

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y NORMATIVIDAD APLICABLE EN
COLOMBIA UTILIZADAS EN REDES INTERNAS DE GAS DOMICILIARIO

LEODOVIT GÓMEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2020

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y NORMATIVIDAD APLICABLE EN
COLOMBIA UTILIZADAS EN REDES INTERNAS DE GAS DOMICILIARIO

LEODOVIT GÓMEZ

Monografía presentada para optar al título de:
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DEL GAS

Director
ERNESTO CALDERÓN CARRILLO.
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería del Gas

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA
2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la memoria de Mélida y Adaleina Gómez (Q.E.P.D.)

A toda mi Familia, en especial a mis dos Hijos: John Alexander y María Clara

AGRADECIMIENTOS

A la Contraloría General de la República por su apoyo permanente

A la Escuela de Ingeniería de la Universidad industrial de Santander, por brindarme esta oportunidad de crecimiento personal y académico.

Al director de la monografía por su colaboración y orientación en la elaboración adecuada del presente trabajo.

Al Ingeniero Félix David Badrán Loreo por sus asesorías técnicas y dedicación incondicional.

A mis compañeros de Especialización y de trabajo, también a aquellas personas que me apoyaron en el logro de esta gran meta.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1 EL GAS NATURAL, USOS Y PROYECCIÓN EN COLOMBIA Y EL MUNDO	14
1.1 ESCENARIOS DEL GAS A NIVEL LOCAL Y MUNDIAL	14
1.2 PRINCIPALES USOS DEL GAS NATURAL.....	16
2 NORMAS INTERNACIONALES Y NACIONALES APLICABLES A INSTALACIONES DOMICILIARIAS DE GAS NATURAL.	19
3 TIPOS DE TUBERÍAS PERMITIDAS EN COLOMBIA PARA INSTALACIONES DOMICILIARIAS DE GAS.....	24
3.1 TUBERÍAS PLÁSTICAS DE USO EN EL PAÍS	24
3.1.1. Tuberías para gas, fabricadas con material de Polietileno (PE).	25
3.2 TUBERÍAS METÁLICAS PERMITIDAS EN COLOMBIA.....	31
3.2.1 Tuberías en Acero.....	32
3.2.1.1. Tuberías en Acero Rígidas.....	32
3.2.1.2 Tuberías Flexibles Corrugadas en Acero	33
3.2.2 Tuberías en Cobre.	34
3.2.2.1 Tuberías en Cobre. Rígida sin costura.....	36
3.2.2.2 Tuberías Flexibles sin costura en Cobre.	37
3.2.3 Tuberías en Aluminio.....	38
3.2.4. Tuberías Multicapas	38
4 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE INSTALACIONES INTERNAS DOMICILIARIAS DE GAS.....	45
4.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS TUBERÍAS	49

4.2. LONGITUD TOTAL DEL TRAMO DE TUBERÍA	49
4.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN	50
5. REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES INTERNAS DE GAS COMBUSTIBLE.....	55
6. CONCLUSIONES.....	60
7. RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA	62

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Reservas probadas de gas natural en el mundo. Posición de Colombia.	14
Tabla 2. Comportamiento de las reservas de gas natural en el País.	16
Tabla 3. Reglamentación indispensable cumplimiento Norma NTC 2505 – Componente Tuberías.	21
Tabla 4. Normatividad nacional que garantiza la aplicación adecuada de la norma técnica colombiana NTC 1746.	25
Tabla 5. Normatividad que aplica en instalaciones domiciliarias internas de gas con tuberías de polietileno (PE).	26
Tabla 6. Diferencias básicas entre tuberías PE 80 y PE 100.	28
Tabla 7. Principales ventajas comparativas entre tuberías de mayor uso en Colombia.	43
Tabla 8. Factor C de la ecuación de Pole, en función del diámetro de la tubería.	47
Tabla 9. Relación longitud/diámetro por accesorios para cálculos de la longitud equivalente.	50
Tabla 10. Tabla de demandas en el ejemplo ilustrativo.	52
Tabla 11. Tabla de caudales y longitudes totales en el ejemplo ilustrativo.	53
Tabla 12. Tabla de cálculo de presiones en el ejemplo ilustrativo.	54
Tabla 13. Oferta académica del Sena relacionada con instalaciones de gas.	57
Tabla 13. (Cont.)	58

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tuberías fabricadas en Polietileno (PE).....	27
Figura 2. Instalaciones de gas usando tuberías fabricadas en Polietileno (PE)....	29
Figura 3. Instalaciones de gas usando tuberías fabricadas en Poliamida (PA).....	30
Figura 4. Rollo continuo de tubería fabricada en Poliamida (PA).....	31
Figura 5. Tubería rígida fabricada en Acero.....	32
Figura 6. Roscadora eléctrica y, Tarraja o roscador manual de tubería.....	33
Figura 7. Tuberías flexibles fabricadas en Acero.	33
Figura 8. Tuberías fabricadas en Cobre.....	34
Figura 9. Boquillas y Soldadura para tubería de cobre	35
Figura 10. Cortador de tubo de cobre	35
Figura 11. Prensas para tubos	36
Figura 12. Tuberías rígidas fabricadas en Cobre.....	37
Figura 13. Tubería enrollada fabricada en Cobre.....	37
Figura 14. Tuberías fabricadas en Aluminio.....	38
Figura 15. Tuberías Multicapas. Corte estructura.	39
Figura 16. Tubería Multicapas tipo PE – AL - PE.....	40
Figura 17. Cortadores de tubería Multicapa.	40
Figura 18. Tubería Multicapas en rollo. Detalle de su estructura.	41
Figura 19. Abocinador de tubería.....	42
Figura 20. Isométrico modelo ejemplo ilustrativo.	51

GLOSARIO

AGA: american gas association. asociación americana de gas.

AISI: american iron and steel institute. instituto americano del hierro y el acero.

ANSI: american national standards institute. instituto nacional estadounidense de estándares.

ASME: american society of mechanical engineers. sociedad americana de ingenieros mecánicos.

ASTM: american society for testing and materials. sociedad americana para pruebas y materiales.

CREG: comisión de regulación de energía y gas. entidad adscrita al ministerio de minas y energía de Colombia.

CSST: corrugated stainless steel tubing. tubería de acero inoxidable corrugado.

GLP: gas licuado del petróleo. combustible que proviene de la mezcla de propano y butano y, otros en menor proporción. se obtiene en la refinación del crudo del petróleo o en procesos al gas natural en plantas especializadas.

ICONTEC: instituto colombiano de normas técnicas y certificación. es una organización privada sin ánimo de lucro.

ISO: international organization for standardization. organización internacional de normalización u, organización internacional de estandarización.

JIS: japanese industrial standard. estándares industriales japoneses.

MIL-STD: military standard. estandarización militar del departamento de defensa de los estados unidos de norteamérica.

NFPA: national fire protection association. asociación nacional de protección contra el fuego.

NGL: natural gas liquids. son hidrocarburos líquidos que provienen del gas natural que se obtienen en procesos en plantas de gas.

NPT: national pipe thread. rosca estadounidense cónica para tubos.

NTC: sigla de norma técnica colombiana. documentos aprobados por el organismo certificador ICONTEC, de obligatorio cumplimiento a nivel Nacional.

ONAC: organismo nacional de acreditación de Colombia. es una organización que ejerce como autoridad de monitoreo en buenas prácticas de laboratorio de la organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE).

PA: poliamida. termoplástico de alta resistencia mecánica, al desgaste, a la fatiga y a la deformación térmica.

PE: polietileno. es uno de los plásticos más comunes. se considera como el polímero más sencillo y el de más bajo precio. con excelente resistencia térmica, al impacto y flexible. se puede manufacturar de baja o alta densidad.

PEX: polietileno reticulado. es un plástico termoestable en donde se entrecruza la estructura molecular de las cadenas de polietileno formando una red tridimensional.

PPI: plastics pipe institute. instituto de tuberías de plástico.

PVC: polyvinyl chloride. policloruro de vinilo. su fórmula es $(C_2H_3Cl)_n$, es un derivado plástico del petróleo en el que se fabrican muchos materiales, entre ellos, algunos tipos de tuberías.

RUT: reglamento único de transporte de gas natural, expedido por la comisión de regulación de energía y gas. es de obligatorio cumplimiento en el territorio nacional.

SAE: society of automotive engineers. sociedad de ingenieros automotores.

RESUMEN

TÍTULO: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y NORMATIVIDAD APLICABLE EN COLOMBIA UTILIZADAS EN REDES INTERNAS DE GAS DOMICILIARIO*

AUTOR: LEODOVIT GÓMEZ**

PALABRAS CLAVE: Norma Técnica, Red Interna de Gas y Uso Domiciliario.

DESCRIPCIÓN: El propósito principal de esta monografía es dar a conocer las características principales que poseen los distintos tipos de tubería permitidas en Colombia para construir instalaciones domiciliarias de gas, destacar las normas técnicas nacionales que regulan su implementación en concordancia con la reglamentación de organismos internacionales rectores del sector. Se pretende, además, destacar las ventajas técnicas comparativas que tienen las tuberías permitidas en Colombia, mostrar si tienen restricciones de uso según sus especificaciones y dar a conocer si existen beneficios particulares al momento de su escogencia para instalar redes internas domésticas de suministro de gas.

Con la presentación de una metodología básica de diseño y el planteamiento normativo que reglamenta las distintas fases que necesita una adecuada instalación domiciliaria de gas y su interrelación con el cumplimiento regulatorio de los elementos que constituyen dichas redes, esto es, materiales y equipos (tuberías en particular), se muestra un escenario completo donde se garantiza una correcta y segura ejecución de dichas construcciones en las que se pretende además obtener beneficios económicos inmediatos o de largo plazo.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas; Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director Ing. Ernesto Calderón Carrillo. Especialista en Ingeniería de Gas.

ABSTRACT

TITLE: MAIN CHARACTERISTICS AND APPLICABLE REGULATIONS IN COLOMBIA USED IN INTERNAL HOME GAS NETWORKS.*

AUTHOR: LEODOVIT GOMEZ.**

KEYWORDS: Technical rules, Internal Gas Network and Home Use

DESCRIPTION: The main purpose of this monograph is to present the main characteristics of the different types of pipes allowed in Colombia to build residential gas installations, highlight the national technical standards that regulate their implementation in accordance with the regulations of international governing bodies in the sector. It is also intended to highlight the comparative technical advantages that the pipes allowed in Colombia have, show whether they have use restrictions according to their specifications and determine if there are particular benefits at the time of their choice to install internal domestic gas supply networks.

