ISO 22621-3.

4.4 VÁLVULAS

Las válvulas utilizadas en las redes de distribución de gas natural deben cumplir las normas y especificaciones que se referencian a continuación y deben utilizarse de acuerdo con las recomendaciones de servicio dadas por el fabricante.

4.4.1 Se pueden utilizar las válvulas fabricadas de acuerdo con las NTC 2576, NTC 3538, ASME B16.34, ASME B16.38, API SPEC 6A, API SPEC 6D, MSS SP-70, MSS SP-71 y MSS SP-78.

4.4.2 Las válvulas cuyos componentes de la carcasa (cuerpo, tapa, cubierta y/o brida terminal) estén fabricados de hierro dúctil fundido, de acuerdo con la NTC 2962 y que tengan dimensiones de acuerdo con ASME B16.1, NTC 3538, ASME B16.34, ASME B16.38, ANSI/ASME B16.40, o API SPEC 6D, deben utilizarse a presiones que no excedan el 80 % de

las presiones nominales comparables para las válvulas de acero a las temperaturas respectivas (listadas), siempre que la presión no exceda 69 MPa (1 000 psi) y que no se utilice soldadura en ningún componente de hierro dúctil en la fabricación de la carcasa de la válvula o en su ensamble como parte de la red de distribución.

4.4.3 Las válvulas roscadas deben tener roscas de acuerdo con las NTC 332, NTC 4748 o API SPEC 6A, o roscas métricas de acuerdo con la NTC 2104 o NTC 2143.

5. CONSTRUCCIÓN

5.1 GENERALIDADES

5.1.1 Ubicación de la tubería

5.1.1.1 Profundidad

Las líneas primarias en las redes de distribución de gas o líneas de transporte deben instalarse enterradas a una profundidad no inferior a 100 cm (39,4 pulgadas), medidos entre la superficie del terreno y el lomo o clave de la tubería. Cuando esta profundidad no se pueda alcanzar, o cuando las cargas externas sean excesivas, la línea principal debe protegerse contra estas cargas o diseñarse para soportar estas cargas externas previstas. En caso de que la excavación se realice en terreno rocoso, se deben considerar los criterios que se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Profundidades de las redes de distribución primarias o líneas de transporte, en excavaciones en roca

Ubicación	Profundidad en cm (pulgadas)	
	Excavación en roca	
	Tamaño tubería NPS 20 y más pequeñas	Tamaño mayor a 20 NPS
- Clase 1	30 (12)	46 (18)
- Clase 2	46 (18)	46 (18)
- Clases 3 y 4	61 (24)	61 (24)
- Diques o cunetas de drenaje en carreteras públicas y cruces de ferrocarril (todas las localidades)	61 (24)	61 (24)

Las líneas secundarias de la red de distribución, deben instalarse a una profundidad no inferior a 60 cm (24 pulgadas) en vías; no inferior a 50 cm en andenes y zonas verdes. Cuando no se pueda alcanzar esta profundidad, se puede reducir la distancia mínima de acuerdo con las recomendaciones dadas por el fabricante de la tubería, en áreas donde no exista tráfico vehicular. Las líneas de acometida deben instalarse a una profundidad no inferior a 50 cm.

Cuando por razones justificadas no puedan respetarse las profundidades señaladas en el presente numeral y la tubería no haya sido calculada para resistir los esfuerzos mecánicos a que se encontrara sometida, deben interponerse entre la tubería y la superficie del terreno losas de hormigón, planchas o camisas que reduzcan las cargas sobre la tubería a valores equivalentes a los de la profundidad inicialmente prevista.

5.1.1.2 Intersección con otras redes

Cuando las líneas de distribución o transporte se sitúen cerca a otras obras o conducciones subterráneas de otros servicios públicos, debe disponerse, entre las partes más cercanas de las dos instalaciones, de una distancia como mínimo igual a la que se establece a continuación:

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- a) Para redes de transporte. El espacio entre tuberías depende del diámetro, material, fluido transportado, del revestimiento, pero sobre todo, de los requisitos para ejecución de los mantenimientos rutinarios sobre la tubería o su sistema de protección contra la corrosión; sin embargo, se recomienda que los cruces de tuberías pasen por debajo de la ya existente y durante la ejecución de estos trabajos se deberá dar aviso oportuno al operador de esta última. A continuación se presenta una matriz en la que se establece la distancia mínima que deben guardarse entre dos estructuras:

Matriz

Trayectoria de tuberías	Diámetro de tubería	Protección catódica por corriente impresa				Protección catódica por ánodos de sacrificio			
		Tricapa	f.b.e	Alquitran de hulla y ceras para aplicar en caliente	Cintas	Tricapa	f.b.e	Alquitran de hulla y ceras para aplicar en caliente	Cintas
Cruce de tuberías	Tuberías hasta 10"	0.8	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8	0.9	0.8
	Tuberías de 12" a 24"	1.0	1.0	1.2	1.2	0.8	0.8	1.1	1.0
	Tuberías mayor de 24"	1.2	1.2	1.5	1.5	1.2	1.2	1.1	1.0
Tuberías paralelas	Tuberías hasta 10"	0.6	0.6	1.0	0.8	0.5	0.6	1.0	0.8
	Tuberías de 12" a 24"	0.8	0.8	1.0	0.8	0.6	0.6	1.0	0.8
	Tuberías mayor de 24"	0.8	0.8	1.2	1.0	0.8	0.8	1.2	1.0

Quando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias mínimas entre las estructuras, estas podrán reducirse hasta un mínimo de 0,3 m, siempre que se realice el correspondiente estudio de interferencias de los sistemas de protección catódica y se implementen las medidas de mitigación en caso de que las hubiere

- b) Para redes de distribución.

	Líneas primarias	Líneas secundarias
Puntos de cruce	0,30 m	0,10 m
Recorridos paralelos	0,30 m	0,20 m

Siempre que sea posible se aumentarán estas distancias sobre todo en las proximidades de obras importantes, de manera que se reduzca en ambas obras el riesgo inherente a la ejecución de trabajos de reparación y mantenimiento de obra.

Quando por causa justificada no puedan mantenerse las distancias mínimas entre los distintos servicios que se fijan en el presente literal, deben imponerse entre ambos servicios pantallas de fibrocemento, material cerámico, goma, amianto, plástico u otro material de similares características mecánicas y dieléctricas, de acuerdo con lo establecido en el numeral 5.5. A su vez se sugiere referirse a la Guía Técnica Colombiana sobre tipos de protecciones y su instalación para casos de cruce con otros servicios.

5.1.2 Inspección de materiales

5.1.2.1 Para todo tramo de tubería y para cada uno de los otros componentes, se debe realizar una inspección visual en el sitio de instalación para asegurar que estas no tengan ningún daño visual que pueda ir en detrimento de su funcionalidad.

5.1.2.2 Las inspecciones en campo para identificar grietas o fisuras deben realizarse justo antes de realizar el recubrimiento y durante las operaciones de bajado y relleno.

5.1.2.3 Deben realizarse las inspecciones para determinar que el procedimiento y los equipos utilizados para realizar el recubrimiento no causan daños a la tubería.

5.1.2.4 Los daños al recubrimiento protector deben examinarse cuidadosamente antes de ser reparados, para identificar si la superficie del tubo ha sido dañada.

5.1.2.5 Dado que la tubería plástica y otros componentes son susceptibles de sufrir daños durante su manejo, se debe prestar especial atención durante la inspección de instalación para detectar cortaduras, grietas, raspaduras, curvaturas e imperfecciones similares.

5.1.3 Señalización

5.1.3.1 Durante la construcción

- a) Cuando la situación lo amerite se deben colocar cintas u otros medios apropiados para delimitar el sector del trabajo y atenuar las incomodidades a los habitantes del sector.
- b) Se deben colocar señales preventivas cerca de carreteras, ferrocarriles, caminos, borde de carreteras o donde sea necesario, para advertir acerca de la construcción u obstrucción existente.

Los diferentes tipos de señales se instalarán antes de la iniciación de las operaciones de construcción.

- c) El diseño de las señales informativas de prohibición o acción de mando y de prevención se debe hacer de manera que garantice la visibilidad y el entendimiento del mensaje.
- d) Todas las señales que exijan visibilidad durante las horas de la noche, deben ser reflectivas o estar convenientemente iluminadas.
- e) Todas las señales deben permanecer en su posición correcta, suficientemente claras y legibles durante el tiempo de su utilización y ser reemplazadas o retocadas todas aquellas que por acción de agentes externos, se hayan deteriorado y no cumplan su función.

5.1.4 Consideraciones adicionales para instalación a cielo abierto

5.1.4.1 Roturas y reposición

Los trabajos de rotura deben hacerse con medios manuales o mecánicos adecuados. Debe procurarse que los bordes de la rotura sean regulares y no se produzcan agrietamientos en las superficies adyacentes.

En lo posible, los materiales sobrantes de la excavación o de las labores de limpieza no deben permanecer al lado de las zanjas, su disposición debe hacerse en zonas de desechos apropiadas. Cuando el material de excavación sea apto como relleno, se debe realizar su acopio al lado de la zanja, dentro de las cintas o señales que demarquen el área de trabajo, para su utilización inmediata.

5.1.4.2 Excavación

La excavación de la zanja que aloja la tubería puede ser hecha con pala mecánica, a mano o por cualquier otro método que cumpla con los requisitos del ancho y profundidad para la debida instalación de la tubería.

Antes de iniciar los trabajos de apertura de zanja, se debe hacer un reconocimiento a lo largo de la trayectoria de la línea para tratar de ubicar otras estructuras como tuberías de agua y drenaje, líneas de electrificación, líneas telefónicas, líneas de gas, cimentaciones, cables o anclajes, etc., para que estas estructuras no sean dañadas durante la ejecución de la zanja de instalación de la tubería.

Antes de la colocación de la tubería, la zanja debe estar limpia, libre de basura, escombros o materiales rocosos o cortantes que pudieran ocasionar daños a las tuberías alojadas. En los casos en que se tenga terreno rocoso, el fondo de la zanja se debe preparar con una cama de arena de 10 cm, como mínimo, medidos luego de la compactación.

La superficie del fondo de la zanja debe ser emparejada y afinada de tal manera que permita un apoyo uniforme de la tubería.

5.1.4.3 Rellenos y restauración

Se deben tomar las precauciones necesarias para garantizar que el material de relleno no cause averías a la tubería o su recubrimiento.

La compactación se debe realizar de manera que se garantice la estabilidad del terreno y de la compactación.

En cualquier caso, una vez finalizada la obra, las condiciones físicas y ambientales del área deben ser semejantes o mejores a las encontradas inicialmente.

5.1.5 Consideraciones adicionales para instalación por perforación

Se puede emplear técnicas de perforación dirigida o perforación horizontal en cuyo caso antes de iniciar los trabajos y con el fin de disminuir el riesgo de daño a las instalaciones existentes, se debe tener la información de los servicios públicos y demás instalaciones subterráneas existentes. Además, de ser necesario, se debe corroborar en campo la información suministrada por las demás empresas de servicios públicos, previendo la eventual desactualización o información errada de los planos con respecto a la realidad.

5.2 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS METÁLICAS

5.2.1 Instalación de tuberías de acero

5.2.1.1 Transporte y almacenamiento

La tubería de acero debe almacenarse en sitios adecuados o utilizando carpas, o elementos similares para protegerla, preferiblemente cerca al lugar de instalación. Debe almacenarse en arrumes de tal forma que se garantice que la tubería desnuda no entre en contacto con el

suelo, durante el tiempo que está almacenada y que el recubrimiento protector contra la corrosión, no sufra daños irreparables.

La tubería debe transportarse empleando equipos apropiados de tal manera que los biseles originales no sufran daños.

Se debe tener cuidado en la selección del equipo para el manejo, alzado (levante), descarga y puesta en el sitio de la tubería para evitar daños en la misma.

5.2.1.2 Tendido y alineamiento

Se debe realizar el alineamiento de la tubería para efectuar la soldadura a tope de los tubos. La tubería se colocará siguiendo el perfil del terreno en el fondo de la zanja, salvando todo tipo de obstáculos subterráneos como los ocasionados por la infraestructura de servicios como agua, energía, teléfono y alcantarillado.

5.2.1.3 Doblado

Los cambios de dirección requeridos para apegarse al contorno de la zanja pueden realizarse doblando el tubo de acuerdo con lo establecido en la sección 841.231 del ANSI/ASME B 31.8 y las recomendaciones del fabricante para doblado en frío, sin permitir alargamientos, adelgazamientos, arrugamientos o curvaturas indebidas en la pared de la tubería. Al efectuar un doblado en el tubo, se debe cumplir lo siguiente:

- a) El diámetro del tubo no debe reducirse en cualquier punto más de 2,5 % del diámetro nominal.
- b) El doblado no debe perjudicar o limitar la funcionalidad de la tubería
- c) El cordón longitudinal de la tubería debe estar cerca al eje neutro del doblado
- d) El doblado debe presentar un contorno suave y estar libre de arrugas, pandeo o cualquier otro daño mecánico.

5.2.1.4 Uniones

- a) Soldadas
 - 1) Los procedimientos de soldadura, así como los soldadores que ejecuten estas labores en el campo, deben ser calificados de acuerdo con los criterios generales de la NTC 2057 y los procedimientos establecidos en la norma API 1104.

Los soldadores deben realizar las pruebas apegadas a los procedimientos establecidos. Estas pruebas se deben llevar a cabo al iniciar cada nueva obra y repetirse cada vez que cambien las condiciones que sirvieron de base para la calificación.

- 2) Calificación del procedimiento de soldadura.
 - a. Antes de iniciar la operación de soldadura en la línea, debe ser calificada la especificación detallada del procedimiento de soldadura que se usará, para asegurar que las soldaduras tengan propiedades mecánicas

apropiadas, puedan considerarse adecuadas y utilizar el procedimiento aprobado. La calidad de la soldadura debe ser determinada por pruebas destructivas.