With the presentation of a basic design methodology and the normative approach that regulates the different phases that an adequate home gas installation needs and their interrelation with the regulatory compliance of the elements that make up said networks, that is, materials and equipment (pipes in particular), a complete scenario is shown where a correct and safe execution of said constructions is guaranteed, in which it is also intended to obtain immediate or long-term economic benefits.

* Monograph

** Physicochemical Engineering Faculty. Petroleum Engineering School. Director: Ing. Ernesto Calderón Carrillo. Specialist in Gas Engineering.

INTRODUCCIÓN

Para construir las instalaciones internas domiciliarias de gas de manera adecuada, se hace necesario conocer las características de las tuberías permitidas en el País, la normatividad que le es aplicable y, la disponibilidad de suministros y mano de obra calificada para desarrollar dichas actividades.

Es de resaltar, que las normas nacionales se interrelacionan de manera armónica con aquellas prácticas reconocidas a nivel internacional y en tal sentido, se adaptan los criterios a las condiciones propias de nuestras necesidades a nivel local.

Esta monografía, pretende mostrar como los organismos nacionales encargadas de expedir las normas, adoptan las experiencias del orden global y las adaptan al ámbito de nuestro país, considerando las condiciones de territorio, industria y capacitación e infraestructura de todo orden. Para el caso que nos ocupa, todas las normas colombianas relacionadas con las características y especificaciones de las tuberías permitidas en el país, tiene sus normas pares a nivel internacional y a la vez, se complementan con diversas conexas que garantizan su implementación adecuada.

Con la descripción de esas tuberías que son permitidas en el país, se destacarán sus funcionalidades, condicionamientos de uso y las ventajas comparativas que permiten tomar decisiones sobre su uso según criterios del propietario o constructor de la instalación de gas.

De esta forma, se complementan estudios ya realizados con relación a la temática planteada y se presentan recomendaciones sobre futuros análisis que a criterio del autor redundarán en beneficios para el quehacer académico.

1 EL GAS NATURAL, USOS Y PROYECCIÓN EN COLOMBIA Y EL MUNDO

1.1 ESCENARIOS DEL GAS A NIVEL LOCAL Y MUNDIAL

El comportamiento en la producción de gas en Colombia y el mundo es cambiante. La dinámica en las condiciones particulares (económicas o políticas) de cada País, hace que los recursos destinados para la exploración y posible consecución de nuevas reservas sean variables y, por tal motivo, la participación del gas en la canasta energética de cada país dependerá de los nuevos hallazgos que se incorporen a las reservas ya probadas, de las expectativas económicas que se tengan con relación a las mismas (precios internacionales), de las relaciones con otras naciones e incluso, del manejo geopolítico del momento.

En las siguientes tablas, podemos observar las reservas de gas a nivel mundial y el aporte de Colombia en dicho ámbito energético:

Tabla 1. Reservas probadas de gas natural en el mundo. Posición de Colombia.

Reservas Probadas Gas Natural – Tpc						
AÑOS						
	País	2013	2014	2015	2016	2017
1	Rusia	1.234	1.238	1.235	1.230	1.235
2	Irán	1.183	1.183	1.165	1.173	1.173
3	Catar	902	897	888	880	880
4	Turkmenistán	688	688	688	688	688
5	Estados Unidos	324	353	295	309	309
6	Arabia Saudita	274	279	283	284	284
7	Venezuela	219	220	223	225	225
8	Emiratos Árabes	210	210	210	210	210
9	China	119	126	165	194	194
10	Nigeria	171	179	177	184	184
.....	Otros	1.447,59	1.446,09	1.428,56	1.437,68	1.445,79
49	Colombia	5,51	4,76	4,36	4,02	3,90
Totales		6.777	6.824	6.762	6.819	6.832

Fuente: BP Statistical Review of World Energy. 2018.

Desde los años 70^{ss} y con los descubrimientos de gas en La Guajira – Chuchupa y Ballenas, se empezaron a implementar desde el gobierno nacional políticas tendientes a masificar el uso del gas natural a nivel residencial y comercial. Aunado a lo anterior y para garantizar su participación en la canasta energética del país, se han construido a lo largo de la geografía nacional una extensa red de tuberías que transporta desde la fuente de producción o plantas de tratamiento tanto el gas natural – gasoductos -, como el GLP – propanoductos o poliductos, a través de los cuales llegan a la mayoría de Departamentos, ciudades capitales y cabeceras municipales, esos combustibles para satisfacer las necesidades particulares de este tipo de energía que abastecen las industrias, comercios y viviendas, beneficiando así a toda la población.

Pero también, para garantizar la entrega oportuna estos productos y con las calidades establecidas, se construyen infraestructuras de almacenamiento y redes locales para conducir hasta el usuario final la posibilidad de usar como fuente de energía estos combustibles limpios que están al alcance de todos los sectores de la población del País (incluso, en algunos casos, con subsidios establecidos por Ley). Hoy día, la perspectiva del gas en el ámbito nacional se condensa así:

Tabla 2. Comportamiento de las reservas de gas natural en el País.

AÑO	RESERVAS	
	PROBADAS (GPC)	RELACIÓN EN AÑOS RESERVAS /PRODUCCIÓN
2010	5.405	13,6
2011	5.463	13,9
2012	5.727	13,4
2013	5.508	12,1
2014	4.758	11,3
2015	4.361	10,5
2016	4.024	10,3
2017	3.896	11,7
2018	3.782	9,8
2019	3.163	8,1

Fuente: [www.anh.gov.co/Datos y Estadísticas/Reservas](http://www.anh.gov.co/Datos_y_Estadísticas/Reservas).

Para el caso del GLP, en sitios remotos donde no llega tan importante combustible transportado por ductos (y tampoco el gas natural), este se lleva a través de tractocamiones acondicionados (Cisternas) que transitan por las carreteras del País bajo las condiciones impuestas por el Ministerio de Transporte (para el vehículo) y el Ministerio de Minas y Energía (para la carga transportada).

1.2 PRINCIPALES USOS DEL GAS NATURAL

Una vez el gas está en superficie, se somete a procedimientos o técnicas con el fin de extraerle el exceso de agua, endulzarlo, para retirarle minerales suspendidos y demás impurezas de forma tal que alcance las especificaciones o condiciones mínimas exigidas por el reglamento único de transporte (RUT) expedido por la Comisión de regulación de energía y gas - CREG – de forma tal que se le pueda dar múltiples usos entre los que destacan:

- **Reinyección de gas:** Que se usa para entregar a un yacimiento de hidrocarburos una presión adicional que permita la estabilidad del mismo y

otorgue mejores ratas de producción de crudo, condensado o del mismo gas que se produce en un campo específico.

- **Para generar Energía In Situ:** Muchos de los equipos que son requeridos para adelantar ciertas actividades indispensables en las operaciones de campos que producen hidrocarburos, usan el gas natural como combustible para impulsar sus mecanismos y así cumplir sus funciones.
- **Quema controlada de gas:** Por norma, esta actividad está permitida bajo ciertas condiciones para permitir la seguridad operacional en aquellos campos donde se produce gas, sin importar que este sea asociado o libre.
- **Productos Valiosos:** Cuando el gas producido tiene ciertas características en su composición puede ser direccionado a plantas especializadas donde se aprovechan esas condiciones y, a través de procesos industriales es transformado en otros productos como el GLP (gas licuado de petróleo), NGL (Gas Natural Licuado) o incluso en condensado o nafta virgen para conducción de crudos pesados o extra pesados.
- **Uso Residencial, Comercial e Industrial:** El objetivo principal de las compañías operadoras que producen gas y sus derivados, es la comercialización. Estos productos pueden ser usados en su gran mayoría, como combustibles o fuentes de energía a nivel residencial, comercial o industrial. Por lo tanto, una vez el gas es llevado a las condiciones establecidas por el reglamento único de transporte, este es entregado a los gasoductos que se encargan de su transporte por largos trayectos hasta los sitios (generalmente con entregas parciales al paso) donde será consumido en actividades diversas según lo ya expresado.

En esta última forma de uso, se destaca que en la actualidad en el territorio nacional se están abasteciendo y beneficiando con gas natural alrededor de 10 millones de usuarios a nivel residencial, comercial e industrial en 27 de los Departamentos que constituyen la estructura geopolítica del país (excepto Amazonas, Arauca, Guainía, Vaupés y Vichada). Donde además de los hogares colombianos, las termoeléctricas, las refinerías, el sector petroquímico, industrias diversas y el sector

del transporte vehicular, son los que más consumen el gas producido a nivel local o importado.

Así como los gasoductos y las redes de distribución locales deben cumplir con la normatividad del orden nacional y las regulaciones locales, las cuales van de la mano con estándares internacionales, las instalaciones que se construyen al interior de las edificaciones o infraestructura, sean estas residenciales, comerciales o industriales, deben cumplir el rigor de lo establecido por los manuales de las empresas que prestan ese servicio de interés público, utilizando los elementos e insumos autorizados que a su vez reúnen una serie de características definidas por normas particulares de acuerdo a las actividades que deben desarrollarse.

De todos los elementos, equipos, insumos y productos que constituyen el paquete para garantizar la mejor instalación interna posible de gas natural (legal, eso sí) en el territorio nacional, este estudio hará énfasis en las tuberías permitidas para tal fin y, su interrelación con las normas que le son aplicables en Colombia desde las perspectivas de sus características y especificaciones garantizando así el cumplimiento de lo establecido por las autoridades y entidades competentes.

2 NORMAS INTERNACIONALES Y NACIONALES APLICABLES A INSTALACIONES DOMICILIARIAS DE GAS NATURAL.

Las normas internacionales responden al esfuerzo de una serie de organizaciones que se dedican a estudiar y analizar distintos aspectos relacionados con un tema de interés mutuo y particular. De la inter relación de experiencias, conceptos, criterios, ensayos, pruebas y de necesidades que requieren satisfacerse, se emiten una serie de normas que responden a esa necesidad de cumplir con unos estándares que garanticen con seguridad unas condiciones mínimas para el logro de los objetivos planteados.

A nivel local, cada país, adopta y adapta a sus propias condiciones los aspectos normativos que le son útiles para desarrollar en su entorno las actividades que se tratan en normas trasnacionales acordes con los temas de interés particular. Por lo tanto, la normatividad del orden nacional contendrá en lo posible elementos espejo de normas internacionales en los que las coincidencias serán inevitables, así como aspectos netamente locales que hablan de lo particular o singular en su ámbito de aplicación por lo que en esos aspectos podrá alejarse de algunos de los contenidos de las normas internacionales respectivas.