- b. Los detalles de cada procedimiento calificado deben ser anotados en registros que muestren los resultados completos de las pruebas del procedimiento.
- c. El procedimiento de soldadura especificado en el proyecto y que se califica en el campo, debe incluir y aplicar como mínimo los aspectos que se enuncian a continuación:
 - 1. Proceso: el proceso específico de soldadura de arco o el proceso de soldadura con gas, manual, semiautomático, automático o combinado.
 - 2. Materiales: tubos y conexiones de tuberías, especificación NTC 4748 y otros materiales de especificaciones ASTM, acero al carbono agrupados según el límite mínimo de fluencia; además de comprobar la compatibilidad de las propiedades metalúrgicas de los metales base y relleno, tratamientos térmicos y propiedades mecánicas.
 - 3. Agrupamientos por diámetros y espesor de pared.
 - 4. Diseño de ranuras: forma de la ranura y ángulo del bisel, tamaño de la cara de la raíz y abertura entre componentes a tope; forma y tamaño del cordón de soldadura; tipo de respaldo, si se usa.
 - 5. Metal de aporte y número de cordones: tamaño y número de clasificación del metal de aporte, número mínimo y secuencia de cordones.
 - 6. Características eléctricas: corriente y polaridad, tensión y corriente para cada electrodo, sea varilla o alambre.
 - 7. Características de la llama: neutral, carburizante, oxidante, tamaño del orificio en antorcha tipo, para cada tamaño de varilla o alambre.
 - 8. Posición: de rolado o soldadura de posición fija.
 - 9. Dirección de la soldadura: vertical hacia arriba o hacia abajo.
 - 10. Tiempo entre pasos: tiempo máximo entre la terminación del cordón de fondeo y el principio del segundo cordón; tiempo máximo entre la terminación del segundo cordón y el principio de otros cordones.
 - 11. Tipo de alineador: interno, externo, no se requiere.
 - 12. Remoción del alineador: después de completar 100 % del fondeo.

13. Limpieza: herramientas motrices, herramientas de mano.
 14. Pre y postcalentamiento: revelado de esfuerzos, métodos, temperatura, métodos de control de temperatura, fluctuación de temperatura ambiente.
 15. Gas protector y gasto: composición del gas y gasto.
 16. Tipo y tamaño del fundente y protector
 17. Velocidad de recorrido, en cm/min o pulgada/min.
 18. Dibujos y tablas: dibujos por láminas separadas, mostrando la ranura y secuencia de los cordones de soldadura, junto con los datos tabulados según el diámetro y espesor de pared del tubo, el diseño de la junta, el metal de aporte, número de cordones y las características de la corriente eléctrica o de la llama.
- 3) Recalificación del procedimiento de soldadura. Un procedimiento de soldadura debe ser restablecido como una nueva especificación y ser completamente recalificado cuando cambian cualquiera de las siguientes variables que pertenecen al procedimiento previamente establecido:
- a. Cambio en el proceso de soldadura
 - b. Cambio en el material de los tubos
 - c. Cambio en el diseño de la junta
 - d. Cambio en la posición
 - e. Cambio en el espesor de pared del tubo
 - f. Cambio en el metal de aporte
 - g. Cambio en el espacio de tiempo entre el cordón de fondeo y el segundo cordón según el máximo tiempo establecido.
 - h. Cambio en dirección
 - i. Cambio de gas protector
 - j. Cambio del flujo de gas
- 4) Todas las soldaduras en los aceros al carbón deben tener alivio de esfuerzos cuando el espesor de pared sea superior a 3,175 cm (1¼ de pulgada).
- b) Uniones diferentes a las soldadas
- 1) Las líneas de distribución y las líneas de transporte deben estar diseñadas e instaladas de tal forma que todas las uniones puedan soportar esfuerzos longitudinales o fuerzas de tracción causadas por la contracción o la expansión de la tubería o por cargas internas o externas, previstas.

- 2) Todas las uniones deben estar fabricadas de acuerdo con procedimientos escritos que hayan sido aprobados mediante ensayos o experiencia para producir uniones fuertes y herméticas.
- 3) Todas las uniones deben inspeccionarse para asegurar el cumplimiento con esta norma.

5.2.2 Instalación de tuberías de hierro dúctil

5.2.2.1 Tendido y alineamiento

Se debe realizar el alineamiento y tendido de la tubería de acuerdo con las condiciones de campo aplicables, descritas en la norma ANSI/AWWA C150/A21.50.

5.2.2.2 Uniones en tuberías de hierro dúctil

- a) Uniones mecánicas. La tubería de hierro dúctil con uniones mecánicas debe cumplir con los requisitos establecidos en las normas ANSI A21.52 y ANSI/AWWA C111/A21.11. Las uniones mecánicas deben ensamblarse de acuerdo con "las notas de instalación de las uniones mecánicas" contenidas en la norma ANSI/AWWA C111/A21.11.
- b) Otras uniones. La tubería de hierro dúctil puede acoplarse con otros tipos de juntas, siempre y cuando estas sean apropiadamente calificadas y cumplan con los requisitos de esta norma. Estas juntas deben ensamblarse de acuerdo con las normas aplicables o de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- c) Uniones roscadas. No se recomienda el uso de uniones roscadas para acoplar tramos de tubería de hierro dúctil.

5.2.3 Instalación de tuberías de cobre

5.2.3.1 Transporte y almacenamiento. La tubería de cobre debe transportarse y almacenarse de forma que se evite el daño de la misma.

5.2.3.2 Instalación. La tubería de cobre debe instalarse de manera que se minimicen los esfuerzos y se evite el daño mecánico.

5.2.3.3 Uniones en tuberías de cobre. Las uniones en las tuberías rígidas de cobre deben realizarse mediante acoples del tipo compresión o mediante soldadura con latón o a traslazo. El material de relleno utilizado para la soldadura con latón debe ser una aleación de cobre-fósforo o una aleación a base de plata.

No se permiten soldaduras a tope para unir tubería rígida o flexible de cobre. La tubería flexible de cobre no debe ser roscada, sin embargo las tuberías rígidas de cobre con espesores de pared equivalente a una tubería de acero cédula 40 de tamaño comparable, pueden ser roscadas y utilizadas para conectar accesorios o válvulas.

El cobre flexible podrá acoplarse mediante unión metal-metal tipo abocinado de acuerdo con los criterios establecidos en la NTC 4137 o en la NTC 4138.

5.2.4 Instalación en zanja

- a) En las líneas de la red de distribución o de la red de transporte que vayan a operar a presiones que produzcan esfuerzos circunferenciales iguales o superiores al 20 % del mínimo esfuerzo de fluencia, éstas deben instalarse de tal forma que se minimicen los esfuerzos y se proteja contra daños el recubrimiento protector de la tubería.
- b) La tubería debe apoyarse en la zanja.
- c) Cuando secciones largas de tubería hayan sido soldadas a lo largo de la zanja y bajadas, se debe tener cuidado para no sacudir o hacer vibrar la tubería o imponer tensiones que puedan curvarla o doblarla permanentemente.
- d) El relleno de la zanja debe proveer soporte firme debajo de la tubería y prevenir daños en la tubería o en su recubrimiento causado por el equipo o por el material de relleno. Igualmente debe cumplir con lo especificado en el numeral 5.1.4.

5.3 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS PLÁSTICAS

5.3.1 Transporte y almacenamiento

La tubería plástica y sus componentes son susceptibles de daño por un manejo inadecuado.

La tubería de polietileno y las de poliamida no deben quedar expuestas a la intemperie por periodos prolongados que superen las recomendaciones del fabricante, ya que la luz directa del sol y las temperaturas mayores a 38°C pueden alterar las propiedades de las mismas. Cuando por alguna circunstancia la tubería de polietileno y la de poliamida permanezca expuesta por un tiempo mayor al recomendado por el fabricante, deben efectuarse ensayos de laboratorio con el fin de verificar cumplimiento de la NTC 1746, ISO 4437, PPI-TR3 o ISO 22621.

Los rollos y/o tramos de polietileno y de poliamida deben almacenarse conforme a las recomendaciones del fabricante. Los extremos deben protegerse mediante tapones para impedir la penetración de polvo, suciedad y agua.

5.3.2 Tendido e instalación

5.3.2.1 En zanja

- a) Las tuberías plásticas deben tenderse e instalarse en la zanja según lo establecido en la NTC 3742. Durante el tendido de la tubería plástica, esta no debe ser presionada o halada sobre superficies puntiagudas; no se deben dejar caer o permitir que otros objetos caigan sobre esta. Se deben evitar curvas o pandeos; cualquier defecto debe removerse cortando el tramo cilíndrico correspondiente.
- b) La tubería plástica no debe instalarse superficialmente, a menos que esté provista de camisas o elementos que la protejan de la intemperie y daños mecánicos.
- c) La tubería plástica no debe instalarse en registros o cajas u otros encerramientos bajo nivel, de otros servicios a menos que esté completamente encamisada, de manera hermética al gas con referencia a la caja del otro servicio, con materiales incombustibles que garanticen la protección mecánica de la tubería.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- d) La tubería plástica debe instalarse de tal forma que se minimicen los esfuerzos cortantes o las tensiones resultantes de la construcción, el relleno, la contracción térmica o las cargas externas.
- e) La tubería debe instalarse en forma serpenteada (holgada), totalmente apoyada en el fondo de la zanja y al momento de iniciar el relleno de la zanja se debe compactar inicialmente por los costados de la tubería.
- f) Las tuberías plásticas se deben instalar a una distancia de las líneas de vapor, líneas de agua caliente, líneas de transmisión eléctrica o cualquier otra fuente de calor, de tal manera que se evite que alcancen temperaturas superiores a los 37,8 °C (100 °F). Cuando no sea posible, se deben tomar las medidas necesarias para garantizar que la tubería no alcance la temperatura mencionada. (Véase el numeral 5.4)

5.3.3 Uniones

5.3.3.1 Generalidades

- a) Se requiere la aplicación de técnicas calificadas y la utilización de materiales y equipos apropiados y en buenas condiciones, para garantizar uniones perfectas en la tubería plástica, realizadas mediante los diferentes métodos de unión establecidos en la NTC 1746 o ISO 4437.
- b) Las uniones en tuberías plásticas deben realizarse de acuerdo con procedimientos recomendados por el fabricante, que hayan sido establecidos y aprobados mediante ensayos, para producir uniones herméticas y al menos tan resistentes como la tubería que se une.
- c) Las uniones deben ser realizadas por personal calificado mediante entrenamiento y experiencia en los procedimientos apropiados que se requieren para todas los tipos de juntas involucradas.
- d) Las uniones por termofusión y electrofusión, deben utilizarse únicamente cuando los componentes de unión sean del mismo material termoplástico, exceptuando los casos recomendados por los fabricantes.
- e) Las uniones por fusión y las uniones mecánicas deben utilizarse cuando se una tubería o accesorios de polietileno. Los componentes de polietileno fabricados de diferentes grados de materiales pueden ser unidos por fusión, siempre y cuando se utilicen los procedimientos recomendados por el fabricante para la unión de los componentes específicos.
- f) Las bridas o uniones especiales pueden utilizarse siempre y cuando estén apropiadamente calificadas y se utilicen de acuerdo con lo establecido en la norma ANSI/ASME B31.8.

5.3.3.2 Uniones por fusión

Los procedimientos de unión por fusión deben ser realizados por personal debidamente calificado y entrenado.

Antes de realizar la unión, las juntas deben estar completamente limpias, de tal manera que no se mezcle el material fundido con las impurezas que se puedan presentar. A su vez, las juntas deben estar libres de humedad. No deben limpiarse tuberías y accesorios que vayan a ser

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

unidos por fusión con agua u otro líquido que pueda infiltrarse en el material plástico. Por ningún motivo, se deben tocar las superficies a ser unidas, una vez estén limpias.

- a) Uniones por termofusión.
- 1) Uniones realizadas a tope. Los accesorios utilizados para estos procedimientos deben cumplir con la NTC 3409.

El tiempo de calentamiento, enfriamiento y sostenimiento, al igual que las temperaturas, deben estar de acuerdo con los procedimientos establecidos por el fabricante de las tuberías y accesorios.
 - 2) Uniones realizadas a socket. Los accesorios utilizados para estos procedimientos deben cumplir con la NTC 3410.

El tubo y el accesorio deben prepararse para la fusión, de acuerdo con los procedimientos establecidos por el fabricante.
 - 3) Juntas con silletas para derivaciones. El tubo y el accesorio deben prepararse para la fusión, de acuerdo con los procedimientos establecidos por el fabricante.

No se permite la aplicación de calor mediante antorchas ni otras llamas directas.
- b) Uniones por electrofusión. Todos los accesorios de polietileno utilizados para uniones por electrofusión deben cumplir con las especificaciones de la norma ASTM F1055. Todos los accesorios de poliamida utilizados para uniones por electrofusión deben cumplir con las especificaciones de las normas ASTM F2600, ASTM F2767 o ISO 22621-3. Los equipos y accesorios para las uniones por electrofusión deben ser utilizados de acuerdo con los procedimientos que establezca el fabricante.
- c) Uniones mecánicas
- Los accesorios utilizados para realizar uniones mecánicas deben garantizar la hermeticidad de la unión y soportar la presión de trabajo sin desprenderse. Adicionalmente, deben ser resistentes químicamente a los gases combustibles con los que vayan a estar en contacto.

Todas las uniones mecánicas que se realizan por compresión deben cumplir con los siguientes requisitos:

- a) El material del empaque en el acople debe ser compatible con el plástico.
- b) Debe utilizarse un refuerzo rígido tubular interno que no sea de secciones longitudinales, en conjunto con el acople.

5.4 INSTALACION DE LA TUBERIA DE POLIETILENO REFORZADA CON FIBRA

5.4.1 Transporte y almacenamiento

El transporte y almacenamiento de la tubería de polietileno reforzada con fibra (TPR) debe llevarse a cabo de acuerdo a las recomendaciones o procedimientos del fabricante.

5.4.2 Tendido e instalación en zanja

La tubería de polietileno reforzada con fibra (TPR) no debe ser instalada superficialmente a menos que sea protegida con mangas contra daños mecánicos y radiación UV para el tiempo de vida útil.

El procedimiento de tendido e instalación en zanja de la tubería de polietileno reforzada con fibra debe llevarse a cabo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

5.4.3 Perforación dirigida

El fabricante debe ser consultado para recomendaciones y guías en cada proyecto específico que involucre perforación dirigida.

5.4.4 Accesorios de unión y accesorios terminales de la tubería de polietileno reforzada con fibra (TPR)

La unión entre secciones de tubería de polietileno reforzada con fibra y las uniones de transición a otros tipos de tubería deben llevarse a cabo con los materiales, equipos y procedimientos recomendados por el fabricante.

Las uniones de tubería de polietileno reforzada con fibra deben llevarse a cabo por personal entrenado, calificado y certificado.

No se permite ninguna unión directa por electrofusión, soldadura a tope o soldadura tipo socket entre tubos de polietileno reforzado y otros tipos de tubería de polietileno.

5.5 OBRAS Y CRUCES ESPECIALES

Cuando en la instalación de redes de transporte y distribución de gas se presenten casos en los cuales sea necesario el cambio de los procedimientos normales de construcción, establecidos en los numerales 5.2 y 5.3, se entenderá que son "Obras Especiales" y en tales casos, se debe dar el tratamiento específico que garantice la operación segura de la red.

5.5.1 Generalidades

Todas las obras especiales deben contar con un diseño en detalle, previo al inicio de los trabajos respectivos. Tales diseños pueden ser típicos o específicos de acuerdo con las características de la obra. Para este efecto se deben seguir los requisitos señalados en el API RP1102, GPTC apéndice G 192-15, GRI report No. 91/0284 u otra norma equivalente.

Las obras especiales buscan proteger tanto las instalaciones a ser cruzadas por la tubería como la tubería misma y para tal efecto se deben tener parámetros adecuados de diseño que garanticen una instalación y operación seguras. En los casos en que sea necesario apoyar, colgar o adosar líneas de transporte o distribución a puentes se debe garantizar:

- a) Que la estructura del puente esté en capacidad de soportar las cargas adicionales inducidas por la línea de transporte o distribución de gas.
- b) Que el funcionamiento del puente no afecte la estabilidad de la línea de transporte o distribución de gas.

- c) En el caso de tuberías plásticas los efectos térmicos a los que está sometida la tubería no debe superar el valor de 38 °C.

Adicionalmente es necesario contar con los permisos correspondientes y contemplar estos cruces en los planes de contingencia.

5.5.2 Tipos de cruces

5.5.2.1 Cruces encamisados

- a) Cuando por condiciones de diseño, instalación y seguridad, sea necesario el uso de camisas para la protección de las líneas, éstas pueden ser tuberías cuyas especificaciones le permitan soportar las cargas externas a las cuales van a estar sometidas.
- b) El diámetro interno del tubo usado para encamisar debe tener el tamaño suficiente para facilitar la instalación de la línea de distribución y para prevenir la transmisión de cargas externas a la misma. La camisa debe ser de diámetro nominal mayor al diámetro de la línea a encamisar y debería cumplir lo especificado en la siguiente tabla

Diámetro de la línea a encamisar	Diámetro de la camisa
$\phi \geq 2$ pulgadas	ϕ de la línea + 2 pulgadas
$\phi < 2$ pulgadas	ϕ de la línea + 1 pulgadas

Cuando los diámetros de la camisa sean menores a los señalados en la tabla anterior se debe demostrar que la camisa garantiza la protección de la tubería

5.5.2.2 Cruces sin camisa

Las líneas de transporte y distribución que atraviesan cruces especiales pueden ser instaladas sin camisa, siempre y cuando los diseños del cruce cumplan con lo establecido en el numeral 5.5.1.

6. VERIFICACIÓN Y PRUEBAS

6.1 GENERALIDADES

6.1.1 Verificación e inspección

Durante el proceso de construcción e instalación de la tubería de gasoductos metálicos, se debe verificar la uniformidad del diámetro interno (platinas calibradas), el recubrimiento, las soldaduras de las juntas en los tubos. Las soldaduras de las juntas en los tubos y conexiones deben verificarse de acuerdo con lo contemplado en el numeral 826.2 del capítulo 2 del ASME B 31.8.

En tuberías plásticas se debe verificar que no existan ovalamientos ni daños en las paredes del tubo que pueda afectar su resistencia.

6.1.2 Limpieza interior de las tuberías

Antes de entrar en operación una línea, es necesario efectuar la limpieza interior de las tuberías instaladas, para eliminar cualquier elemento extraño como rebabas, escoria, tierra, agua, basura que hayan quedado dentro de la línea, preferentemente usando aire a presión o gas inerte.

En el caso de las tuberías metálicas, puede utilizarse agua para someter a la tubería a una prueba de presión y usarse luego un raspador para limpiar la tubería.

6.2 PRUEBAS

Todas las redes destinadas al transporte o la distribución de gases combustibles, deben ser ensayadas al término de su construcción y antes de ser puestas en servicio, con el propósito de verificar su resistencia mecánica y hermeticidad al flujo de gas.

6.2.1 Tuberías de acero y de hierro dúctil

6.2.1.1 Ensayos para la verificación de la resistencia mecánica

- a) Las redes de distribución o transporte construidas de material de acero o de hierro dúctil, en los cuales la máxima presión de operación permisible pueda generar esfuerzos circunferenciales mayores o iguales al 30 % del límite de fluencia mínimo especificado para el material, deben someterse a ensayos para la verificación de la resistencia mecánica durante un período de tiempo no inferior a 2 h, con los agentes de prueba y las presiones de ensayo que se indican en la Tabla 7, de acuerdo con la clase de localidad.

Tabla 7. Presiones de ensayo y agentes de prueba para tuberías metálicas. En sistemas cuya máxima presión de operación permisible pueda generar esfuerzos circunferenciales superiores al 30 % del límite de fluencia mínimo especificado para el material

Clase de localidad	Agente de prueba	Presión de ensayo		MPOP (El menor de los valores indicados)
		Mínima	Máxima	
1 División 1	Agua	1,25 x MPOP	Ver NOTA	(1) PE / 1,25 (2) PD
1 División 2	Agua	1,25 x MPOP	Ver NOTA	(1) PE / 1,25
	Aire	1,25 x MPOP	1,1 x PD	(2) PD
	Gas	1,25 x MPOP	1,1 x PD	
2	Agua	1,25 x MPOP	Ver NOTA	(1) PE / 1,25
	Aire	1,25 x MPOP	1,25 x PD	(1) PD
3	Agua	1,50 x MPOP	Ver NOTA	(1) PE / 1,50 (2) PD
4	Agua	1,50 x MPOP	Ver NOTA	(1) PE / 1,50 (2) PD
PE = presión de Ensayo PD = presión de Diseño MPOP = máxima Presión de Operación Permisible				

NOTA El límite máximo de las pruebas de presión con agua debe ser definido por el operador teniendo en cuenta las características físicas del sistema.

- b) Los requisitos de prueba hidrostática prescritos en la Tabla 7 para localidades de las clases 3 y 4, no serán aplicables si al momento de la prueba se presentan cualquiera de las siguientes condiciones:

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- 1) La temperatura del suelo sea igual o inferior a 0 °C (32 °F), o pueda descender a estas temperaturas antes de que se logre terminar el ensayo.
- 2) No se encuentra disponible en el sector una cantidad suficiente de agua de calidad tal que no permita la acumulación de residuos sólidos en la tubería, ni la corrosión en la misma.

En tales casos, el sistema de tuberías debe ser ensayado con aire o gas inerte como agente de prueba, a una presión equivalente a 1,1 veces la máxima presión de operación permisible prevista para el sistema.

- c) Las redes de distribución o transporte construidas de material de acero o hierro dúctil, en las cuales la máxima presión de operación permisible puede generar esfuerzos anulares inferiores al 30 % del límite de fluencia mínimo especificado para el material, deben someterse a ensayos para la verificación de la resistencia mecánica, acordes con las prescripciones de la Tabla 7, excepto que:

- 1) En localidades de la clase 1 tan solo será necesario practicar un ensayo de hermeticidad acorde con las especificaciones del numeral 6.2.1.2.
- 2) En localidades de las clases 2, 3 y 4 se puede utilizar aire o gas como agentes de prueba, en vez de agua, siempre y cuando las presiones de ensayo no generen esfuerzos circunferenciales superiores a los valores máximos permisibles prescritos en la Tabla 8, expresados como porcentajes del límite de fluencia mínimo especificado para el material.

Tabla 8. Máximo esfuerzo circunferencial permisible durante el ensayo

Agente de prueba	Clase de localidad		
	2	3	4
Aire	75 %	50 %	40 %
Gas	30 %	30 %	30 %

6.2.1.2 Ensayos de hermeticidad

- a) En las redes de distribución o líneas de transporte con máxima presión de operación permisible mayor o igual a 6,9 bar (100 psig), que deban someterse a ensayos para la verificación de la resistencia mecánica a presiones que generan esfuerzos circunferenciales iguales o superiores al 20 % del límite de fluencia mínimo especificado para el material, empleando aire o gas como agente de prueba, basta que durante la ejecución de tales ensayos de resistencia se verifique la hermeticidad del sistema cuando la presión de prueba alcance 6,9 bar (100 psig), o el valor necesario para generar un esfuerzo circunferencial equivalente al 20 % del límite de fluencia prescrito para el material. En caso contrario, el sistema debe ser ensayado para verificar su hermeticidad mediante el procedimiento de ensayo que establece el literal b) de este numeral para sistemas de tuberías con máxima presión de operación permisible inferior a 6,9 bar (100 psig).
- b) Las redes de distribución o líneas de transporte con máxima presión de operación permisible inferior a 6,9 bar (100 psig) deben someterse a ensayos de hermeticidad utilizando aire o gas como agente de prueba, a la máxima presión de operación permisible prescrita para el sistema. Si las tuberías objeto de ensayo han sido recubiertas con un elemento de protección de naturaleza tal que pueda sellar

temporalmente una grieta o fisura, el sistema debe ser sometido a una presión de ensayo de 6,9 bar (100 psig), como mínimo.

6.2.2 Tuberías plásticas

- a) Las redes de distribución construidas de materiales plásticos deben someterse a ensayos de hermeticidad y resistencia, empleando aire o gas inerte como agente de prueba, a una presión de ensayo no inferior a 1,5 veces la máxima presión de operación para el sistema, ó 3,45 bar (50 psig), la que sea mayor, excepto que la máxima presión de ensayo permisible para tuberías termoplásticas, no deben exceder 3,0 veces la presión de diseño prescrita para el sistema a temperaturas hasta de 38°C (100°F), inclusive, ó 2,0 veces la presión de diseño para temperaturas en exceso de 38°C (100°F). En ningún caso la presión de prueba puede superar 300 psig cuando el medio de prueba es aire.

Para presiones de prueba superiores a 300 psig el medio de prueba debe ser agua.

- b) Las tuberías termoplásticas no deben someterse a ensayos a temperaturas del material en exceso de 60 °C (140 °F). La duración del ensayo de tuberías termoplásticas no deberá exceder de 96 horas para temperaturas del material superiores a 38 °C (100 °F). El tiempo mínimo para la realización de este ensayo es de 2 h.
- c) Al conectar las acometidas a las líneas secundarias, es posible realizar las pruebas a las acometidas con agua jabonosa o detector de fugas, utilizando el gas como medio de prueba.

Los puntos de acceso a la red para efectos de las pruebas (entrada de aire, conexión de manómetros, salida de aire, etc.), deben inspeccionarse después de realizada la prueba para verificar su hermeticidad.

6.2.3 Tuberías de cobre

Los sistemas de tuberías para la conformar redes de suministro de gas construidas de tuberías rígidas o flexibles de cobre, deben ensayarse de conformidad con las prescripciones del numeral 6.2.1.2.b).

6.2.4 Tubería de polietileno reforzada con fibra (TPR)

La línea de gas fabricada con tubería de polietileno reforzada con fibra debe ser sometida a una prueba hidrostática de 1,5 veces la presión de operación de acuerdo a los procedimientos del fabricante.

7. OPERACIÓN

7.1 REQUISITOS GENERALES

Todas las compañías operadoras de redes de transporte y distribución de gas deben cumplir con los siguientes requisitos generales:

- a) Establecer manuales documentados, que cubran los procedimientos de operación de la red, durante las operaciones normales y de mantenimiento.

- b) Establecer procedimientos de arranque, operación y parada para todos los equipos, y tomar las medidas apropiadas para velar que se cumplan. Estos procedimientos deben delinear las medidas preventivas y las verificaciones requeridas para asegurar el funcionamiento apropiado de todo el equipo de parada, control y alarma.
- c) Establecer sistemas de medición, de las diferentes variables de operación que a criterio del operador incidan en la estabilidad del sistema y las cuales permitan garantizar la operación normal de las redes de transporte y distribución.
- d) Establecer planes de contingencia documentados para los casos en que falle el sistema, se presenten accidentes u otras contingencias.
- e) Realizar el registro y análisis de las fallas y accidentes, con el fin de determinar las causas y reducir la probabilidad que las mismas se presenten nuevamente.
- f) Revisar y actualizar los manuales, planes y procedimientos, de acuerdo con la experiencia o cuando cambien las condiciones de operación o las instalaciones.

7.2 MANUAL DE OPERACIÓN

Toda empresa de transporte o distribución debe incluir como mínimo los siguientes elementos en su manual de operación y mantenimiento:

- a) Procedimiento de cambio de la máxima presión de operación en caso de que contemple esta posibilidad.
- b) Inspecciones periódicas que garanticen que las presiones de operación son las apropiadas para la clase de localidad, con excepción de las localidades clase 4.
- c) Instrucciones que le permitan al personal que realiza las actividades de operación y mantenimiento reconocer las condiciones que puedan potencialmente afectar la seguridad.

7.3 MÁXIMA PRESIÓN DE OPERACIÓN PERMISIBLE

La máxima presión de operación permisible de una red de transporte o distribución de gas, depende de las consideraciones de diseño asociadas a los materiales empleados en su construcción (véase el numeral 3) y a las localidades por las cuales atraviesa su trazado. Adicionalmente depende también de las restricciones que, por consideraciones de seguridad, se establecen para cada una de las localidades.