Para el tema que nos ocupa, es claro que la carta rectora a nivel internacional es la norma ASME 31.8., la cual contiene todos aquellos aspectos relevantes sobre las características, calidades y especificaciones que deben cumplir las tuberías que se utilizan en instalaciones internas domiciliarias para conducción de gas.

En el país, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) a través de la Norma Técnica Colombiana NTC 2505 “INSTALACIONES PARA SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLES DESTINADAS A USOS RESIDENCIALES Y COMERCIALES”, aborda los distintos aspectos que deben cumplirse en relación con las instalaciones internas domiciliarias de gas natural. Contiene esta norma, las definiciones básicas, las condiciones generales de diseño, los materiales y equipos que deben usarse, los requisitos de construcción de las

instalaciones, las verificaciones y ensayos de rigor, la puesta en servicio de las instalaciones y, las referencias normativas que le son aplicables.

En relación con este último aspecto (referencias normativas), es claro que la norma NTC 2505 se apalanca además de la norma internacional ya reseñada, en otras muchas del orden transnacional emanadas por organizaciones reconocidas como: ANSI, ASME, ASTM, ISO, entre otras. Pero también, otras muchas normas NTC son indispensables para garantizar el cabal cumplimiento de lo contenido en la norma técnica colombiana NTC 2505.

Dado el amplio espectro de regulaciones que la norma NTC 2505 “INSTALACIONES PARA SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLE DESTINADAS A USOS RESIDENCIALES Y COMERCIALES” contiene, las cuales son de estricto cumplimiento, destacaremos desde el acápite de materiales y equipos, sólo aquellas normas que impactan lo relacionado con las tuberías permitidas en el país para las instalaciones de redes domiciliarias de gas natural, estas son:

Tabla 3. Reglamentación indispensable cumplimiento Norma NTC 2505 – Componente Tuberías.

Norma Técnica Colombiana	Título	Norma Internacional Equivalente
NTC 332	Tubería Metálica. Roscas para tubería destinada a propósitos generales. Dimensiones en pulgadas.	ANSI/ASME B1.20.1
NTC 1746	Plásticos. Tubos y Accesorios Termoplásticos para la Conducción de Gases a Presión	ASTM D2513:04 a
NTC 2104	Tubería Metálica. Rosca para tubos donde en donde la presión-hermética de la junta se hace en los filetes.	ISO 7-1
NTC 2249	Tubería Metálica. Tubos de acero al carbono, con o sin costuras, para usos comunes. Aptos para ser roscados.	ISO 65
NTC 3470	Tubería Metálica. Tubos de acero soldados y sin costuras, negros y recubiertos de cinc por inmersión en caliente.	ASTM A53/A53M
NTC 3742	Práctica normalizada para instalación subterránea de tubos termoplásticos de presión	ASTM D2774
NTC 3944	Tubería rígida de cobre sin costura. Tamaños normalizados.	ASTM B -42.
NTC 4128	Tubería flexible de cobre sin costuras para gas natural y gases licuados del petróleo (GLP).	ASTM B837-93
NTC 4579	Tubería corrugada de acero inoxidable para uso con combustibles gaseosos en edificaciones residenciales y comerciales	N.A.
NTC 5071	Soldadura química en frío para tuberías rígidas de cobre y sus accesorios para gas natural y gases licuados del petróleo.	N.A.

Fuente: Norma NTC 2505. Icontec

Es claro que mientras el Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI), la Organización Internacional de Normalización (ISO) y muchas de las agremiaciones, y sociedades de reconocimiento internacional que son líderes en el desarrollo e implementación de normas de todo tipo, en particular en el sector de petróleo y Gas, tienen alrededor de 100 años de experiencia en la estructuración y puesta en marcha de estándares en distintos ámbitos del quehacer humano, el Instituto

Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) nació a principios de los años 60' por lo que su gran parte de sus reglamentaciones se sustentan en los ensayos y experimentaciones que adelanta distintas organizaciones que se validan por fuera de nuestras fronteras.

Cabe además destacar, que en muchos de esos países que están a la vanguardia en el desarrollo industrial y tecnológico de muchas actividades que dinamizan la economía, las asociaciones de profesionales particulares (ej: ASTM, ASME, etc.) e incluso las Fuerzas Militares y las Agencias Aeroespaciales, siempre han adelantado estudios y pruebas que se estandarizan y que sirven de insumo para ser aplicadas en el contexto internacional por aquellas empresas conexas a la especificidad de lo allí normado. Por lo antes mencionado, se observa que son agremiaciones de reconocido prestigio y que el resultado de sus experiencias goza de aceptación reconocida en sus ámbitos de aplicación, aun cuando no necesariamente sean estas las organizaciones rectoras en sus países en la expedición de normas.

Otro aspecto diferencial es que mientras en dichos países existen cientos de asociaciones en representación de la industria, del estado, del comercio e incluso de los consumidores y que a todos se les consulta sobre los beneficios y posible aplicación de cualquier aspecto contenido en una posible norma, en el país, son pocas las organizaciones, empresas de servicios y entidades (estatales y particulares) las que se enteran y dan su opinión sobre la pertinencia de alguna norma que puede ser emitida. Eso sí, con el respaldo de alguna norma internacional que sustenta aquella que será aprobada para su uso a nivel local.

Lo que si se conserva tanto en el exterior como a nivel país es la necesidad de aplicar cualquier norma de la mano con aquellas otras que la complementan, indistintamente que estas últimas sean impartidas por la autoridad nacional o provenga de organizaciones internacionales relacionadas con la actividad estandarizada.

En el caso de las tuberías utilizadas en instalaciones internas domiciliarias en el país, siempre lo reglamentado tiene como sustento una o más normas

internacionales además de aquellas de obligatorio cumplimiento para el desarrollo global de lo estipulado en cada norma particular según el tipo de tubería (ej: accesorios, ensayos, etc.), por lo que las autoridades locales siempre exigen el cumplimiento integral de lo allí establecido.

Luego, cómo se menciona en párrafos anteriores, en esencia las normas nacionales adoptan los aspectos fundamentales de aquellas normas internacionales que son de su interés y, las adaptan a las condiciones locales para que su aplicabilidad se garantice en el entorno que se maneja en el país.

3 TIPOS DE TUBERÍAS PERMITIDAS EN COLOMBIA PARA INSTALACIONES DOMICILIARIAS DE GAS

La norma técnica colombiana NTC 2505 “INSTALACIONES PARA SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLES DESTINADAS A USOS RESIDENCIALES Y COMERCIALES”, establece en su numeral 4.1 “Tuberías”, los criterios y/o especificaciones que deben cumplir los distintos tipos de tuberías que pueden ser utilizadas en las instalaciones residenciales o comerciales de gas que se construyan en Colombia.

Hace además una clasificación de las mismas y las divide como tuberías plásticas y, tuberías metálicas (rígidas y flexibles), manifestando para cada caso que normas deben cumplir y en qué casos es recomendable su uso.

3.1 TUBERÍAS PLÁSTICAS DE USO EN EL PAÍS

El Numeral 4.1.1 Tuberías Plásticas de la norma NTC 2505 establece que para este tipo de tuberías se debe cumplir lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 1746, y además condiciona su uso únicamente en instalaciones enterradas.

A su vez, la referida norma NTC 1746 cuya denominación es: “PLÁSTICOS. TUBOS Y ACCESORIOS TERMOPLÁSTICOS PARA CONDUCCIÓN DE GASES A PRESIÓN” es una adopción modificada (MOD) de la norma ASTM D2513:04 a, la cual fundamenta su estructura en normas emanadas de diversos organismos internacionales de reconocida credibilidad entre los que se destacan ASTM, ANSI, MIL – STD, ISO, NFPA y PPI, además de aquellas referencias normativas internas conexas que se muestran a continuación:

Tabla 4. Normatividad nacional que garantiza la aplicación adecuada de la norma técnica colombiana NTC 1746.

Norma Colombiana	Título	Norma Internacional
NTC 595	Método de ensayo para determinar las propiedades de tensión en plásticos	ASTM D638
NTC 718	Acondicionamiento de plásticos para ensayos	ASTM D618
NTC 1144	Números preferidos. Series de números preferidos	ISO 3
NTC 2576	Aparatos mecánicos. Válvulas y mecanismos termoplásticos de corte accionados manualmente para sistemas de distribución de gas	ANSI/ASME B16.40
NTC 3257	Plásticos. Determinación de la base de diseño hidrostático para tuberías de material termoplástico	ASTM D2837
NTC 3358	Determinación de las dimensiones de tubos y accesorios termoplásticos	ASTM D2122
NTC 3576	Plásticos. Método de ensayo para determinar la tasa de flujo de termoplásticos por medio de un plastómetro de extrusión	ASTM D1238
NTC 3578	Tuberías termoplásticas para la conducción de fluidos. Resistencia a la presión interna. Método de ensayo	ISO 1167:96
NTC 3579	Plásticos. Determinación de la presión hidráulica de rotura a corto plazo en tubos y accesorios de plástico	ASTM D1599
NTC 3742	Práctica normalizada para instalación subterránea de tubos termoplásticos de presión	ASTM D2774
NTC 4392	Método de ensayo para determinar la resistencia a la tensión aparente del anillo o de plástico tubulares y plásticos reforzados mediante el método del disco muescado	ASTM D2290

Fuente: Norma NTC 1746. Icontec.

3.1.1. Tuberías para gas, fabricadas con material de Polietileno (PE). Gran parte de este tipo de tuberías (plásticas) son elaboradas en polietileno, la cual tiene bajo peso (liviana), por lo que se hace fácil su manejo y transporte permitiendo unas altas tasas de rendimiento al realizar su instalación. Se pueden lograr largos tramos

de tubería sin necesidad de accesorios dado que algunas de sus presentaciones son rollos hasta de 150 metros de longitud y así se consiguen economías en tiempos de instalación, en topografías agrestes y en menores cantidad de acoples al momento de realizar lo inicialmente proyectado y aprobado.

Las referencias normativas suplementarias requeridas para las instalaciones domiciliarias de gas construidas con este tipo de, tuberías se resumen así:

Tabla 5. Normatividad que aplica en instalaciones domiciliarias internas de gas con tuberías de polietileno (PE).