En cualquier caso, la presión de operación de una red de transporte o distribución de gas no debe sobrepasar la máxima presión de operación permisible determinada para cada tramo de la red como se establece en la NTC 3838.

7.3.1 Confirmación de la clase de localidad

Para todas las redes metálicas de transporte y distribución de gas que se encuentren en operación, y que no hayan sido diseñadas de acuerdo con los criterios de la Clase 4, se deben adelantar estudios que permitan conocer las condiciones de la localidad por la cual pasa el trazado de la red; en caso de cambio de localidad debe revisarse según los criterios de los numerales 7.3.2.

7.3.2 Cambios en la clase de localidad.

7.3.2.1 Estudios requeridos para el cambio de la clase de localidad

Cuando el incremento en la densidad poblacional implique un cambio en la clase de localidad, según lo indicado en la Tabla 9, de un tramo determinado de una red de transporte o distribución existente que opere a un esfuerzo circunferencial superior al 40 % del esfuerzo mínimo especificado en el punto de fluencia, o que implique que el esfuerzo circunferencial correspondiente a la máxima presión de operación permisible no corresponde a la clase de localidad del momento, la compañía operadora debe elaborar un estudio, dentro de los 6 meses siguientes a la identificación del incremento, que determine lo siguiente:

- a) La clase real de localidad.
- b) Los procedimientos de diseño, construcción y pruebas que se siguieron en la instalación original y su comparación con los procedimientos requeridos para la clase de localidad real,
- c) La evaluación de las condiciones físicas actuales del tramo correspondiente de la red de transporte o distribución, tomando en consideración los registros disponibles,
- d) Los registros históricos de los procedimientos de operación y mantenimiento,
- e) La máxima presión real de operación y los esfuerzos circunferenciales correspondientes,
- f) El área real afectada por el incremento de la densidad poblacional y las barreras físicas u otros factores que puedan limitar una expansión futura.
- g) Opcionalmente, la compañía operadora puede elaborar un análisis cuantitativo de los riesgos asociados al cambio de clase de localidad, para verificar si el cambio de clase localidad es admisible e identificar las medidas de control y mitigación necesarias.

7.3.2.2 Tiempo máximo para el establecimiento de los ajustes

En caso que la reclasificación requiera ajustes en el sistema se debe elaborar un plan, el cual debe ejecutarse antes de 18 meses. En caso de no poder ejecutar el plan dentro del plazo indicado, la compañía operadora podrá ampliar este plazo si cuenta con los soportes técnicos que justifiquen esta ampliación.

Si se confirma que se ha presentado un cambio en la clase de localidad se deben realizar inmediatamente los ajustes al plan de mantenimiento en cuanto a las frecuencias de las inspecciones de fugas y patrullajes del derecho de vía de acuerdo con la nueva clase de localidad.

7.3.2.3 Confirmación o revisión de la máxima presión de operación permisible.

Si el estudio del numeral 7.3.2.1 indica que un tramo de la red de transporte o distribución no es satisfactorio para el cambio en la clase de localidad, la tubería debe ser reemplazada, o se deben implementar las medidas de control y mitigación de riesgo identificadas en el estudio del numeral 7.3.2.1 g), o la máxima presión de operación permisible de dicho tramo debe ajustarse de acuerdo con uno de los siguientes requisitos:

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- 1) Si el tramo considerado se ha sometido anteriormente a pruebas de presión en campo durante un período no inferior a 2 horas, la máxima presión de operación permisible debe ser confirmada o reducida de manera que no exceda las presiones permitidas en la Tabla 9

Tabla 9. Cambios en la clase de localidad

Inicial (Nota 1)		Actual		Máxima Presión de Operación Permisible (MPOP)
Clase de Localidad	Número de Edificaciones	Clase de Localidad	Número de Edificaciones	
1 División 1	0-10	1	11-25	MPOP inicial, pero sin exceder el 80 % del SMYS
1 División 2	0-10	1	11-25	MPOP inicial, pero sin exceder el 72 % del SMYS
1	0-10	2	26-45	0,800 X presión de prueba, pero sin exceder el 72 % del SMYS
1	0-10	2	46-65	0,667 X presión de prueba, pero sin exceder el 60 % del SMYS
1	0-10	3	66+	0,667 X presión de prueba, pero sin exceder el 60 % del SMYS
1	0-10	4	Nota 2	0,555 X presión de prueba, pero sin exceder el 50 % del SMYS
2	11-45	2	46-65	MPOP inicial, pero sin exceder el 60 % del SMYS
2	11-45	3	66+	0,667 X presión de prueba, pero sin exceder el 60 % del SMYS
2	11-45	4	Nota 2	0,555 X presión de prueba, pero sin exceder el 50 % del SMYS
3	46+	4	Nota 2	0,555 X presión de prueba, pero sin exceder el 50 % del SMYS

NOTA 1. Se refiere al momento del diseño y construcción
 NOTA 2. Prevalecen las edificaciones de 4 o más pisos.

- 2) Si la presión de prueba previa no fue lo suficientemente elevada para establecer una MPOP aceptable para las condiciones operacionales requeridas por el operador en la clase de localidad de acuerdo con lo indicado en el numeral 1) anterior, el tramo evaluado se debe someter a una prueba acorde con los requisitos establecidos en el capítulo sobre pruebas y su máxima presión de operación permisible se debe establecer de acuerdo con lo indicado en la Tabla 9.

7.3.2.4 Incremento de la Máxima Presión de Operación Permisible

- a) Se puede establecer una Máxima Presión de Operación Permisible mayor que la actual bajo los requisitos de esta sección, sin exceder la presión de diseño del elemento más débil del segmento de tubería bajo revisión.
- b) Para el incremento de la Máxima Presión de Operación Permisible se debe elaborar un plan que incluya un procedimiento escrito para el cumplimiento de cada uno de los requisitos aplicables de esta sección.
- c) Antes de incrementar la Máxima Presión de Operación Permisible de un segmento de tubería que ha estado operando a una presión menor que la determinada según esta norma, se deben adelantar las siguientes acciones:
 - 1) Revisar criterios de diseño, condiciones de construcción y de la prueba de presión, clases de localidad, materiales y equipos; para determinar si el proceso de incremento de presión es seguro y consistente con los requisitos de esta norma.
 - 2) Verificar la condición de la línea mediante inspección de fugas y otras inspecciones de campo, así como, revisar los registros de mantenimiento.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- 3) Reparar, reemplazar o realizar las modificaciones que sean necesarias según los hallazgos de las acciones c)1) y c)2) anteriormente señaladas.
- d) Si no hay evidencia satisfactoria disponible para asegurar una operación segura bajo la nueva Máxima Presión de Operación Permisible incrementada, se debe considerar la realización de una nueva prueba de presión bajo los requisitos de esta norma.

Cuando el incremento de la Máxima Presión de Operación Permisible es admitido de acuerdo con los requisitos de los numerales 7.3.2.4.1, 7.3.2.4.2 y 7.3.2.4.3 de esta norma, el incremento de la presión debe realizarse por etapas y se debe realizar una inspección de fugas después de cada etapa o incremento parcial. El operador debe determinar el número de etapas según el incremento total de presión a realizar, el nivel de esfuerzos bajo la nueva Máxima Presión de Operación Permisible, la condición mecánica conocida de la línea y la proximidad de la línea a otras estructuras. El número de etapas debe ser suficiente para asegurar que cualquier fuga será detectada antes de crear una condición de potencial peligro. Toda fuga descubierta debe ser reparada antes de continuar con el incremento de la presión. Se debe realizar una inspección de fugas final en la nueva Máxima Presión de Operación Permisible.

Los registros del incremento de la presión, incluyendo la documentación revisada, las inspecciones adelantadas, las pruebas realizadas y las acciones correctivas desarrolladas, deben ser mantenidos mientras que la línea envuelta en el incremento de la presión esté en servicio.

7.3.2.4.1 Incremento de la presión que producirá un esfuerzo circunferencial igual o mayor al 30 % del SMYS en tuberías de acero

La Máxima Presión de Operación Permisible puede incrementarse después de cumplir los requisitos del numeral 7.3.2.4 y una de las siguientes provisiones:

- a) Si la condición mecánica de la línea determinada según 7.3.2.4 c) indica que la línea es capaz de soportar la nueva Máxima Presión de Operación Permisible, se cumplen todos los requisitos de diseño de esta norma y la tubería ha sido probada a una presión igual o mayor que la requerida por esta norma para la nueva Máxima Presión de Operación Permisible de una línea nueva; la línea puede ser operada a una Máxima Presión de Operación Permisible mayor.
- b) Si la condición mecánica de la línea determinada según 7.3.2.4 c) indica que la línea no es capaz de soportar la nueva Máxima Presión de Operación Permisible o la tubería no ha sido probada al nivel de presión establecido por esta norma para la nueva Máxima Presión de Operación Permisible requerida; la línea puede ser operada a una Máxima Presión de Operación Permisible mayor si ésta es sometida a la prueba de presión requerida por esta norma para una línea nueva bajo las mismas condiciones.
- c) Si la condición mecánica de la línea determinada según 7.3.2.4 c) indica que la línea es capaz de soportar una Máxima Presión de Operación Permisible mayor, se puede establecer una nueva Máxima Presión de Operación Permisible que no supere lo establecido en la norma NTC 3838 usando como prueba de presión la presión más alta a la cual la línea ha sido operada, tanto en una prueba de presión como en su operación actual.
- d) Si es necesario realizar una prueba de presión antes de incrementar la Máxima Presión de Operación Permisible y no es práctico realizar esta prueba, ya sea por el costo, las dificultades que acarrea sacar de servicio la línea u otras condiciones operacionales, se

puede establecer una Máxima Presión de Operación Permisible mayor en clase de localidad 1 de acuerdo con lo siguiente:

- 1) Realizar lo indicado en 7.3.2.4 c).
- 2) Seleccionar una nueva Máxima Presión de Operación Permisible adecuada para la condición de la línea y consistente con los requisitos de diseño de esta norma, considerando. La nueva Máxima Presión de Operación Permisible no debe exceder el 80 % de la MPOP permitida de una nueva para operar bajo las mismas condiciones.

7.3.2.4.2 Incremento de la presión que producirá un esfuerzo circunferencial menor al 30 % del SMYS en tuberías de acero o plástico.

Antes de incrementar la Máxima Presión de Operación Permisible a una presión menor que la requerida para producir un esfuerzo circunferencial del 30 % de una tubería de acero y de sistemas de distribución de plástico de alta presión, los siguientes factores se deben considerar:

- a) La condición mecánica de la línea determinada según 7.3.2.4 c) debe confirmar que la línea es capaz de soportar la nueva Máxima Presión de Operación Permisible.
- b) La información del fabricante o proveedor debe acreditar que cada componente del sistema de tubería plástica es capaz de desempeñarse satisfactoriamente bajo la nueva Máxima Presión de Operación Permisible.

Antes de incrementar la presión se deben seguir los siguientes pasos:

- Instalar los dispositivos de regulación y control de la presión si la nueva Máxima Presión de Operación Permisible es mayor a 60 psi.
- Reforzar o anclar la tubería para evitar su movimiento.

7.3.2.4.3 Incremento de la presión de sistemas de distribución que han sido operados a baja presión

Además de los requisitos de los numerales 7.3.2.4 c) y 7.3.2.4.2, se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Instalar los dispositivos de regulación de presión en los medidores de los clientes.
- b) Verificar que el segmento de tubería al cual se le incrementará la presión está físicamente desconectado de las líneas que continuarán operando a baja presión.

7.4 INSPECCIONES

7.4.1 Toda empresa de transporte o distribución debe realizar la inspección continua del sistema con el propósito de determinar y tomar las acciones pertinentes cuando se presenten cambios en la clase de localidad, fugas, fallas, corrosión, cambios en los requisitos relacionados con la protección catódica y otras condiciones inusuales de operación y mantenimiento.

7.4.2 Si se determina que un tramo de la red de transporte o distribución se encuentra en una condición insatisfactoria, pero no presenta riesgos inmediatos, la compañía operadora debe iniciar un programa de reacondicionamiento o suspender la operación del tramo. Si el tramo no se puede suspender o reacondicionar, se debe reducir la presión de operación para que los esfuerzos no superen los límites establecidos en esta norma.

7.5 PREVENCIÓN DE DAÑOS

Toda compañía operadora debe mantener como mínimo las siguientes consideraciones para la prevención de daños por terceros:

- a) Llevar un registro de las entidades que normalmente llevan a cabo actividades de excavación en el área de instalación de las tuberías.
- b) Notificar a las entidades antes referidas lo siguiente:
 - 1) La existencia, localización y condiciones de operación de la red.
 - 2) El tipo de señalización existente, de manera que el tercero pueda ubicar la tubería durante sus excavaciones.
- c) Manejar un archivo de recibo y registro de la notificación de las actividades de excavación.
- d) Programa de educación al público tendiente a reducir y prevenir el riesgo de daños por terceros. Este programa puede incluir:
 - 1) Reuniones informativas con funcionarios de autoridades competentes
 - 2) Reuniones con representantes de entidades que llevan a cabo actividades de excavación en el área de influencia del gasoducto.
 - 3) Capacitación regular a grupos comunitarios

7.6 SEÑALIZACIÓN PERMANENTE

- a) Todas las líneas de la red de transporte y distribución deben ser adecuadamente señalizadas para indicar su presencia y evitar daños durante la realización de trabajos en cercanía de las mismas, especialmente en zonas donde es probable la intervención de terceros
- b) Además de la señalización superficial, las tuberías enterradas deben ser señalizadas mediante una cinta de un ancho mínimo de 10 cm con una leyenda que indique el nombre de la compañía operadora y la palabra "GAS". Esta cinta debe instalarse enterrada sobre la tubería a una profundidad intermedia entre el lomo del tubo y la superficie del terreno.
- c) Los cruces de las líneas primarias con carreteras, ferrocarriles, ríos, etc., se deben señalar mediante letreros que indiquen la presencia del gasoducto.

- d) Cuando no se pueda colocar cinta de señalización porque el método constructivo no lo permite se deben instalar señales superficiales que indiquen la presencia de la tubería e indicando la dirección de la línea.
- e) Cuando se emplean letreros como señalización se debe incluir la palabra "GAS", el nombre de la compañía operadora y el número de teléfono (incluyendo el código de área, si aplica) donde la compañía operadora puede ser contactada.

Para líneas de transporte la señalización y las zonas aledañas a ésta en el derecho de vía del gasoducto se deben mantener despejadas.

7.7 PLANES DE CONTINGENCIA

Toda empresa operadora debe contar con un plan de contingencia de acuerdo con la legislación vigente.

7.8 ODORIZACIÓN DEL GAS

7.8.1 Todo gas combustible en una red de distribución debe estar odorizado de tal manera que, para una concentración en el aire de un quinto del límite inferior de explosividad, el gas sea fácilmente detectado, por una persona normal.

7.8.2 Se exceptúan los siguientes casos:

Gas suministrado a plantas industriales en las cuales la presencia del odorante cause las siguientes consecuencias:

- a) Que las características del producto final de la planta se vea afectado por el odorante,
- b) Que se reduzca la capacidad de los catalizadores
- c) Que se reduzca la efectividad de las reacciones químicas.

7.8.3 El odorante debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) El odorante no debe ser venenoso para personas o animales ni perjudicial para la propia tubería.
- b) Los productos de la combustión del odorante no deben ser tóxicos ni perjudiciales para los materiales con los cuales van a entrar en contacto.
- c) La solubilidad del odorante en el agua no debe ser mayor a 2,5 partes por cada 100 por peso.
- d) La dosificación debe ser controlada de tal manera que su concentración en el gas permanezca constante.
- e) Toda empresa de distribución debe realizar muestreos periódicos del gas combustible para garantizar la apropiada concentración del odorante y llevar los respectivos registros.

7.9 DERIVACIONES EN LÍNEAS EN OPERACIÓN

Toda derivación realizada en tramos que se encuentren a presión debe llevarse a cabo con los equipos adecuados y personal calificado, con procedimientos de trabajo debidamente probados.

7.10 GASIFICACIÓN Y PURGA DE LA RED

7.10.1 Gasificación

Puede realizarse usando gas combustible o un bache de gas inerte. Cuando se gasifique una línea, introduciendo gas combustible para desalojar el aire, se debe garantizar que al finalizar el procedimiento de gasificación no exista aire en el interior de la línea gasificada. Cuando se gasifique una línea, introduciendo un bache de gas inerte, entre el gas combustible y el aire, se debe garantizar que al finalizar el procedimiento de gasificación no exista en el interior de la línea gasificada gas inerte ni aire.

7.10.2 Purga

Puede realizarse usando aire o un bache de gas inerte. Cuando se purgue una línea, introduciendo aire para desalojar el gas, se debe garantizar que al finalizar el procedimiento de purga no exista gas combustible en el interior de la línea purgada. Cuando se purgue una línea, introduciendo un bache de gas inerte, entre el gas combustible y el aire, se debe garantizar que al finalizar el procedimiento de purga no exista en el interior de la línea purgada gas combustible.

7.11 INTERRUPCIÓN Y RESTABLECIMIENTO DEL SERVICIO

En caso que por razones de mantenimiento, reemplazo, instalación o reparación de una red de distribución se deba interrumpir el servicio, la compañía operadora debe avisar por medios de difusión masiva a los usuarios para que procedan al cierre de las válvulas de corte de su respectiva instalación. Para la reanudación del servicio se debe avisar a los usuarios de igual forma.

8. MANTENIMIENTO

8.1 GENERALIDADES

8.1.1 Manual de mantenimiento

Todas las compañías operadoras de redes de transporte y distribución de gas deben contar con un manual documentado de mantenimiento que corresponda a las actividades del operador y cumpla lo establecido en el numeral 7.1.

Adicionalmente el manual de mantenimiento debe incluir:

- a) Planes e instrucciones detalladas para los empleados encargados de la operación y mantenimiento del gasoducto durante el funcionamiento normal y cuando haya que hacer reparaciones.

- b) El manual debe prestar especial atención a esas secciones de las instalaciones que representen mayor riesgo al público en el evento de una emergencia o debido a exigencias de mantenimientos de emergencia o construcciones
- c) Disposiciones de inspecciones periódicas a lo largo de la ruta de las tuberías.

8.1.2 Inspección visual del derecho de vía

Las compañías operadoras deben inspeccionar visualmente el área de trazado de las redes de transporte y primarias de distribución, para identificar, actividad constructiva y otros factores que puedan afectar la operación segura de la red. Dicha inspección debe llevarse al menos una vez al año en las localidades 1 y 2; una vez cada 6 meses para localidades 3, y cada 3 meses en localidades clase 4.

En las redes secundarias de distribución, una vez se pueda establecer la ejecución de trabajos por parte de terceros que puedan afectar la red, debe disponerse de personal que ejecute inspecciones en dichas áreas. La frecuencia de la inspección debe ser definida por el operador. En caso de fenómenos naturales que puedan afectar las condiciones de operación de la red, la compañía operadora debe efectuar la inspección de la red en el(los) sitio(s) posiblemente afectados.

Cuando se presenten condiciones inusuales en la operación y el mantenimiento de las instalaciones, tales como, fallas, fugas muy importantes, caída en la eficiencia del flujo debido a la corrosión interna, o a cambios sustanciales en los requisitos de la protección catódica, se deben realizar estudios y tomar las acciones adecuadas. En este caso, se debe iniciar un programa planificado para probar, reacondicionar, reemplazar o abandonar las redes. Si tales instalaciones no pueden reacondicionarse o eliminarse por etapas, entonces la presión de operación máxima permisible se debe reducir proporcionalmente hasta un nivel seguro determinado por la(s) condición(es) inusual(es) presente(s).

8.2 CONTROL DE LA CORROSIÓN

Los criterios definidos para adelantar el control de la corrosión externa e interna, por parte de las compañías operadoras, se encuentran definidos en el capítulo 9 de la presente norma.

8.3 DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE FUGAS

8.3.1 Detección de Fugas

Toda compañía operadora de un sistema de transporte o distribución, debe tener en su plan de operación y mantenimiento, disposiciones para la detección de fugas en el sistema.

8.3.1.1 Los tipos de inspecciones seleccionadas deben ser efectivas para determinar si existen fugas potencialmente peligrosas. Los siguientes son algunos de los procedimientos que podrían emplearse:

- a) Detección de gas en la superficie.
- b) Detección de gas subterráneo
- c) Inspección de la vegetación.
- d) Monitoreo de presiones

- e) Prueba con agua jabonosa
- f) Detección con ultrasonido.

8.3.1.2 El alcance y la frecuencia de las detecciones de fugas se determinará por las características generales del área servida, la concentración de edificaciones, la edad de la tubería, condiciones del sistema, presión de operación y cualquier otra condición conocida (tales como fallas en la superficie, asentamiento, inundación o incrementos en la presión de operación) que tenga significado potencial para indicar un escape o para producir la migración a un área donde se podría generar una condición peligrosa.

Se deben realizar inspecciones puntuales a las redes de transporte y primarias de distribución que estén expuestas a esfuerzos inusuales (tales como temblores de tierra o voladuras). La frecuencia en las inspecciones de fugas debe basarse en la experiencia operativa, criterios adecuados y conocimientos del sistema. Una vez establecida la frecuencia, se debe revisar periódicamente para reafirmar su vigencia.

Las inspecciones para detección de fugas deben incluir pruebas de atmósferas explosivas que indicarán la presencia de gas en registros (cámaras de inspección), grietas en el pavimento, andenes y en otros lugares donde haya la posibilidad de encontrar fugas de gas. La frecuencia establecida para la inspección de fugas debe cumplir al menos con los siguientes requisitos:

- a) Las redes de transporte de acero cuyo gas no se encuentre odorizado que operen a una presión que genere un esfuerzo circunferencial mayor o igual al 30 % del SMYS se deben inspeccionar según las frecuencias establecidas para la inspección visual del derecho de vía en el numeral 8.1.2 de acuerdo con la clase de localidad del trazado.
- b) Las demás redes de transporte y líneas primarias de distribución se deben inspeccionar por lo menos una vez cada año. Las líneas secundarias se deben inspeccionar por lo menos una vez cada 5 años.

8.3.2 Clasificación de fugas

Las fugas que se localicen mediante las inspecciones o investigaciones se deben evaluar, clasificar y controlar, de acuerdo con los criterios que se establecen en el presente numeral.

Grado de la fuga. Con base en una evaluación de la ubicación y de la magnitud de la fuga, se deben asignar uno de los siguientes grados, con el fin de dar prioridad a la reparación de la misma:

- a) Grado 1. Es una fuga que representa un riesgo existente o probable a las personas o a la propiedad y requiere reparación inmediata o una acción continua hasta que se elimine la condición peligrosa.
- b) Grado 2. Es una fuga que no es riesgosa al momento de su detección, pero que requiere una programación de reparación con base en un riesgo probable futuro.
- c) Grado 3. Es una fuga que no es riesgosa en el momento de su detección y razonablemente se puede esperar que permanezca sin representar un riesgo, hasta aplicar los correctivos o efectuar su reclasificación por una nueva inspección.

8.4 PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN

Una vez detectada la necesidad de una reparación se debe programar la misma, que en caso de ser por fuga solamente puede realizarse después que se haya establecido que no existen riesgos inmediatos o que se hayan controlado mediante acciones de emergencia tales como evacuación, bloqueo del área, desviación del tráfico, eliminación de las fuentes de ignición, ventilación o suspensión del flujo de gas.

8.4.1 Procedimientos de reparación para redes de acero

8.4.1.1 Generalidades

Se deben emplear de manera inmediata medidas para proteger las propiedades y al público. Si no es posible realizar una reparación de tipo permanente en el momento de la detección de la fuga, ésta se debe realizar tan pronto como sea posible. Se prohíbe el uso de parches soldados (platinas) como método de reparación, excepto en el caso que se describe en el 8.4.1.4.e).

Si la red está operando en el momento de efectuar la reparación, la presión de operación debe estar a niveles que permitan reparar de manera segura. Los rangos de presión empleados durante la realización de trabajos en caliente, deben garantizar una operación segura de la red.

Las camisas soldadas circunferencialmente a la tubería deben tener una presión/resistencia de diseño al menos igual a la de la tubería que está siendo reparada. Estas camisas no deben tener una longitud inferior a 10 cm (4 pulgadas).

Si se hacen soldaduras circunferenciales de filete, las soldaduras longitudinales deben ser a tope. Los procedimientos de soldadura, deben ser adecuados para los materiales y se debe considerar la fisura potencial del cordón de raíz. No se requieren láminas de respaldo.

Si no se hacen soldaduras circunferenciales con filete, puede hacerse soldadura longitudinal a tope o fileteando un lado de la platina. Los bordes circunferenciales deben sellarse con un revestimiento, tal como esmalte o resina, de manera que la camisa quede aislada del medio circundante.

8.4.1.2 Abolladuras y daños mecánicos.

8.4.1.2.1 Definición de abolladuras y daños mecánicos no aceptables

- a) Las abolladuras son hundimientos de la tubería o distorsión de su sección circular, causadas por fuerzas externas.
- b) Las abolladuras planas son abolladuras de contorno suave que no contienen pliegues, daño mecánico, corrosión, quemones de arco de soldadura o soldaduras circunferenciales o longitudinales.
- c) Daño mecánico es un daño en la superficie de la tubería causado por fuerzas externas. Los daños mecánicos incluyen indicaciones como: pliegues en la pared de la tubería, desgarres, rayaduras y pérdidas de metal diferentes a las ocasionadas por corrosión. Es posible que se presente agrietamiento de forma conjunta con el daño mecánico. En ocasiones una abolladura podrá aparentemente estar o no estar presente de forma conjunta con el daño mecánico.

- d) Las abolladuras planas son consideradas como no aceptables si su profundidad excede el 6 % del diámetro nominal de la tubería. Las abolladuras planas de cualquier profundidad son aceptables considerando que el nivel de deformación asociado no excede el 6 % de tensión. Al evaluar la profundidad de la abolladura plana se debe tener en cuenta que la línea debe permitir el paso seguro de herramientas de limpieza e inspección interna. Cualquier abolladura que no cumpla este requisito debería ser retirada antes de realizar operaciones de limpieza o inspección interna, aún cuando la abolladura sea considerada como aceptable.
- e) Todos los daños mecánicos que hayan sido ocasionados en la fase de operación del gasoducto son considerados como no aceptables.
- f) Las abolladuras que contienen corrosión son consideradas como no aceptables si la corrosión no es aceptable según lo establecido en 8.4.1.4, o si la abolladura excede una profundidad del 6 % del diámetro nominal de la tubería.
- g) Las abolladuras que contienen agrietamiento debido a corrosión bajo esfuerzos (SCC) u otras grietas no son aceptables.
- h) Las abolladuras que afectan soldaduras dúctiles longitudinales o circunferenciales no son aceptables si exceden una profundidad del 2 % del diámetro nominal, excepto aquellas que al ser evaluadas bajo un análisis de ingeniería, que considere la calidad de la soldadura, exámenes no destructivos y condiciones operacionales de la tubería, presenten niveles de tensión asociados a la deformación que no excedan el 4 % y se consideren como seguras y aceptables.
- i) Las abolladuras de cualquier profundidad que afecten a soldaduras no dúctiles, tales como soldaduras circunferenciales de acetileno o soldaduras longitudinales propensas a fractura frágil, no son aceptables.

8.4.1.2.2 Reparación permanente de abolladuras y daños mecánicos no aceptables

- a) Las abolladuras y daños mecánicos no aceptables deben ser removidos o reparados por alguno de los métodos indicados a continuación o la presión de operación debe ser reducida. La presión de operación reducida no debe exceder el 80 % de la presión de operación experimentada por la anomalía no aceptable en el momento que fue descubierta. La reducción de la presión no se considera como una reparación permanente.
- b) Para remover abolladuras o daños mecánicos no aceptables se debe sacar de servicio la tubería, cortar una pieza cilíndrica de tubería y reemplazarla con una tubería cuya presión de diseño sea igual o mayor; o remover completa el área del defecto mediante una perforación en caliente.
- c) Para reparar abolladuras o daños mecánicos no aceptables se debe:
 - 1) Las abolladuras planas, abolladuras con corrosión, abolladuras con agrietamiento debido a corrosión bajo esfuerzos (SCC) y abolladuras que afecten soldaduras dúctiles longitudinales o circunferenciales pueden ser reparadas tanto con una camisa soldada circunferencialmente como con una camisa no soldada a la tubería.