Norma Colombiana	Título	Norma Internacional Equivalente
NTC 2935	Plásticos. Materiales de polietileno para tubos y accesorios.	ASTM D3350
NTC 3409	Plásticos. Accesorios de polietileno- PE- para unión por fusión a tope con tubería de polietileno.	ASTM D3261
NTC 3410	Plásticos. Accesorios de polietileno tipo campana para tubos de polietileno. Tipo IPS y CTS, con diámetro exterior controlado.	ASTM D2683
NTC 3576	Plásticos. Método de ensayo para determinar la tasa de flujo de termoplásticos por medio de un plastómetro de extrusión	ASTM D1238

Fuente: Norma NTC 2505. Icontec.

El acabado interior de esta tubería (con baja rugosidad) minimiza las pérdidas de presión al transportar gas natural o GLP, además de garantizar una alta impermeabilidad, y por la composición química de los elementos que constituyen los tubos plásticos, no se presenta en estos la corrosión ni se corre el riesgo de interacción con los componentes del gas que se transporta.

Tiene además este tipo de tubería, una excelente resistencia mecánica, por lo que esta característica adicionada a las ya mencionadas, garantizan que las

instalaciones en este material tengan una larga vida útil que permite su uso ininterrumpido por varios lustros (Pudiéndose alcanzar incluso los 50 años de vida útil).

Figura 1. Tuberías fabricadas en Polietileno (PE).



Fuente: Aristegui maquinaria. www.aristegui.info

Las uniones entre tuberías plásticas y la amplia gama de accesorios de que se dispone, pueden hacerse por medio de fusiones térmicas o eléctricas del polietileno que constituye dichos elementos y estas actividades deberá realizarse por personal capacitado en instituciones avaladas para certificar en dichas labores y, el tipo de técnica utilizada, dependerá de las herramientas con que cuente el instalador pero en todo caso, los elementos sufren un calentamiento que origina una plastificación que permite su unión y de esta forma, estos se conectan por presión en un intervalo necesario de tiempo para que se dé una fusión molecular entre ellos.

Las tuberías fabricadas con material de, Polietileno se pueden conseguir de dos calidades diferentes denominadas PE 100 y PE 80.

Tabla 6. Diferencias básicas entre tuberías PE 80 y PE 100.

Tubería	PE 80		PE 100	
RDE	7	11	11	17
Tamaño	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
Nominal		3/4"	3/4"	3/4"
		1"	1"	1"
Usos:	Redes de gas natural con presiones hasta 7 bares o GLP con presiones hasta 1 bar		Redes de gas natural con presiones hasta 10 bares o GLP con presiones hasta 1 bar	
También se fabrican rollos de tubería de 150 metros de longitud en todas las calidades.				

Fuente: Fichas técnicas. Catálogos empresariales. www.extrucol.com/gas

Con el uso de este tipo de uniones por fusión, las herramientas especializadas utilizadas permiten que el accesorio y la tubería se conviertan en un solo material, constituyendo así la termofusión a tope o a socket. De esta forma, se minimizan las posibles fugas, se permite conservar los diámetros internos y se obtienen curvaturas adecuadas que evitan el estrangulamiento de la tubería sin que ocurra una probable falla en la misma. Así, se puede garantizar una instalación segura sin necesidad de requerir pegamentos, adhesivos o elementos de soldadura adicionales.

Pero, además, al ser este tipo de instalaciones compatible con tuberías y accesorios de calidades diferentes, se permite crear sistemas que complementan elementos de distintas características y diámetros. Y por estar generalmente enterrada y no tener un amplio espectro de ser reciclado, se minimizan las probabilidades de daños o de robos del material utilizado en la red construida.

Figura 2. Instalaciones de gas usando tuberías fabricadas en Polietileno (PE).



Fuente: Aristegui maquinaria. www.aristegui.info

3.1.2. Tuberías de presión para gas, fabricados con material de Poliamida (PA).

Las tuberías fabricadas con Poliamida para conducción de gas natural permitidas en, Colombia deben cumplir lo contenido en la norma técnica NTC 6105: “SISTEMAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS PARA EL SUMINISTRO DE COMBUSTIBLES GASEOSOS. SISTEMAS DE TUBERÍAS DE POLIAMIDA NO PLASTIFICADA (PA-U) CON UNIONES POR FUSIÓN Y UNIONES MECÁNICAS”. Dicha norma establece las propiedades generales de los compuestos de poliamida no plastificada para la fabricación de tuberías, accesorios y válvulas hechas de estos compuestos que se usarán enterrados y para el suministro de combustibles gaseosos.

Figura 3. Instalaciones de gas usando tuberías fabricadas en Poliamida (PA).



Fuente: Aristegui maquinaria. www.aristegui.info

Este tipo de tubería, puede soportar una presión de operación que alcanza hasta los 18 bares, valor que está por encima de lo que alcanza cualquier otro tipo de tubería de origen plástico. Sus costos de instalación y mantenimiento son bajos y, en su instalación, los procesos de unión por fusión térmica o eléctrica se pueden realizar con los mismos equipos y procedimientos utilizados para tuberías de Polietileno (PE).

En comparación con otras instalaciones o redes de tuberías, la poliamida puede soportar presiones y temperaturas de funcionamiento mucho más altas, tienen mayor resistencia a la tracción e incluso pueden usarse en ambientes agrestes por lo que pueden estar enterradas y, cuentan además con un coeficiente de rugosidad bajo que permite un alto flujo del gas que conduce.

Al ser la poliamida un polímero que es liviano y flexible, puede ser enrollado en largas longitudes por lo que se facilita su transporte y permite su adaptabilidad al lugar de trabajo, reduciendo así la cantidad de conexiones requeridas.

Figura 4. Rollo continuo de tubería fabricada en Poliamida (PA).



Fuente: Covasa. www.covasa.com.es

Por último, bajo la categoría de tuberías plásticas están también permitidas para construir instalaciones domiciliarias de gas, pero se usan a menor escala aquellas fabricadas con compuestos de Policloruro de vinilo (PVC), las producidas a partir de un material de Polietileno reticulado (PEX), las tuberías a presión para gas y accesorios fabricados con materiales de Polietileno (PE) con la designación de resistencia mínima requerida (MRS) y las tuberías para gas a presión producidas a partir de materiales de Polietileno magnéticamente detectable (MDPEMAG/HDPEMAG) con concentraciones de hasta el 24 % (porcentaje en peso) de ferrita de estroncio (SrFe).

3.2 TUBERÍAS METÁLICAS PERMITIDAS EN COLOMBIA

El numeral 4.1.2 de la norma técnica colombiana NTC 2505: “Tuberías metálicas (rígidas y flexibles)”, inicialmente establece que para la conducción de gas no se podrán usar tuberías fabricadas en hierro fundido. A la vez, limita la división de este tipo de tuberías en aquellos materiales que pueden ser fabricados, estos son: Acero, Cobre y, Aluminio. Define además que, las mismas pueden ser, en cualquier caso, rígidas o flexibles.

3.2.1 Tuberías en Acero. Las tuberías fabricadas en acero se dividen en: Rígidas y flexibles corrugadas.

3.2.1.1. Tuberías en Acero Rígidas. Por norma, para que se considere en esta categoría, la tubería debe ser mínimo Cédula 40 y cumplir al menos una de las siguientes normas: ANSI/ASME. B36.10, NTC 3470 (ASTM A 53), ASTM A106 o NTC 2249.

Se destacan en este tipo de tuberías las manufacturadas en Acero al carbono que debe cumplir lo establecido en la norma ASTM A 53 (en Colombia, NTC-3470), se fabrica con acero laminado en caliente siguiendo las normas AISI/SAE (1008,1010 y 1015), JIS SPHT (3132) y ASTM A1011.

Figura 5. Tubería rígida fabricada en Acero.



Fuente: Portafolio Mayun. www.mayun.com.co

De acuerdo con la normativa colombiana sobre tuberías de Acero al carbono, en las instalaciones internas de gas se pueden utilizar tubos con o sin costura, negros o recubiertos con Zinc por inmersión en caliente, aptos para conexiones por medio de roscas de tipo NPT, según las especificaciones de la norma NTC 332, o por medio de soldadura, bajo las especificaciones de la norma ANSI B31.8 y NTC 2057.

Es posible también utilizar tubos de acero con o sin costura aptos para ser roscados, fabricados de conformidad con las especificaciones de la NTC 2249. Cuando se utiliza este tipo de tubería, sus conexiones pueden ser roscadas, pero se usa únicamente el tipo de rosca cilíndrica, que no debilita la parte final de la tubería. En los casos en que la tubería presente recubrimientos con zinc se garantizará la buena calidad de éste.

Figura 6. Roscadora eléctrica y, Tarraja o roscador manual de tubería.



Fuente: Ridgid. www.ridgid.com/corte-y-preparación-de-tuberias

3.2.1.2 Tuberías Flexibles Corrugadas en Acero. En esta categoría, estarán todas aquellas que cumplan la Norma Técnica Colombiana NTC 4579. La más utilizada es la tubería flexible corrugada de acero inoxidable, tipo CSST, que se fabrica además cumpliendo las especificaciones de la norma ANSI /AGA LC1. Esta clase de tubería se utilizará para presiones menores o iguales a 345 milibar (5 psig).

Figura 7. Tuberías flexibles fabricadas en Acero.



Fuente: Dinámica. www.dinatecnica.com.ar

3.2.2 Tuberías en Cobre. Las tuberías fabricadas con cobre además de ser utilizadas para las instalaciones de gas, se usan en sistemas de agua o térmicos, entre otros. Debido a sus propiedades naturales no padece problemas por corrosión, posee una alta resistencia y conserva en el tiempo sus características fisicoquímicas, lo que permite que puedan ser usadas en instalaciones a la vista, expuestas a condiciones del ambiente sin requerir tratamientos adicionales de protección.

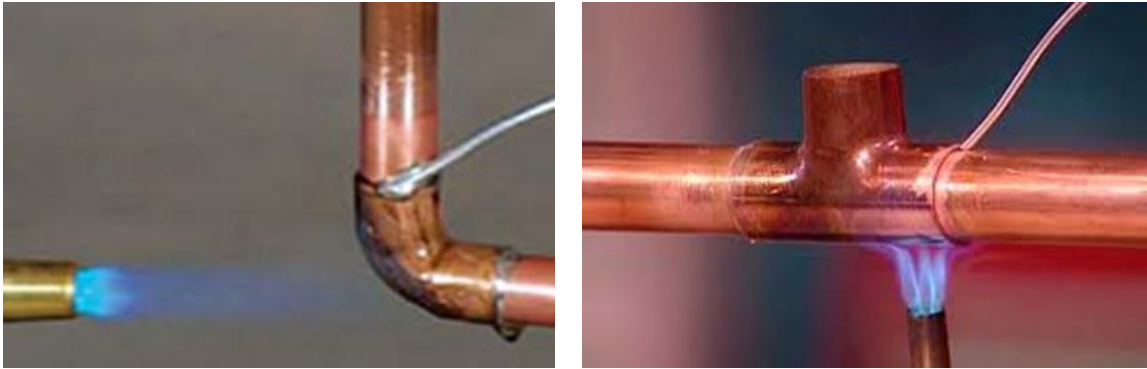
Figura 8. Tuberías fabricadas en Cobre.



Fuente: Tuvalrep. www.tuvalrep.com.co

Además de su alta durabilidad que se acompaña de una gran ductilidad, estas tuberías son de fácil manipulación, conservan sus características antibacteriales con el paso del tiempo y resiste altas temperaturas sin llegar a su punto de fundición. Las instalaciones con tubería en cobre, requieren el uso de soldaduras elaboradas en estaño, plata o combinaciones diversas de metales compatibles.

Figura 9. Boquillas y Soldadura para tubería de cobre



Fuente: Todo Ferrería. <http://todoferreteria.com.mx/>

Las tuberías en cobre tienen ventajas en el sentido de que no sufren al ser atacadas por los gases ni padecen alteraciones al contacto con el medio ambiente, resisten perfectamente las presiones de trabajo que se presentan en cualquier instalación con un rendimiento óptimo por largo tiempo, lo que se traduce en dos beneficios directos: una gran rentabilidad y vida útil prolongada que se conlleva a muchos años de tranquilidad y mantenimiento escaso.

Algunas de las herramientas que se usan para realizar de manera adecuada las instalaciones internas de gas usando tuberías de Cobre, se muestran a continuación:

Figura 10. Cortador de tubo de cobre



Fuente: Grainger. <https://www.grainger.com.mx/producto/ROTHENBERGER-Cortador-de-Tuberia>

Figura 11. Prensas para tubos



Fuente: Ridgid. www.ridgid.com/corte-y-preparación-de-tuberias

Las tuberías en cobre permitidas en Colombia deben ser fabricadas sin costura, esto es, producidas con una periferia continua en todas las etapas de la operación de su manufactura. Con dicha característica, se pueden presentar bajo dos condiciones diferentes, como tubería rígida o flexible.

3.2.2.1 Tuberías en Cobre. Rígida sin costura. La tubería rígida sin costura se elabora conforme a las dimensiones particulares comercialmente conocidas como dimensiones de tubería normalizadas y se caracteriza porque al ser doblada modifica su sección transversal. En el país debe cumplir lo establecido en la norma técnica colombiana NTC 3944: “TUBERÍA RÍGIDA DE COBRE SIN COSTURA. TAMAÑOS NORMALIZADOS” que corresponde o es equivalente a la norma internacional ASTM B-42.

Figura 12. Tuberías rígidas fabricadas en Cobre.



Fuente: Tuvalrep. www.tuvalrep.com.co

3.2.2.2 Tuberías Flexibles sin costura en Cobre. Las tuberías flexibles se caracterizan porque al ser enrollada no se modifica su sección transversal y para el caso particular del país, deben cumplir lo que estipula la norma técnica colombiana NTC 4128: “TUBERÍA FLEXIBLE DE COBRE SIN COSTURAS PARA GAS NATURAL Y GASES LICUADOS DEL PETRÓLEO” que corresponde o es equivalente a la norma internacional ASTM B837-93.

Figura 13. Tubería enrollada fabricada en Cobre.



Fuente: Tuvalrep. www.tuvalrep.com.co

3.2.3 Tuberías en Aluminio. Este tipo de tuberías, pueden fabricarse en Aluminio puro o en aleaciones de Aluminio y deben cumplir lo establecido por la norma internacional ASTM B345. Su presentación será rígida o flexible y deberá evitarse ser usada en exteriores, siempre protegiéndose de la corrosión. Aun así, aquellas tuberías manufacturadas en aleaciones de Aluminio, resisten mejor aquellos ambientes ligeramente húmedos o el contacto prolongado con algunos materiales específicos.

Figura 14. Tuberías fabricadas en Aluminio.



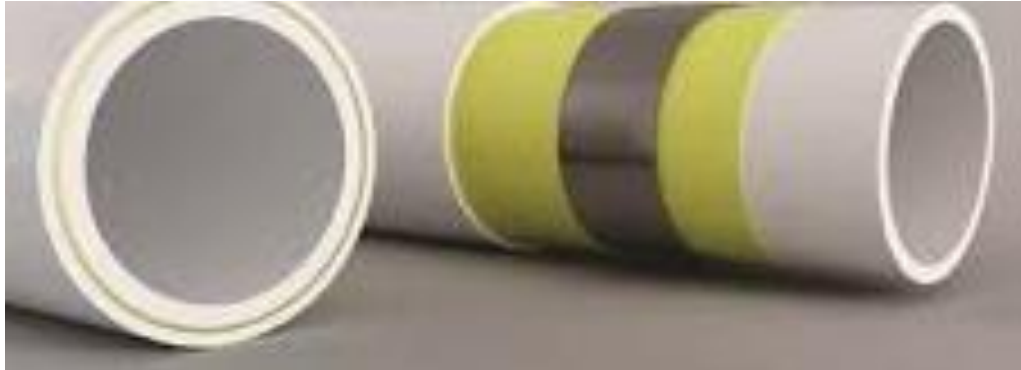
Fuente: Sasa Alloy. <https://www.sasaalloy.com/es/>

Entre las tuberías metálicas, aquellas fabricadas en aluminio son las más livianas, lo que permite que su manipulación sea mucho más ágil y, además, las instalaciones son mucho más limpias.

3.2.4. Tuberías Multicapas. Este tipo de, tuberías debe cumplir lo establecido en las normas ISO 17484-1 o AS 4176 y tendrán que protegerse de la luz solar directa. En esta categoría de tuberías, las de mejor aceptación y por lo tanto las más usadas en el país son aquellas elaboradas en capas de polietileno (PE / AL / PE, PE-X / AL / PE-X).

Las tuberías multicapas están constituidas por un tubo flexible de aluminio, que se encuentra recubierto interna y externamente por una capa de plástico tipo HDPE (polietileno) que se adhiere generalmente al metal mediante un sistema de extrusión resistente a los rayos ultravioleta y con el uso de agentes químicos diversos.

Figura 15. Tuberías Multicapas. Corte estructura.



Fuente: Aristegui maquinaria. <https://www.aristegui.info/caracteristicas-y-usos-tubo-multicapa/>

Entre las propiedades que mejor identifican a este tipo de tuberías están: su estanqueidad, paredes lisas, resistencia a la abrasión, resistencia química, fácil instalación, rápida, limpia y segura. Tienen, además, larga vida útil, son resistentes al calor y, de fácil manipulación y transporte.

Figura 16. Tubería Multicapas tipo PE – AL - PE.



Fuente: Plomerama. www.plomerama.mx

Además de ser una tubería enrollable, permite la conducción de gas combustible, sea este metano (gas natural) o GLP (gas propano, butano o una mezcla de estos), son de fácil manejo y su instalación se acompaña de accesorios versátiles que permiten una instalación rápida y segura lo que redunda en ahorros de tiempo y pagos por mano de obra calificada.

Figura 17. Cortadores de tubería Multicapa.



Fuente: Premac. <https://www.premac.co/>

Al ser flexible permite radios de curvatura diversos y por poseer paredes internas lisas en ese tipo de material plástico, no se depositan sedimentos ni se presenta corrosión lo que permite a estas instalaciones largos periodos de vida útil que pueden alcanzar alrededor de 10 lustros de trabajo en un amplio rango de condiciones de presión y temperatura.

Figura 18. Tubería Multicapas en rollo. Detalle de su estructura.



Fuente: Cobre y Bronce S.A.S. <http://cobreybronce.com/tuberia-pealpe-gas/>

Con el uso de largos tramos de tubería y menos accesorios de acople y por sus características de resistencia, con el uso de este tipo de tubería, se reduce la posibilidad de que se presenten fugas, garantizando los parámetros de seguridad exigidos por las autoridades.

Figura 19. Abocinador de tubería



Fuente: Beta Tools. <https://www.beta-tools.com/es/>

Finalmente, es de resaltar que el abastecimiento de estos tipos de tubería en el país está garantizado a través de almacenes especializados, ferreterías y cadenas de grandes superficies que suministran productos de fabricación nacional o importados. Las firmas constructoras de gran envergadura o aquellas que realizan obras que requieren cantidades importantes de algún tipo particular de tubería y sus accesorios, generalmente hacen compras anticipadas sobre pedido para garantizar el suministro respectivo.

De lo presentado en el presente capítulo, presentamos a continuación una tabla resumen que muestra las principales ventajas comparativas entre los tipos de tubería de mayor uso en Colombia, esta es:

Tabla 7. Principales ventajas comparativas entre tuberías de mayor uso en Colombia.

Ventajas comparativas entre tuberías permitidas en Colombia				
Actividades	Tipo de tubería			
	Acero SCH 40	Cobre	PE	PE-AL-PE
Instalación de tubería	Compleja	Fácil	Compleja	Fácil
Costos de adquisición	Bajos	Altos	Medios	Medios
Costos en mano de obra	Medios	Medios	Altos	Medios
Instalación de anclajes	Compleja	Fácil	N.A.	Fácil
Costos de anclajes	Altos	Bajos	N.A.	Bajos
Obras complementarias	Mínimas	Mínimas	Muchas	Mínimas

Fuente: Análisis y elaboración del Autor de la Monografía.

De este análisis gráfico podemos destacar que, aunque todos estos tipos de tubería se instalan en todo el país y que contamos con mano de obra calificada para hacerlo, existen características y criterios que se consideran al momento de su elección:

- Las herramientas que se requieren para realizar las instalaciones difieren de manera fundamental dependiendo del tipo de tubería. Sólo las tuberías plásticas debido al tipo de fusión térmica que le es común, pueden utilizar casi que las mismas herramientas al momento de su instalación y por la misma condición no requieren elementos adicionales al calor, para garantizar una adecuada unión entre sus elementos constitutivos.
- Cada tipo particular de tubería metálica requiere herramientas específicas para poder ser instaladas, pero, además se necesitan otros elementos en cada caso para permitir la unión entre las partes que constituyen estas redes. Así, al usar acero rígido se usan tarrajas, materiales epóxicos, accesorios, acoples y racores que permiten la continuidad de la instalación mientras que, si se usa cobre, se requerirá de cortadores y otras herramientas exclusivas para este material además de soldaduras especiales que garanticen la unión adecuada entre sus partes.