- 2) Los daños mecánicos externos y todas las abolladuras que afecten soldaduras circunferenciales de acetileno o soldaduras longitudinales que exhiben características de fractura frágil pueden ser reparadas con una camisa soldada circunferencialmente a la tubería.
- 3) Los daños mecánicos externos, incluyendo las grietas, pueden ser reparados por esmerilado del daño considerando que la profundidad del defecto no debe exceder el 4 % del diámetro nominal de la tubería. El esmerilado es permitido hasta una profundidad del 10 % del espesor nominal de la tubería sin ningún límite relacionado con la longitud del daño. El esmerilado es permitido hasta una profundidad del 40 % del espesor nominal de la tubería si la longitud del daño no excede a la indicada en la siguiente ecuación:

$$L = 1.12 [(D/t) \{[(a/t)/(1.1a/t - 0.11)]^2 - 1\}]^{1/2}$$

en donde

D	=	Diámetro nominal externo de la tubería (pulgadas)
L	=	Longitud máxima permitida del área esmerilada (pulgadas)
a	=	Máxima profundidad medida en el área esmerilada (pulgadas)
t	=	Espesor nominal de la tubería (pulgadas)

El esmerilado debe producir un contorno suave en la pared de la tubería. El espesor remanente debe ser verificado mediante ultrasonido. Después del esmerilado, la superficie debe ser inspeccionada para grietas mediante ensayos no destructivos. Si no es posible remover mediante esmerilado completamente el daño dentro de los límites de profundidad y longitud establecidos, el daño debe ser removido o reparado de acuerdo con 8.4.1.2.2 c) 2).

- d) Es recomendable emplear un relleno incompresible para cubrir el área de la abolladura o daño mecánico antes de la instalación de la camisa.
- e) Los refuerzos compuestos no metálicos no se deben usar para reparar abolladuras o daños mecánicos, a menos que hayan sido probados mediante análisis y ensayos de ingeniería confiables.
- f) Todos los métodos de reparación indicados en el numeral 8.4.1.2.2 deben pasar la inspección y ensayos no destructivos indicados en el numeral 8.5.1.

8.4.1.3 Reparaciones permanentes en campo cuando se tienen defectos de soldadura peligrosos. Cuando se presenten rayaduras, muescas o abolladuras en los cordones de soldadura, se deben seguir los parámetros presentados en el numeral 8.4.1.2 y los procedimientos establecidos en las normas API 1104 y API 1107.

8.4.1.4 Reparación permanente de fugas y de áreas corroídas sin fuga

Si la corrosión ha reducido la resistencia de la tubería por debajo de su máxima presión de operación permisible, la sección afectada debe ser reparada o reemplazada o la presión de operación debe ser reducida a una presión de operación segura teniendo en cuenta la resistencia remanente del área corroída. Para tuberías de acero que operan en o por encima del 40 % del SMYS, la resistencia remanente del área corroída puede ser determinada de acuerdo con ASME B31.G u otro método equivalente y reconocido por la industria.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- a) Cuando sea posible debe sacarse de servicio la red y repararse, mediante el corte de una pieza cilíndrica de tubería y reemplazarla por una tubería de igual o mayor esfuerzo de diseño.
- b) Si no es posible sacar de servicio la red, la reparación debe hacerse mediante la instalación de una camisa soldada circunferencialmente a la tubería a menos que se escoja colocar una platina (parche) de acuerdo con lo descrito en el numeral 8.4.1.4.e, o a menos que las partes corroídas sean reparadas mediante el aporte de material, de acuerdo con el numeral 8.4.1.4.f. Si un área corroída sin fuga es reparada mediante camisa, las soldaduras circunferenciales de la camisa son opcionales.
- c) Si la fuga es debida a corrosión localizada, puede repararse con la instalación de una abrazadera con pernos, adecuadamente diseñada.
- d) Una fuga pequeña se puede reparar colocando un niple sobre el escape para ventear el gas y soldando el niple al tubo. Posteriormente se instala un accesorio adecuado sobre el niple.
- e) Las áreas corroídas con fuga o sin fuga sobre tubos con esfuerzo mínimo de fluencia especificado inferiores a 275,8 MPa (40 000 psi) se pueden reparar usando una platina de acero con las esquinas redondeadas y con dimensiones que no excedan la mitad de la circunferencia del tubo con soldadura fileteada sobre el área corroída. El esfuerzo de diseño de la platina de acero debe ser el mismo o mayor que el del tubo.
- f) Las áreas corroídas pequeñas se pueden reparar rellenándolas con deposición de metal soldado con electrodos de bajo hidrógeno. A mayor presión y a mayor tasa de flujo es menor el riesgo de atravesar la pared por un "quemonazo".
Con 20 V y 100 A, es improbable que ocurra el "quemonazo" cuando se tienen los siguientes espesores de pared.

Espesores mínimos para soldar

Velocidad m/s MPa (psia)	0 m/s (0 ft/s)	1,52 m/s (5 ft/s)	3,04 m/s (10 ft/s)	6,09 m/s (20 ft/s)
1,03 (15)	0,813 cm (0,32 pulgadas)
34,5 (500)	0,762 cm (0,30 pulgadas)	0,685 cm (0,270 pulgadas)	0,609 cm (0,24 pulgadas)	0,635 cm (0,205 pulgadas)
62,1 (900)	0,7112 cm (0,28 pulgadas)	0,596 cm (0,235 pulgadas)	0,482 cm (0,19 pulgadas)	0,381 cm (0,150 pulgadas)

Este método de reparación no debe practicarse sobre tuberías susceptibles a fractura frágil.

- g) Las áreas corroídas externamente sin fuga y que presenten una profundidad menor al 80 % del espesor nominal de la tubería se pueden reparar mediante refuerzos compuestos no metálicos, sin embargo, este método de reparación no se considera como una reparación permanente, se considera como una reparación temporal por un tiempo equivalente a la vida útil del refuerzo probada mediante análisis y ensayos de ingeniería confiables.
- h) Todas las reparaciones realizadas de acuerdo con el numeral 8.4.1.4.a, 8.4.1.4.b y 8.4.1.4.d se deben probar e inspeccionar según el numeral 8.5.1.

8.4.1.5 Reparación permanente de agrietamiento inducido por hidrógeno en puntos endurecidos y agrietamiento debido a corrosión bajo esfuerzos (SCC)

- a) Cuando sea posible, la tubería debe sacarse de servicio y repararse mediante el corte de una pieza cilíndrica y con el reemplazo de la misma por un tubo con igual o mayor esfuerzo de diseño.
- b) Si no es posible sacar de servicio la red, la reparación se debe hacer mediante la instalación de una camisa soldada circunferencialmente. En caso de agrietamiento debido a corrosión bajo esfuerzos (SCC) es opcional soldar circunferencialmente la camisa a la tubería.
- c) En caso de agrietamiento inducido por hidrógeno, se aplica el mismo procedimiento de SCC, excepto que la zona endurecida plana debe protegerse con un material de relleno que se endurezca, o por presurización de una camisa soldada con soldadura al filete.
- d) Todas las reparaciones realizadas bajo los numerales 8.4.1.5.a y 8.4.1.5.b deben ser probadas e inspeccionadas según el numeral 8.5.1.

8.4.2 Procedimientos de reparación para tuberías plásticas

Cuando se encuentren defectos serios en tuberías plásticas, tales como grietas, abolladuras o fisuras, el tramo afectado o defectuoso debe ser reemplazado. Para la instalación del nuevo tramo, se deben emplear los procedimientos de unión establecidos en el numeral 5.3.3 de la presente norma.

8.5 PRUEBAS A REPARACIONES

8.5.1 Pruebas de las reparaciones para tuberías de acero

8.5.1.1 Pruebas de secciones de tubos reemplazados

Cuando una reparación programada de una red de transporte y primaria de distribución se realiza mediante el corte del tramo afectado y se reemplaza con otro tramo, el tramo nuevo debe someterse a un ensayo de presión. La sección reemplazante debe ser probada a la presión requerida para una nueva instalada en la misma localidad.

Las pruebas pueden hacerse al tubo antes de su instalación, siempre y cuando las pruebas no destructivas realizadas sobre las soldaduras a tope de los empalmes hechas en campo cumplan con los requisitos de ensayo e inspección de las mismas. Si la operación de reemplazo se hace bajo condiciones de fuego controladas (gas en la tubería), se pueden usar camisas divididas longitudinalmente que se usarán como uniones soldadas circunferencialmente y a filete al tamo nuevo y a la tubería existente en el lugar de la soldadura a tope. Todas las soldaduras de la camisa dividida deben ser evaluadas por medio de ensayos no destructivos.

8.5.1.2 Prueba no destructiva de reparación de rayaduras, muescas, abolladuras y soldaduras

Si los defectos se reparan mediante soldadura, la calidad de las soldaduras debe examinarse de acuerdo con los procedimientos de inspección y ensayo establecidos en las normas aplicables.

8.5.2 Abandono de infraestructura de transporte y líneas primarias de distribución

Para el abandono de instalaciones de transporte y líneas primarias de distribución, la compañía operadora debe tener un procedimiento escrito que incluya los siguientes requisitos:

- a) Las instalaciones que serán abandonadas deben ser desconectadas de las fuentes de gas tales como otras tuberías, sistemas, estaciones de medición, líneas de control, entre otras.
- b) Las instalaciones que serán abandonadas deben ser purgadas con un material inerte y sus terminaciones deben ser selladas.
- c) Si se verifica que no hay hidrocarburos líquidos remanentes en la instalación a ser abandonada, ésta puede ser purgada con aire. En este caso se debe verificar que no haya una mezcla combustible en la instalación después de la purga.

8.5.3 Exigencias de pruebas para gasificar instalaciones abandonadas y acometidas desconectadas temporalmente

Una red de distribución que haya sido abandonada debe probarse de la misma manera que una nueva, antes de ser gasificada.

Las acometidas desconectadas temporalmente debido a reparaciones en la red u otro trabajo planeado, deben probarse desde el punto de desconexión hasta la válvula de la acometida de la misma manera que una línea nueva antes de reconectarse, excepto:

- a) Cuando se han tomado las medidas para mantener un servicio continuo, tales como la instalación de by-pass. (Los tramos de la acometida original no requieren prueba).
- b) Cuando la acometida ha sido diseñada, instalada, probada y mantenida de acuerdo con las exigencias de esta norma.

8.6 REGISTROS

8.6.1 Registros de fugas

Deben llevarse registros escritos que cubran todas las fugas detectadas y las reparaciones que se hayan hecho. Todas las roturas de la red se deben reportar en detalle.

Estos registros junto con los reportes de inspección de fugas, monitoreo de las líneas y otros informes relacionados con las inspecciones de rutina o no usuales, se deben conservar en los archivos de la compañía, por al menos cinco años.

8.6.2 Registros de mantenimiento de la tubería

8.6.2.1 Siempre que cualquier tramo o sección de una red de transporte o primaria de distribución metálica subterránea, sea descubierto para propósitos de operación o mantenimiento o para la instalación de una nueva, se debe registrar la siguiente información:

- a) Las condiciones de la superficie del tubo desnudo, si está picado o corroído de manera generalizada.

- b) Las condiciones de la superficie del tubo y del revestimiento protector donde éste se ha deteriorado a un grado tal que el tubo presente corrosión.
- c) Cualquier daño del revestimiento.
- d) Cualquier reparación que se haga.
- e) Espesor de la tubería.

8.6.2.2 Los registros de las condiciones de las tuberías de distribución se deben analizar periódicamente. Se debe tomar y registrar cualquier acción correctiva indicada, y mantener hasta por 5 años.

8.7 MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS Y OTROS ELEMENTOS DE LA RED DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

8.7.1 Mantenimiento de válvulas

8.7.1.1 Las válvulas de las líneas de transporte y primarias de distribución que requieran operarse durante una emergencia deben inspeccionarse periódicamente y operarse parcialmente por lo menos una vez al año, para garantizar la seguridad y condiciones de operación apropiadas.

Los procedimientos de rutina en el mantenimiento de las válvulas deben incluir como mínimo lo siguiente:

- a) Mantenimiento de la válvula de acuerdo con los procedimientos preestablecidos
- b) Planos del sistema para usarlos durante la rutina o en condiciones de emergencias
- c) Garantizar que la válvula sólo sea operada por personal autorizado
- d) Capacitación y divulgación sobre los procedimientos de mantenimiento.

8.7.1.2 Válvulas de los sistemas de distribución

Las válvulas necesarias para la operación segura de las redes de transporte y distribución, deben verificarse y se les debe realizar mantenimiento, donde sea necesario, con intervalos de tiempo suficientes para asegurar su operación adecuada. Esta inspección incluye revisión de alineamiento que permita el uso de llaves y la limpieza de la caja de la válvula o registro para retirar incrustaciones o suciedad que pueda interferir o retardar la operación de la válvula. Debe disponerse del sistema de planos que muestren la ubicación de las válvulas.

8.7.1.3 Válvulas de las acometidas

Las válvulas de cierre instaladas en las acometidas que suministran gas en lugares públicos, deben tener un mantenimiento programado con la suficiente frecuencia para asegurar su operación satisfactoria. La inspección debe determinar si la válvula es accesible, si se puede manipular fácilmente y si en la caja o registro existen incrustaciones o suciedades que puedan interferir o retardar la operación de la válvula. Si se encuentran condiciones insatisfactorias, éstas deben ser corregidas.

8.7.1.4 Registros de la localización de las válvulas

Deben llevarse registros de la localización de las válvulas requeridas para la operación segura de la red. Estos registros pueden mantenerse sobre planos de operación, archivos separados, hojas de resumen y la información contenida en esos registros debe ser de fácil acceso al personal que la requiera al momento de responder a una emergencia.

8.7.2 Mantenimiento de cajas de inspección

Todas las obras civiles que alojen elementos de la red de transporte y distribución deben inspeccionarse cada vez que se inspecciona y prueba el equipo.

En todas las cajas de inspección en donde ingrese personal, se deben realizar pruebas para detectar la presencia de gases combustibles. Si la atmósfera es peligrosa, se debe determinar la causa y se debe inspeccionar la caja para establecer la ventilación necesaria que reduzca los riesgos.

Todas las condiciones anormales que se encuentren al abrir una caja de inspección deben ser corregidas.

Los trabajos de mantenimiento practicados dentro de las cajas deben estar de acuerdo con los procedimientos establecidos y se debe hacer especial énfasis al seguimiento de la atmósfera y en la protección del personal en la caja.

Cuando se realicen trabajos de soldadura en las cajas de inspección, se debe verificar con anterioridad que no haya presencia de atmósferas explosivas.

9. SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

9.1 GENERALIDADES

Los requisitos de este numeral se limitan a tubería metálica enterrada, sumergida y expuesta a la atmósfera y deberían ser aplicadas bajo la dirección de personal competente en el tema de corrosión. Toda situación específica no puede ser anticipada; sin embargo, la aplicación y evaluación de prácticas de control de corrosión requiere de una cantidad significativa de juzgamiento competente para que sea efectiva la mitigación de la corrosión.

Los requisitos y procedimientos de control de la corrosión pueden, en algunas circunstancias, requerir medidas adicionales a las señaladas en este numeral. Cada compañía operadora debe establecer procedimientos para implementar su programa de control de la corrosión de modo que incluya los requisitos señalados en este numeral para alcanzar los objetivos deseados.

Los procedimientos, incluyendo aquellos para diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de protección catódica, sistemas de recubrimiento y sistemas de monitoreo y mitigación de la corrosión interna deben ser preparados e implementados por personas calificadas por entrenamiento o experiencia en los métodos de control de la corrosión. Adicionalmente, la compañía operadora debe establecer planes encaminados a identificar o prevenir fallas en los sistemas de monitoreo y control de la corrosión considerando las condiciones del entorno y de operación del propio sistema de tubería

9.2 CORROSIÓN EXTERNA

9.2.1 Tuberías enterradas

9.2.1.1 Todas las tuberías metálicas en las redes de transporte y primarias de distribución de gas deben estar protegidas contra la corrosión externa de la siguiente forma:

- a) Debe tener recubrimiento protector externo que cumpla con los requisitos especificados en el numeral 9.2.2.
- b) Debe contar con un sistema de protección catódica diseñado para proteger completamente la tubería.

9.2.1.2 Las compañías operadoras no requieren cumplir con lo establecido en el numeral 9.2.1, si pueden demostrar por ensayos de investigación o por experiencia que:

- a) Para una tubería de cobre, no existe un ambiente corrosivo
- b) Para una tubería temporal, con un período de operación de servicio inferior a cinco años después de su instalación, la corrosión que se presenta no debe ir en detrimento de la seguridad pública.

9.2.1.3 No se puede instalar aluminio en tuberías enterradas si este aluminio está expuesto a un ambiente con un pH natural superior a 8.0, a menos que exista ensayos y experiencias que indiquen que es adecuado en el ambiente particular involucrado.

9.2.1.4 Los accesorios de aleación metálica en tuberías plásticas, aislados eléctricamente, no requieren cumplir con los requisitos establecidos en este numeral si:

- a) Se puede demostrar, mediante ensayos, investigaciones o experiencias en el área de aplicación, que la aleación garantiza la protección.
- b) El accesorio está diseñado para prevenir fugas causadas por corrosión localizada.

9.2.2 Recubrimiento protector externo

9.2.2.1 La función de recubrimiento protector en el control de la corrosión es la de aislar la superficie exterior de las tuberías del electrolito. El recubrimiento debe tener por lo menos las siguientes características generales:

- a) Aislamiento eléctrico efectivo.
- b) Poseer un alto grado de impermeabilidad.
- c) Se debe poder aplicar a la tubería de manera que no afecte adversamente las propiedades de ésta.
- d) Debe permitir una aplicación de buena calidad sin discontinuidades o defectos relevantes
- e) Debe presentar un adecuado nivel de adherencia a la superficie de la tubería

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

- f) Capacidad para evitar el desarrollo de discontinuidades con el paso del tiempo que expongan la superficie de la tubería al ambiente exterior.
- g) Debe ser resistente a los daños durante el transporte, manejo e instalación de la tubería.
- h) Debe mantener constante su resistencia eléctrica con el paso del tiempo.
- i) Resistir el desprendimiento catódico.
- j) Debe ser fácilmente reparable.
- k) No debe ser toxico ni contaminante en su interacción con el ambiente.

Para seleccionar uno u otro recubrimiento protector el operador puede usar como referencia la norma NACE SP-0169.

9.2.2.2 Todos los recubrimientos protectores externos deben ser inspeccionados antes, durante y después de bajar la tubería dentro de las zanjas y el relleno; cualquier daño en detrimento del efectivo control de la corrosión se debe reparar.

9.2.2.3 Todos los recubrimientos protectores externos deben protegerse del daño resultante de condiciones adversas en las zanjas u otro tipo de daños.

9.2.2.4 Si la tubería recubierta se instala por lanzamiento u otro método similar, se deben tomar precauciones para minimizar el daño del recubrimiento durante la instalación.

9.2.3 Protección catódica

9.2.3.1 Se debe instalar un sistema de protección catódica, de acuerdo con los criterios establecidos en la norma NACE SP-0169, de manera que se alcance la protección de la red de transporte y distribución.

Se deben realizar periódicamente inspecciones y mediciones eléctricas en las estaciones de monitoreo, para determinar si el sistema de protección está operando apropiadamente.

La efectividad del sistema de protección catódica debe monitorearse anualmente. Se deben realizar inspecciones y ensayos para asegurar su operación y mantenimiento apropiado, de la siguiente manera:

- a) Inspeccionar y verificar los niveles de protección catódica y hacer pruebas eléctricas (aislamiento): 1 vez al año sin exceder 15 meses entre dos ejecuciones consecutivas.
- b) Todas las fuentes de corriente impresa deben chequearse 6 veces al año sin exceder 2 1/2 meses entre dos ejecuciones consecutivas.
- c) Todas las instalaciones de protección catódica por corriente impresa deben inspeccionarse anualmente, como parte del programa de mantenimiento preventivo, para minimizar las fallas durante el servicio.

9.2.3.2 Si se requiere un sistema de protección catódica, se debe instalar durante la construcción o en un plazo menor a 6 meses después de finalizada la construcción o dentro de

un tiempo que garantice que no se afecta la integridad de la línea, realizándole los ajustes y refuerzos necesarios.

9.2.3.3 Las instalaciones eléctricas para la alimentación de las unidades de protección catódica, se deben efectuar de conformidad con las normas técnicas aplicables.

9.2.4 Aislamiento eléctrico

9.2.4.1 Todas las tuberías enterradas o sumergidas deben aislarse eléctricamente de otras estructuras metálicas, a menos que la tubería y las otras estructuras estén interconectadas eléctricamente y protegidas catódicamente como una sola unidad.

9.2.4.2 La efectividad de los accesorios de aislamiento y el aislamiento de los cruces encamisados debe evaluarse periódicamente.

9.2.4.3 En caso de que no se consiga el aislamiento de un cruce encamisado, deben tomarse medidas para mitigar la corrosión de la tubería dentro del encamisado.

9.2.4.4 Se deben realizar inspecciones y ensayos para asegurar que el aislamiento eléctrico es adecuado.

9.2.4.5 Se debe revisar la necesidad de proteger las juntas aislantes contra voltajes inducidos de fallas a tierra y rayos. Estas protecciones pueden ser obtenidas conectando a la tubería ánodos galvánicos enterrados cerca de la junta aislante, mediante celdas de polarización y/u otro método efectivo.

9.2.4.6 Cuando la tubería va paralela a líneas de transmisión eléctricas aéreas se debe considerar la necesidad de mitigar voltaje de corriente AC inducido o sus efectos en la seguridad del personal durante la construcción y operación del gasoducto para el diseño adecuado de conexiones, apantallamiento o técnicas de aterrizaje de corriente; la posibilidad de rayos o voltajes inducidos por fallas en la línea eléctrica de una magnitud suficiente para perforar el recubrimiento o la tubería; posibles efectos adversos en las instalaciones de protección catódica, comunicaciones y otras instalaciones electrónicas; y los efectos corrosivos de sistemas de transmisión eléctrica DC (HVDC).

9.2.5 Estaciones de monitoreo

9.2.5.1 Todas las tuberías protegidas catódicamente deben tener suficientes estaciones u otros puntos de contacto para evaluar la efectividad del sistema de control de la corrosión y requisitos de protección catódica.

9.2.5.2 Todas las conexiones eléctricas para las estaciones de monitoreo se deben realizar mediante soldadura.

9.2.5.3 Todas las conexiones eléctricas se deben realizar de tal forma que se minimice la concentración de esfuerzos en la tubería. Algunos de los métodos aceptables son procesos de soldadura térmica usando óxido de cobre y polvo de aluminio con cartuchos que no excedan 15 gramos u otros materiales que no requieran altas temperaturas.

9.2.5.4 Todas las conexiones eléctricas se deben proteger con un material dieléctrico compatible con el sistema de recubrimiento existente en la tubería.

9.2.6 interferencia eléctrica

9.2.6.1 Los sistemas de protección catódica por corriente impresa deben ser diseñados, instalados y operados para minimizar efectos adversos en las estructuras metálicas existentes..

9.2.6.2 Se deben realizar pruebas de campo para determinar los efectos adversos de interferencia eléctrica de estructuras foráneas sobre la infraestructura de transporte o distribución. Las estructuras foráneas pueden ser otros sistemas de protección catódica de tuberías o instalaciones eléctricas DC. Los efectos de interferencia deben ser mitigados mediante conexiones eléctricas, protección catódica suplementaria, recubrimiento protector y dispositivos de aislamiento.

9.3 CORROSIÓN INTERNA

9.3.1 Teniendo en cuenta la naturaleza e interacción compleja entre los constituyentes del gas (tales como dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, bacterias, etc.) ciertas combinaciones de estas impurezas pueden afectar la condición de corrosión existente. La identificación de un gas como corrosivo únicamente se puede lograr mediante el análisis de las condiciones de operación, contenido de impurezas, monitoreo físico u otras consideraciones. Sin embargo, el gas y las condiciones de operación deben ser monitoreadas y evaluadas sobre una base individual con el propósito de valorar exactamente los efectos de su presencia o ausencia en el sistema de tubería.

Si el gas es corrosivo y a su vez existen otras circunstancias y condiciones operacionales que puedan generar un proceso de corrosión interna, deben utilizarse cupones u otros medios para determinar la eficiencia de la mitigación de la corrosión interna. En este caso cada cupón u otro medio de monitoreo debe ser chequeado 2 veces al año sin exceder 7 1/2 meses entre dos ejecuciones consecutivas. Para el control de la corrosión interna se debe tener en cuenta los lineamientos del estándar práctico para el control de la corrosión interna en tuberías y sistemas de acero NACE SP 0106.

9.3.2 Cuando se remueva un tubo de un sistema de tuberías o se hagan perforaciones en redes en operación por cualquier motivo, la superficie interna debe inspeccionarse para buscar evidencias de corrosión y si se encuentra corrosión interna, se debe:

- a) Investigar los tramos adyacentes de tubería para determinar la extensión de la corrosión interna.
- b) Reemplazar los tramos de tubería afectados.
- c) Tomar medidas para minimizar la corrosión interna

9.3.3 Si el gas contiene más de 5,7 miligramos de sulfuro de hidrógeno por cada metro cúbico (0,25 granos de sulfuro de hidrógeno por cada 100 pies cúbicos), no debe ser transportado a través de sistemas de tuberías.

9.4 CONTROL DE CORROSIÓN ATMOSFÉRICA

9.4.1 Generalidades

Las instalaciones expuestas a la atmósfera deben ser protegidas de la corrosión externa mediante un recubrimiento o protección adecuados.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

La superficie que se recubra debe estar libre de moho, oxido, humedad, polvo, aceite, laca, barniz y demás contaminantes. La preparación de la superficie debe ser compatible con el recubrimiento o protección que se va a aplicar.

El recubrimiento o protección seleccionada debe tener características que brinden adecuado nivel de protección frente al ambiente. Los mismos deben cubrir completamente la superficie expuesta y debe ser aplicada de acuerdo con las recomendaciones o especificaciones del fabricante.

Se debe dar consideración especial para proteger las superficies cercanas al piso o ubicadas en zonas de salpique.

9.4.2 Seguimiento

Las tuberías y los componentes que estén expuestos a la corrosión atmosférica se deben inspeccionar una vez al año, en intervalos que no excedan 15 meses, tomando las medidas correctivas necesarias para mantenerlas protegidas.

9.5 ESTADÍSTICA Y REGISTROS

9.5.1 Se deben llevar registros y planos de la localización de las tuberías y otros elementos de la red de transporte y distribución, de los sistemas de protección catódica, de las estructuras vecinas afectadas por los sistemas de protección catódica o los sistemas que tengan efectos sobre las tuberías, conservándose dichos registros hasta por cinco años.

9.5.2 Se deben llevar registros de los resultados de los ensayos, estudios e inspecciones, así como de las mediciones de potenciales, pruebas de requisitos de corriente, etc. indicados en los subnumerales anteriores, con el objeto de establecer la eficiencia de las medidas de control de la corrosión. Estos registros deben conservarse por cinco años.

10. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas referenciadas son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición de la norma referenciada (incluida cualquier corrección).

NTC 332, Tubería metálica. Roscas para tubería destinada a propósitos generales. (Dimensiones en pulgadas).

NTC 1746, Plásticos. Tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión.

NTC 2057, Metalurgia. Código para calificar el procedimiento para soldar y la habilidad del soldador.

NTC 2104, Tubería metálica. Rosca para tubos en donde la presión-hermética de la junta se hace en los filetes.

NTC 2143, Tubería metálica. Roscas para tubos en donde el sellado de la unión no se hace en los filetes. Parte 1: Dimensiones. Tolerancias y designación.