- La necesidad de obras complementarias y el uso de anclajes también juegan un papel preponderante al momento de realizar algunas instalaciones de redes internas de gas, por lo que el uso de aquellas que se presentan en forma de rollos con bajo peso ha adquirido interés en el sentido de garantizar menos tiempo de instalación y menores puntos de posibles fugas.
- En ocasiones, el uso de uno u otro tipo de tubería está condicionado a la garantía de abastecimiento de los materiales, sea porque se cuenta con inventarios de estos o porque el mercado lo determina. En otros casos especiales, la calidad o estrato de la vivienda exige el uso de cierto tipo de material o incluso, la solicitud expresa del propietario del inmueble puede determinar la utilización de la calidad de tubería en la instalación interna de gas.
- En todos los casos, es necesario cumplir con las exigencias de las autoridades y las empresas de servicios públicos locales en lo relacionado con diseños, calidades, pruebas y demás requisitos de Ley. Siempre, el factor principal para la escogencia de la tubería es el precio, a menos que se especifique algo distinto a los diseños y cuando se habla de precio, este está referido no solo a los materiales, sino también a la mano de obra, tiempo de instalación y vida útil de la instalación.

4 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE INSTALACIONES INTERNAS DOMICILIARIAS DE GAS.

Como complemento a la temática de interés en la presente monografía, es necesario además presentar los aspectos esenciales que constituyen los diseños de una red interna de gas natural que permitan su aprobación por las empresas que suministran ese servicio en cualquier ciudad del territorio nacional.

En la estructuración de una red interna para el suministro de gas natural o GLP para su aprobación y futura construcción, se tienen en cuenta los siguientes parámetros de diseño:

- Tipo de gas: Gas Natural o GLP.
- Poder calorífico del gas.
- Gravedad específica del gas.
- Presión de trabajo permitida en la red interna.
- Caída de presión permisible en la tubería.
- Longitud real de los tramos de tubería.
- Longitud equivalente de los accesorios utilizados.
- Ubicación de equipos.
- Potencia de equipos.
- Presión del gas en la red matriz.

La anterior información se obtiene de la documentación existente como normas, manuales de diseño y de la proyección arquitectónica del espacio a intervenir (planos). Se debe, además, establecer una ecuación de cálculo y se tendrá que calcular la velocidad del gas.

El procedimiento de diseño es el siguiente:

- Realizar un esquema de la red en tres dimensiones, comúnmente llamado isométrico, de acuerdo con las normas técnicas vigentes.
- Tener en cuenta las longitudes reales de los tramos que componen la instalación.

- Calcular, con base en la potencia de cada artefacto y el poder calorífico superior del gas utilizado, el flujo de cada tramo (en m³/h).
- Asumir los diámetros a utilizar y, con éste y los accesorios, calcular las longitudes equivalentes.
- Con el caudal de cada tramo y su longitud total se calcula la caída de presión de acuerdo con una ecuación de cálculo establecida.
- Se procede a calcular la velocidad del gas.
- Luego se verifica que dicha caída de presión entre el medidor y cada artefacto a, gas esté dentro de límites permitidos por norma.

La metodología empleada en este procedimiento se enmarca en un modelamiento matemático que considera los parámetros de diseño a través del cual se realiza el dimensionamiento de las diferentes partes constitutivas de la red, la selección de instrumentos de medida y regulación, válvulas y accesorios requeridos, la ventilación de los recintos donde se instalen los equipos, la evacuación de los productos de combustión y además se describen los aspectos de seguridad y operatividad, todo a partir de lo establecido en la norma técnica colombiana NTC 2505.

Para la modelación matemática las ecuaciones que más se utilizan son las de Pole y, Renouard (para baja presión) y la de Müller (para media presión), en las que se tienen en cuenta las características de las instalaciones internas sean estas residenciales o comerciales.

- ❖ Ecuación de Pole (para redes de baja presión, igual o menor a 70 milibares)

$$Q = 3,04 \times 10^{-3} * C * \left[\frac{h * D^5}{G * L} \right]^{0,5} \quad (1)$$

Fuente: Guía Diseño Redes de Gas Natural – EPM.

Donde:

Q: Caudal de gas. Condiciones estándar de referencia. [m³/hora]

h: Caída de presión. [mbar]

D: Diámetro de la tubería. [mm]

G: Gravedad específica del gas.

L: Longitud total de la red. [m]

C: Factor en función del diámetro, según la tabla siguiente:

Tabla 8. Factor C de la ecuación de Pole, en función del diámetro de la tubería.

Diámetro Nominal (plg)	Factor C
3/8 – ½	1,65
3/4 – 1	1,80
1 ¼ -1 ½	1,98
2	2,16
3	2,34
4	2,42

Fuente: Guía Diseño Redes de Gas Natural – EPM.

- ❖ Ecuación de Renouard (para redes de baja presión, igual o menor a 70 milibares)

$$Q = \left[\frac{H \cdot D^{4,82}}{23200 \cdot G \cdot Le} \right]^{0,5495} \quad (2)$$

Fuente: E. Gutiérrez, E. Pulgarín – USCO.

Donde:

Q: Caudal de gas. [m³/hora]

H: Caída de presión. [mbar]

D: Diámetro de la tubería. [mm]

G: Gravedad específica del gas.

Le: Longitud total de la red. [m]

- ❖ Ecuación de Müller (para redes de media presión, superior a 70 milibares) y, sin superar la máxima presión de operación permisible según la NTC 3838:

$$Q = \frac{0,13}{G^{0,425}} * \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{L} \right]^{0,575} * D^{2,725} \quad (3)$$

Fuente: Guía Diseño Redes de Gas Natural – EPM.

Donde:

Q: Caudal de gas. [m³/hora]

G: Gravedad específica del gas.

P₁: Presión absoluta del gas en el inicio de la red. [bar]

P₂: Presión absoluta del gas en el final de la red. [bar]

L: Longitud total de la red. [m]

D: Diámetro de la tubería. [mm]

Las ecuaciones mencionadas tienen su origen en la Termodinámica y en la Mecánica de fluidos y permiten determinar las caídas de presión en los tramos de tubería tal y como se estipula, entre otros, en la Guía de Diseño de Redes de Gas de Empresas Públicas de Medellín.

Para unas condiciones de demanda máxima de gas, la presión de suministro en el artefacto también deberá estar dentro del rango estipulado en las Normas Técnicas Colombianas (NTC) que le son aplicables.

Los parámetros de diseño y el dimensionamiento se realizan teniendo en cuenta entre otros, variables como: la potencia y el caudal de los equipos, las características del gas utilizado (gravedad específica y poder calorífico), la selección del material de la tubería, la ubicación en los puntos de consumo de gas, la longitud de los tramos y longitud equivalente de los accesorios y la elaboración de isométricos (esquema en tres dimensiones); las presiones de diseño y operación y los tipos de equipos.

Los procedimientos de selección de los instrumentos, medidores, reguladores, elevadores y filtros, así como el procedimiento del tipo de ventilación requerida para los espacios donde se encuentran los artefactos también hacen parte de esta

metodología y se mencionan, pero no se indican sus detalles en este estudio debido que no es de su alcance.

Los caudales se determinan mediante la siguiente ecuación:

$$Q=P \text{ (KW)}/\text{PCS} \quad (4)$$

Donde:

Q: Caudal de gas. [m³/hora]

P: Potencia de los equipos a instalar. [KW]

PCS: Poder calorífico superior = 10,35 (KW-h/m³)

4.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS TUBERÍAS

La selección del material de las tuberías se efectúa teniendo en cuenta los requisitos del diseño y la regulación vigente que rige para los distintos tipos de tubería permitidas en el país contenidas en las normas técnicas colombianas contenidas en el Capítulo 5. de la presente monografía. Para el Diseño de la Red de Gas los materiales de tubería que más se usan son: Acero al carbono SCH 40, Cobre tipo (K y L) y, las tuberías multicapas.

4.2. LONGITUD TOTAL DEL TRAMO DE TUBERÍA.

La longitud total del tramo de tubería está constituida por la longitud real del tramo, más la longitud equivalente (Le) de los accesorios instalados en dicho tramo. La longitud equivalente (m) de los accesorios se puede calcular con la siguiente Ecuación:

$$\text{Long. Equiv. por Accesorio} = \emptyset \text{ Tubería} \times \text{Relación Long/Diámetro} \quad (5)$$

Donde el diámetro de la tubería se expresa en milímetros. Y la relación longitud/diámetro para cada accesorio se visualiza en la siguiente tabla:

Tabla 9. Relación longitud/diámetro por accesorios para cálculos de la longitud equivalente.

ACCESORIO	RELACIÓN LONGITUD/DIÁMETRO
Codo a 45°	14
Codo a 90°	30
Tee (con flujo a 90°)	60
Tee a flujo	20

Fuente: Guía Diseño Redes de Gas Natural – EPM.

La longitud total (L) se compone de la longitud de los tramos rectos más la longitud equivalente de accesorios.

Otro método para calcular la longitud equivalente es usando algunas ecuaciones en donde esta relaciona con el diámetro del accesorio y el coeficiente de fricción del material de fabricación.

En cualquier caso, de acuerdo con el diseño de la red, se determinan los accesorios necesarios y se halla la longitud total de la tubería para cada tramo en donde se calculan las pérdidas de presión generadas.

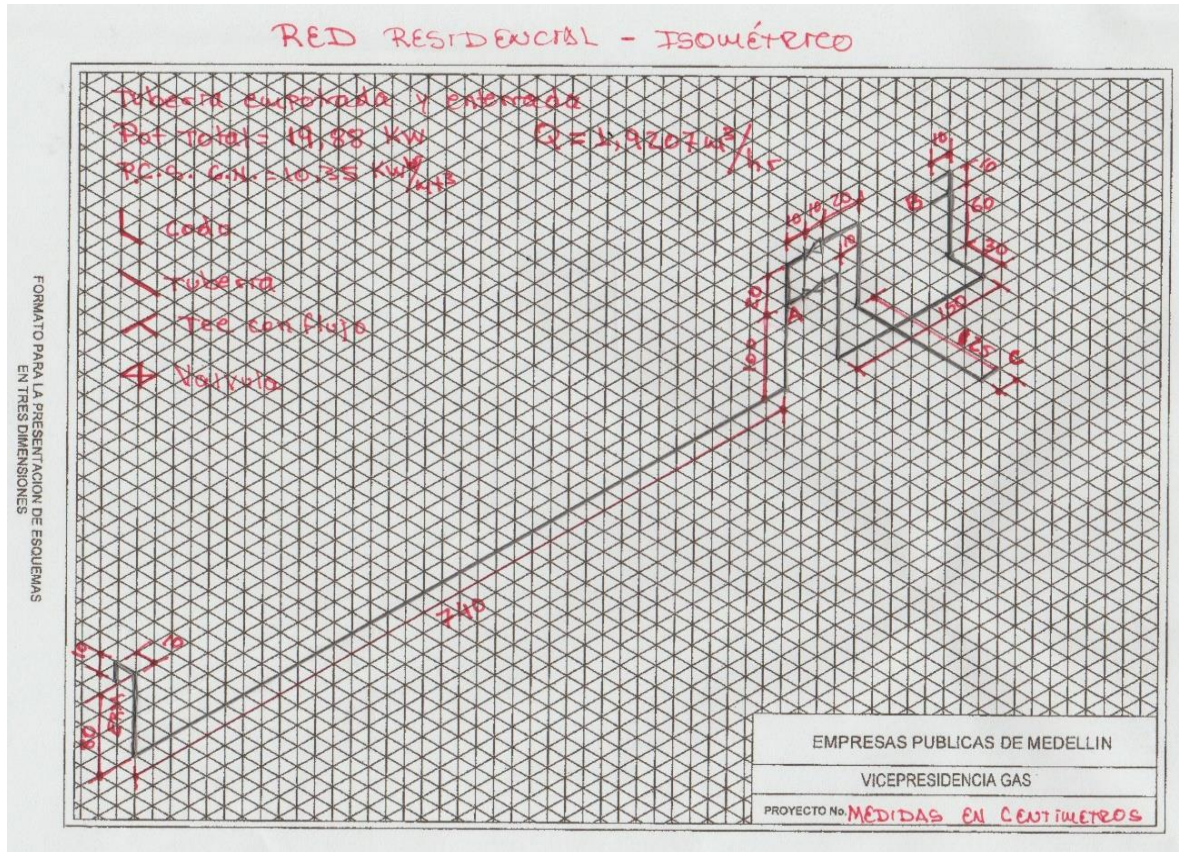
4.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN

Una vez se han determinado los parámetros ya mencionados, esto es, potencias de los equipos, longitudes totales de cada tramo, determinación del tamaño y tipo de material de las tuberías, presiones y temperaturas de operación, se utilizan las ecuaciones de Pole, Renouard o Müller para dimensionar la red de gas, teniendo en cuenta los criterios ya mencionados, estos son:

- ✓ Para redes de baja presión, esto es, menores o iguales a 70 mbar, la sumatoria de las pérdidas deben de ser inferiores a 5 mbar, de acuerdo con las ecuaciones de Pole o Renouard.
- ✓ Cuando se trabajan redes con media presión, o sea, mayores a 70 mbar, el porcentaje de la caída de presión debe ser menor o igual al 10%, y se calcula a partir de la ecuación Müller, utilizada para calcular las pérdidas permisibles.

Ejemplo Ilustrativo: Se requiere diseñar una instalación interna domiciliar que está representada en el isométrico mostrado a continuación:

Figura 20. Isométrico modelo ejemplo ilustrativo.



En esta red se va a instalar los siguientes gasodomésticos: una cubierta en cristal de 5 quemadores con un consumo de 8,79 KW, un horno cuyo consumo es de 4,78 KW y un calentador de paso (13 L/min) con un consumo de 19,49 KW.

Desarrollo:

- ✓ El modelo de cargas definido es:

Tabla 10. Tabla de demandas en el ejemplo ilustrativo.

DEMANDA MÁXIMA PREVISTA=Qp			
Consumo de artefactos en la vivienda	BTU/hr	KW	m ³ /hr
Cubierta Cristal 76MF de cinco quemadores	30.000	8,79	0,78
Calentador de paso CPG 13TN GN de 13L/min	66.500	19,49	1,74
Horno casia 60 Gas NE	16.300	4,78	0,43
TOTALES	112.800	33,06	2,95
El Poder calorífico del gas es:	11,2	KWH/m ³	

Ecuación de cálculo: Pole

Caída de presión: 4 mbar.

✓ **Diseño de la red:**

Se definen todos los tramos, el caudal en cada uno de ellos, la longitud de cada tramo junto con la longitud equivalente por los accesorios y se establece el tipo de tubería a utilizar, desde la red de acuerdo a sus caudales y puntos de derivación.

En el ejemplo, se encuentran definidos cinco tramos, estos son:

- Del centro de medición al punto A.
- Desde el punto A hasta el punto B
- Del punto B al horno
- Desde el punto B hasta la cubierta
- Del punto A al calentador.

Tabla 11. Tabla de caudales y longitudes totales en el ejemplo ilustrativo.

CÁLCULO DE CAUDALES Y LONGITUDES PARA TUBERÍA DE						
ACERO SCH 40			C*= 125			
TRAMO	C.M.		B-	B-	A-	
	-A	A-B	HORN O	CUBIERT A	CALENTADO R	
CAUDAL (m3/hr)	2,95	1,21	0,43	0,78	1,74	
LONGITUD TUBERÍA (mts)	9,4	3,6	0,1	0,2	2,35	
	Codo 90°	2,74	2,04	0,00	0,51	2,04
	Tee	0,41	0,28	0,00	0,00	0,00
	Reducció					
LONGITUD EQUIVALENTE	n	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00
ACCESORIOS (mts)	Válvula	0,00	0,11	0,00	0,00	0,11
		12,7				
LONGITUD TOTAL (mts)		8	6,03	0,10	0,71	4,50
DIÁMETRO (plg)		0,75	0,5	0,5	0,5	0,5
		20,9	15,7			
DIÁMETRO (mm)		3	9	15,79	15,79	15,79

Nota: La longitud equivalente para cada accesorio se calcula en función de la relación entre el diámetro y la constante **C***.

De igual forma, para cada uno de los tramos definidos se calcula la pérdida de presión de acuerdo con la ecuación establecida en los parámetros de diseño, en este caso, la ecuación de Pole.

Recordemos la ecuación de Pole:

$$Q = 3,04 \times 10^{-3} * C * \left[\frac{h * D^5}{G * L} \right]^{0,5} \quad (1)$$

Donde:

Q: Caudal de gas. Condiciones estándar de referencia. [m³/hora]

h: Caída de presión. [mbar]

D: Diámetro de la tubería. [mm]

G: Gravedad específica del gas.

L: Longitud total de la red. [m]

C: Factor en función del diámetro

Despejando h, calculamos la caída de presión en cada tramo con el diámetro en la tubería y conociendo el valor de la presión en la salida centro de medición, en este caso es de 23 milibares.

Tabla 12. Tabla de cálculo de presiones en el ejemplo ilustrativo.

CÁLCULO DE PÉRDIDA DE PRESIÓN PARA TUBERÍA DE ACERO					
SCH 40					
TRAMO	C.M.- A	A-B	B- HORNO	B- CUBIERTA	A- CALENTADOR
CAUDAL (m3/hr)	2,95	1,21	0,43	0,78	1,74
LONGITUD TOTAL (mts)	12,78	6,03	0,10	0,71	4,50
DIÁMETRO (mm)	20,93	15,79	15,79	15,79	15,79
VELOCIDAD GAS (m/s)	2,72	1,96	0,70	1,26	2,82
PRESIÓN INICIAL (mbar)	23,00	22,45	22,23	22,23	22,45
PÉRDIDA DE PRESIÓN					
(mbar)	0,55	0,21	0,00	0,01	0,33
PRESIÓN FINAL (mbar)	22,45	22,23	22,23	22,22	22,11
CHEQUEO DE PRESIÓN	Ok!	Ok!	Ok!	Ok!	Ok!

Ya que la presión mínima admitida para gasodomésticos es de 17 milibares, el diseño corresponde a lo establecido en la normatividad que le es aplicable.

5. REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES INTERNAS DE GAS COMBUSTIBLE

El Ministerio de Minas y Energía, expidió el 24 de octubre de 2013, la Resolución No. 90902 a través de la cual se dio a conocer el Reglamento Técnico de Instalaciones Internas de Gas Combustible que establece los requisitos que son necesarios en lo que corresponde a las etapas de diseño, construcción y mantenimientos, cuando dichas instalaciones se realicen a nivel residencial, comercial e industrial, atendiendo los criterios de prevención y reducción del riesgo para garantizar la salud y asegurar la vida en las personas.

Igualmente contiene esta resolución, las obligaciones que tienen los organismos de certificación y los de inspección en relación con la acreditación de los distribuidores para las actividades en dichas instalaciones. Aplica además para las evaluaciones de conformidad de las mismas en cualquiera de las revisiones, sean estas de carácter previo, periódica o, por solicitud del usuario y en aquellos casos en los que se adelantan reformas o modificaciones en esas instalaciones.

Establece también el rango de acción de gas suministrado a través de estas instalaciones en lo que corresponde al valor del poder calorífico de este fluido (mínimos y máximos) y las presiones máximas de operación de las instalaciones internas según lo establecido en la norma técnica colombiana NTC 3838.

Respecto a los requisitos técnicos que deben cumplir las instalaciones para suministro de gas combustible en edificaciones de uso residencial y comercial (numeral 4, artículo 1.), se destacan entre otros los siguientes aspectos:

- El diseño de las instalaciones que serán construidas para el suministro de gas combustible, sea este en una edificación destinada al uso residencial o comercial deberán cumplir los requisitos técnicos señalados en la norma técnica colombiana NTC 2505. Allí también se establece que el responsable del diseño deberá ser una persona competente o profesional matriculado con tarjeta vigente cumpliendo los requisitos de Ley y dicho diseño será

previamente aprobado por el distribuidor de gas para proceder con la solicitud de licencia correspondiente ante la autoridad competente.