NTC 2505, Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

NTC 2576, Aparatos mecánicos. Válvulas y mecanismos termoplásticos de corte accionados manualmente para sistemas de distribución de gas.

NTC 2587, Tubos, acoples y accesorios de hierro dúctil y sus juntas, para aplicaciones en gas o agua.

NTC 2689, Elementos mecánicos. Remaches de aluminio y aleación de aluminio. Varillas y alambres para remachar en frío.

NTC 2962, Siderurgia. Fundiciones de hierro ferrítico y dúctil para retención de presión y uso a altas temperaturas.

NTC 3257, Plásticos. Determinación de la base del diseño básico hidrostático para tuberías de material plástico.

NTC 3353, Definiciones y métodos para los ensayos mecánicos de productos de acero.

NTC 3354, Siderurgia. Electrodo y varillas para soldar fundición de hierro.

NTC 3409, Plásticos. Accesorios de polietileno (pe) para unión por fusión a tope con tubería de polietileno (PE).

NTC 3410, Plásticos. Accesorios de polietileno tipo campana para Tubería de polietileno con diámetro exterior controlado tipo IPS o CTS.

NTC 3470, Tubos de acero soldados y sin costura, negros y recubiertos de cinc por inmersión en caliente.

NTC 3538, Aparatos mecánicos. Válvulas metálicas para gas accionadas manualmente para uso en sistemas de Tubería con presiones manométricas de servicio desde 6,8 kpa (1 psi) hasta 861 kpa (125 psi). Tamaños desde 6,35 mm (1/4 pulgadas) hasta 50,8 mm (2 pulgadas).

NTC 3742, Practica normalizada para instalación subterránea de tubos termoplásticos de presión.

NTC 3838, Gasoductos. Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles.

NTC 3944, Tubería rígida de cobre sin costura. Tamaños normalizados.

NTC 3949, Gasoductos. Estaciones de regulación de presión para redes de transporte y redes de distribución de gas combustible.

NTC 4034, Especificación para tornillos y pernos de acero al carbono con 60 000 psi de resistencia a la tracción

NTC 4035, Especificación para tuercas de acero al carbono y aleado para alta presión y servicios de alta temperatura.

NTC 4128, Tubería flexible de cobre sin costuras para gas natural y gases licuados del petróleo.

NTC 4137, Accesorios para Tubería de refrigeración. Especificaciones generales.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

NTC 4138, Accesorios para Tubería de automóvil.

NTC 4282, Instalaciones para suministro de gas destinadas a usos industriales.

NTC 4479, Tornillos y pernos de acero al carbono templados y revenidos.

NTC 4512, Tornillos, pernos y otros elementos de fijación roscados externamente, templados y revenidos, de aleación de acero.

NTC 4514, Materiales para elementos de fijación, de acero inoxidable y aleaciones de acero, para servicio a alta temperatura.

NTC 4534, Dispositivos de transición polietileno-metal para uso en las instalaciones de suministro de gas (elevadores).

NTC 4748, Tubo de línea.

NTC 4991, Soldadura de líneas de tubería y de instalaciones relacionadas

NTC 5747, Gestión de integridad de gasoductos.

ASME B16.1, Cast Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings Classes 25, 125, and 250

ASME B16.5, Pipe Flanges and Flanged Fittings NPS 1/2 Through NPS 24

ASME B16.9, Factory-Made Wrought Steel Butt welding Fittings

ASME B16.11, Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded

ASME B16.20, Metallic Gaskets for Pipe Flanges - Ring-Joint, Spiral-Wound, and Jacketed

ASME B16.24, Cast Copper Alloy Pipe Flanges and Flanged Fittings Class 150, 300, 400, 600, 900, 1500, and 2500

ASME B16.34, Valves - Flanged, Threaded, and Welding End

ASME B16.38, Large Metallic Valves for Gas Distribution (Manually Operated, NPS 2 1/2 to 12, 125 psig Maximum)

ASME B16.42, Ductile Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings Classes 150 and 300

ASME B18.2.1, Square and Hex Bolts and Screws (Inch Series)

ASME B18.2.2, Square and Hex Nuts (Inch series)

ANSI/AWWA C 111/A21.11, Rubber Gasket Joints for Ductile-Iron and Gray-Iron Pressure Pipe and Fittings.

ANSI/AWWA C150/A21.50, Thickness Design of Ductile-Iron Pipe

API 1104, Welding of pipelines and related facilities

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

API 1107, Pipeline maintenance Welding Practices

API SPEC 6A, Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment

API SPEC 6AV1, Specification for Verification Test of Wellhead Surface Safety Valves and Underwater Safety Valves for Offshore Service

API SPEC 6D, Specification for Pipeline Valves (Gate, Ball, and Check Valves)

ASME Boilers and Pressure Vessels Code (BPVC). Section VIII: Pressure Vessels. Section IX: Welding Qualifications.

ASME B31.G, Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines. (Supplement to ASME B31 Code for Pressure Piping)

ASTM A106, Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service.

ASTM A134, Standard Specification for Pipe, Steel, Electric-Fusion (Arc)- Welded (Sizes NPS 16 and Over)

ASTM A135, Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Steel Pipe

ASTM A139, Standard Specification for Electric Fusion (Arc)-Welded Steel Pipe (NPS 4 and Over)

ASTM A320, Standard Specification for Alloy/Steel Bolting Materials for Low-Temperature Service

ASTM A333, Standard Specification for Seamless and Welded Steel Pipe for Low Temperature Service.

ASTM A381, Standard Specification for Metal-Arc-Welded Steel Pipe for Use with High Pressure Transmission Systems.

ASTM A671, Standard Specification for Electric-Fusion-Welded Steel Pipe for Atmospheric and Lower Temperatures

ASTM A672, Standard Specification for Electric-Fusion-Welded Steel for High Pressure Service and Moderate Temperatures

ASTM A691, Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Pipe, Electric-Fusion-Welded for High-Pressure Service at High Temperatures

ASTM A984, Standard Specification for Steel Line Pipe, Black, Plain-End, Electric-Resistance-Welded

ASTM A1005, Standard Specification for Steel Line Pipe, Black, Plain End, Longitudinal and Helical Seam, Double Submerged-Arc Welded

ASTM A1006, Standard Specification for Steel Line Pipe, Black, Plain End, Laser Beam Welded

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

ASTM B280, Standard Specification for Seamless Copper Tube for Air Conditioning and Refrigeration Field Service.

ASTM B88, Standard Specification for Seamless Copper Water Tube

ASTM D789, Determination of solution viscosity of PA resins

ASTM D1598, Sustained Pressure Test

ASTM D 2290, Apparent Ring Tensile Strength

ASTM F1973, Standard Specification for Factory Assembled Anodeless Risers and Transition Fittings in Polyethylene (PE) and Polyamide 11 (PA11) and Polyamide 12 (PA12) Fuel Gas Distribution Systems.

ASTM F2785, Standard Specification for Polyamide 12 Gas Pressure Pipe, Tubing, and Fittings.

ASTM F2767, Standard Specification for Electrofusion Type Polyamide-12 Fittings for Outside Diameter Controlled Polyamide-12 Pipe and Tubing for Gas Distribution.

ASTM F2145, Standard Specification for Polyamide 11 (PA 11) and Polyamide 12 (PA12) Mechanical Fittings for Use on Outside Diameter Controlled Polyamide 11 and Polyamide 12 Pipe and Tubing.

ASTM D 2513, Standard Specification for thermoplastic gas pressure pipe, tubing and fittings

ASTM D2517, Standard Specification for Reinforced Epoxy Resin Gas Pressure Pipe and Fittings

ASTM D2837, Determining long term hydrostatic strength of pipes and HDB

ASTM D4066, Classification system for polyamides

ASTM F1055, Standard Specification for Electrofusion Type Polyethylene Fitting for Outside Diameter Controlled Polyethylene Pipe and Tubing

ASTM F1563, Specification for squeeze-off tools

ASTM F1733, Butt fusion fittings for PA11 and PA12

ASTM F1973, Anodeless risers and transition fittings for PA11 and PA12

ASTM F2145, Mechanical fittings

ASTM F2600, Electrofusion fittings for PA11

CSA-CAN B137.12-02 Polyamide Piping Systems for Gas Services

DVGW VP 642, Fibre-reinforced PE pipes (RTP) and appurtenant jointing fittings for gas pipelines with operating pressures above 16 bar

ISO 1874-1:2010, Plastics -- Polyamide (PA) moulding and extrusion materials -- Part 1: Designation system and basis for specification

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728 (Segunda actualización)

ISO 4437, Buried Polyethylene (PE) Pipes for the Supply of Gaseous Fuels (Metric Series) Specifications.

ISO/TS 18226, Plastics pipes and fittings -- Reinforced thermoplastics pipe systems for the supply of gaseous fuels for pressures up to 4 MPa (40 bar)

ISO 22621-1, Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels for maximum operating pressures up to and including 2 MPa (20 bar) -- Polyamide (PA) -- Part 1: General.

ISO 22621-2, Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels for maximum operating pressures up to and including 2 MPa (20 bar) -- Polyamide (PA) -- Part 2: Pipes.

ISO 22621-3, Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels for maximum operating pressures up to and including 2 MPa (20 bar) -- Polyamide (PA) -- Part 3: Fittings.

ISO 22621-5, Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels for maximum operating pressures up to and including 2 MPa (20 bar) -- Polyamide (PA) -- Part 5: Fitness for purpose of the system.

ISO 22621-6, Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels for maximum operating pressures up to and including 2 MPa (20 bar) -- Polyamide (PA) -- Part 6: Code of practice for design, handling and installation.

MSS SP-6, Standard Finishes for Contact Faces of Pipe Flanges and Connecting-End Flanges of Valves and Fittings

MSS SP-44, Steel Pipelines Flanges

MSS SP-70, Cast Iron Gate Valves, Flanged and Threaded Ends.

MSS SP-71, Gray Iron Swing Check Valves, Flanged and Threaded Ends.

MSS SP-75, Specification for High Test Wrought Butt Welding Fittings

MSS SP-78, Cast Iron Plug Valves, Flanged and Threaded Ends.

NACE SP-0106, Control of Internal Corrosion in Steel Pipelines and Piping Systems

NACE SP-0169, Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems.

PPI TR 3, Policies and Procedures for Developing Hydrostatic Design Basis (HDB), Pressure Design Basis (PDB), Strength Design Basis (SDB), and Minimum Required Strength (MRS) Ratings for Thermoplastic Piping Materials or Pipe

PPI TR 4, Hydrostatic Design Basis (HDB), Hydrostatic Design Stress (HDS), Strength Design Basis (SDB), Pressure Design Basis (PDB) and Minimum Required Strength (MRS) Ratings for Thermoplastic Piping Materials or Pipe

ANEXO A
(Informativo)

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME). *Gas Transmission and Distribution Piping Systems*. Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990; Order Dept.:22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300. 202 págs, ils, 2007. (ANSI/ASME B 31.8:2007).

Adicionalmente existen otros documentos de consulta relacionados tales como:

- [1] AMERICAN GAS ASSOCIATION (AGA). *GPTC Guide for Gas Transmission and Distribution Piping Systems*. 400 N. Capitol St., NW Washington, DC 20001. (ANSI GPTC Z380.1).
- [2] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DEL GAS (SEDIGAS). *Reglamento de Redes y Acometidas de Combustibles Gaseosos*. C\ Balmes, 357 - 6ª 08006 Barcelona.
- [3] U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. *Transportation of Natural Gas and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards*. (DOT 49 CFR Part 192).

**BOGOTÁ**

Carrera 37 No. 52 - 95
Teléfono: (1) 607 8888
Fax: (1) 222 1435
bogota@icontec.org

BARRANQUILLA

Carrera 57 No. 70 - 89
Teléfono: (5)3615400
Fax: (5) 3615499
barranquilla@icontec.org

BUCARAMANGA

Calle 42 No. 28 - 19
Teléfono: (7) 6343322
Fax: (7) 6452098
bucaramanga@icontec.org

NEIVA

Carrera 5 No 10 - 49 Local 8
Centro comercial Plaza Real
Celular: 313 8872006
Fax: (8) 871 36 66 Ext. 152
neiva@icontec.org

CARTAGENA

Avenida Venezuela
Calle 35 B - 05
Edificio Citibank Oficina 8 G
Teléfono: (5) 643 5788
cartagena@icontec.org

IBAGUÉ

Cr. 3 No 3 - 47 Local 1
Hotel internacional casa morales
Teléfono: (8) 2613462,
Fax: (8) 2613462
ibague@icontec.org

PASTO

Calle 18 No. 28 - 84. Piso 2
Edificio Cámara de Comercio
Teléfono: (2) 731 0593
Fax: (2) 731 0593
pasto@icontec.org

VILLAVICENCIO

Carrera 33B No. 48 - 96
Barrio caudal
Teléfono: (8) 6825002
Cel. 300 3099201
villavicencio@icontec.org

MANIZALES

Calle 20 No 22-27
Edificio Cumanday oficina 806
Teléfono: 8845172
Fax: (6) 8808289
manizales@icontec.org

MEDELLÍN

Transversal 5D No. 39 - 191
Teléfono: (4) 319 8020
Fax: (4) 314 0378
medellin@icontec.org

CALI

Av. 4A Norte No. 45N - 30
Teléfono: (2) 664 0121
Fax: (2) 664 1554
cali@icontec.org

PEREIRA

Calle 17 No. 7 - 12 Oficina 902
Edificio Centro Empresarial Pereira
Teléfono: (57) (6) 3241784
Fax: (57) (6) 324 1100
pereira@icontec.org

CÚCUTA

Calle 10 No. 4-38. Torre B. Piso 8
Edificio Cámara de Comercio
Teléfono: (7) 572 0969
cucuta@icontec.org

BARRANCABERMEJA

Calle. 49 No. 12 - 70 Piso 2
Edificio Cámara de Comercio
Teléfono: (7) 6020202
barrancabermeja@icontec.org

ARMENIA

Carrera 14 No. 23 - 15, Piso 2
Edificio Cámara de Comercio
Teléfono: (6) 741 1423
Fax: (6) 741 1423
armenia@icontec.org