- La Instalación deberá contar con una memoria técnica que especifique en detalle el proyecto a desarrollar y se aportarán los planos respectivos que serán firmados por persona competente o por un profesional matriculado quien deberá tener tarjeta profesional vigente.
- Además, la aprobación del distribuidor del servicio de gas se acompañará de la disponibilidad de la prestación de dicho servicio público domiciliario en donde se adelantará la construcción de la instalación.
- Por su parte, en la fase de construcción de la instalación de gas, el reglamento exige además de lo contenido en la norma NTC 2505 que se cumpla con los requisitos de ventilación establecidos en la norma NTC 3631 o, con el diseño y construcción de los ductos de evacuación sin que se presente la recirculación de gases al interior de la edificación según lo que se establece en la norma NTC 3833, teniendo en cuenta además la potencia de los artefactos a instalar para calcular el aire necesario en su correcto funcionamiento y esto deberá certificarse. Está además prohibido, instalar artefactos eléctricos convertidos a gas.

Con relación a los mantenimientos de las instalaciones domiciliarias de gas, se establece la revisión periódica como una actividad principal en la que se deberá observar las definiciones establecidas en el Reglamento y el procedimiento único de inspección que está contenido en el Anexo 2 de la Resolución No. 90902 y que hace parte integral de la misma. También se podrá realizar dicha revisión, por solicitud de la persona en su condición de usuario del servicio.

Realizada la revisión de la instalación domiciliaria, es necesario que se determine su conformidad cumpliendo lo establecido en el Reglamento Técnico y en tal caso, se emitirá por parte de un organismo de certificación o de inspección acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia – ONAC - un certificado de conformidad o informe de resultados de la inspección según se establece en el numeral 6.3 del mismo reglamento. Tal certificado deberá estar firmado por personal

competente del certificador y una copia del mismo se entregará al usuario del domicilio donde se adelantó la actividad descrita.

Ahora bien, en el medio de las instalaciones domiciliarias de gas, los profesionales en Ingeniería competentes para desarrollar esas actividades se complementan con personal que se capacita en programas relacionados en donde el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA – juega un papel preponderante por sus ofertas académicas en amplias regiones del territorio nacional. Describimos a continuación los programas ofrecidos y la localización geográfica de los centros de capacitación donde se ofrecen. Estos son:

Tabla 13. Oferta académica del Sena relacionada con instalaciones de gas.

REGIONAL	NOMBRE CENTRO SENA	NOMBRE OFERTA ACADÉMICA	TIPO DE FORMACIÓN
Atlántico	Centro Industrial y de Aviación	Instalaciones hidráulicas sanitarias y de gas	Tecnológica
Magdalena	Centro Acuícola y Agroindustrial de Gaira	Obras civiles	Tecnológica
Sucre	Centro de la Innovación, la Tecnología y los Servicios	Construcción de edificaciones	Técnica
Antioquia	Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción	Instalaciones hidráulicas sanitarias y de gas	Tecnológica
	Centro de recursos renovables la salada	Construcción de edificaciones	Tecnológica
Bogotá	Centro de tecnologías para la construcción y la madera	Instalaciones hidráulicas sanitarias y de gas	Tecnológica
		Instalaciones para el suministro de gas combustible en edificaciones residenciales y comerciales	Técnica
Boyacá	Centro industrial de mantenimiento y manufactura	Obras civiles	Tecnológica
		Construcción de edificaciones	Técnica
Risaralda	Centro de diseño e innovación tecnológica industrial	Construcción de edificaciones	Técnica

Tabla 14. (Cont.)

Santander	Centro industrial para el diseño y la manufactura	Gestión para el suministro de gases combustibles y no combustibles	Tecnológica
		Construcción de edificaciones	Técnica
		Obras civiles	Tecnológica
		Construcción	Tecnológica
Cauca	Centro de teleinformática y producción industrial	Construcción	Tecnológica
Chocó	Centro de recursos naturales, industria y biodiversidad	Construcción de edificaciones	Técnica
Valle	Centro de la construcción	Básico para instalaciones de suministro de gas	Técnica
Arauca	Centro de gestión y desarrollo agroindustrial	Construcción y edificaciones	Técnica
Meta	Centro de industria y servicios	Construcción de edificaciones	Técnica
		Producción de petróleo y gas	Técnica
Vichada	Centro de producción y transformación agroindustrial de la Orinoquía	Construcción de edificaciones	Técnica

Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje. www.sena.edu.co

Las personas con competencias laborales en gas se pueden certificar como supervisor, inspectores, instaladores o como reparador (puede hacer mantenimiento de artefactos).

Para optar a ser supervisor se requiere título técnico o tecnológico en obra civil o carreras afines y demostrar en seguridad industrial, salud ocupacional y ambiental HSE con experiencia laboral específica mínima de un año en esta área del conocimiento. Los aspirantes a inspector deben ser al menos bachilleres y en los otros casos, basta saber leer y escribir.

Cumplidos esos requisitos, todos deberán superar las pruebas teóricas y/o prácticas para certificarse sin importar si es por primera vez (certificación de otorgamiento) o

si es de seguimiento (un año después) o la de renovación llamada también como recertificación (a los dos años).

6. CONCLUSIONES

1. Las normas técnicas colombianas han adoptado las mejores prácticas, ensayos y procedimientos desarrollados por organizaciones internacionales especializadas en distintas actividades relacionadas por la industria de los hidrocarburos. Al tiempo, se han adaptado al ámbito nacional de tal forma que se pueda garantizar su aplicabilidad conservando a la vez, las medidas de seguridad necesarias para el desarrollo de las actividades sujetas a dichas normas.
2. En el caso particular de las tuberías permitidas en el país para construir instalaciones internas domiciliarias de gas, el instituto colombiano de normas técnicas – ICONTEC – con la expedición y actualización de normas específicas y de obligatorio cumplimiento, garantiza que las especificaciones, características, ensayos y procedimientos sean una garantía tanto para los propietarios - constructores como para las autoridades y empresas prestadoras de servicios públicos. La norma rectora a nivel nacional en relación con las tuberías, es la NTC 2505, cuya implementación va de la mano con el cumplimiento de otras regulaciones y normas establecidas para hacer de las instalaciones de redes de gas, una actividad segura y que reúna los estándares internacionales.
3. Además de la normatividad aplicable, existe alrededor de una adecuada instalación doméstica de gas, una serie de instituciones y organizaciones del orden local y nacional, comprometidas con el cabal cumplimiento de todo lo establecido en dichas normas. Al frente de todas estas instituciones públicas y privadas y en campo desarrollando las actividades necesarias para la adecuada ejecución de las obras de instalación de redes de gas, se encuentra un personal formado y competente cuyas calidades avalan la aplicación correcta de las normas y la calidad de los insumos utilizados.

7. RECOMENDACIONES

Dado el acelerado desarrollo de la construcción de viviendas en el país, en donde se visualizan distintos tipos y calidades de inmuebles, sería importante adelantar un estudio que muestre los beneficios que se darían en los escenarios planteados con relación a los tipos de tuberías permitidas en Colombia.

Con la implementación a nivel gubernamental de llegar con gas licuado del petróleo – GLP – a aquellas zonas sin servicio de gas natural, se hace necesario mostrar cómo se han viabilizado esos proyectos en algunas regiones del país, destacando los proyectos que se han desarrollado (equipos y tipos de redes) para garantizar el suministro de este combustible gaseoso hasta el usuario final.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, Juan y JIMENEZ, Octavio. Principios Básicos para la Instalación de Redes Internas de Gas. Ediciones de la tekhné. Medellín. Instituto Tecnológico Metropolitano.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS ELÉCTRICOS, MECÁNICOS Y ELECTRÓNICOS Y RAMAS AFINES. Curso “Diseño y Construcción de Redes para la Distribución de GLP. y GN.” Medellín. ACIEM.1997.

BEDOYA, Carlos Mauricio, GONZÁLEZ ZAPATA Juan Felipe. Guía Didáctica para el Análisis Dimensional de Redes a Gas “De la resistencia anaranjada a la llama azul”, Bioconstrucción-eco materiales-energía. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Arquitectura. Escuela de Construcción Sede Medellín 2003.

CENGEL, YUNUS A. y BOLES, MICHAEL A. Termodinámica Tomo I. Segunda edición. Mc Graw Hill: 2ª Edición. 1996.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución 0067 de 1995. Código de Distribución de Gas Combustible por redes. 21 de diciembre de 1995. 37 p.

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 142 de 1994. Régimen de los servicios públicos domiciliarios. 11 de julio de 1994.

CORREA CERÓN, P. A., & CASTRO MARÍN, N. A. Evaluación económica en el uso del pealpe para la instalación de redes de gas natural domiciliario en vivienda multifamiliar en construcción. Medellín: Universidad de Medellín. 2011. 64 p.

EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. Guía Diseño Redes de Gas. Medellín. 2007. 139 p.

GARCÍA FALLA, M. E., MATEUS ESTEBAN, C., & GARCÍA DÍAZ, J. D. Diseño, documentación e implementación del sistema de gestión de calidad en metrogas de Colombia S.A. E.S.P. para la operación, inspección y mantenimiento de redes de gas, mantenimiento de instalaciones para suministro de gas y la comercialización del S. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2005.

GIL, Edison; GÓMEZ, Elías y AMELL, Andrés. Combustión del Gas Natural y Quemadores Industriales. Módulo 4. Medellín. Universidad de Antioquia. 1998.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Plásticos. Tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión. Quinta Actualización. Bogotá. ICONTEC. 2008. NTC 1746.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Tubos de acero al carbono con o sin costura para usos comunes, aptos para ser roscados. Bogotá. ICONTEC. NTC 2249.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales. Cuarta Actualización. Bogotá. ICONTEC. 2006. NTC 2505.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Ventilación de recintos Interiores donde se instalan Artefactos que Emplean Gases Combustibles para Uso Doméstico, Comercial e Industrial. Bogotá. ICONTEC. 2003. NTC 3631.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Tubería rígida de cobre sin costura. Tamaños normalizados. Bogotá. ICONTEC. NTC 3944.

JONES, J. B. y DUGAN, R. E. Ingeniería Termodinámica. Prentice-Hall. Hispanoamérica. S.A. 1997.

MACEA B, Francisco. Aprovechamiento en Colombia del Gas Natural (GN) y del Gas Licuado del Petróleo (GLP). Medellín. Centro General de Investigaciones Universidad de Medellín. 1990.

MÁRQUEZ MARTÍNEZ. Combustión y Quemadores. Serie Productiva. Marcombo S.A. Barcelona, España. 1992.

MEJÍA CANO, Guillermo. Apuntes para el diseño de redes de gas. Medellín. Colección Universidad de Medellín, 1992. p.38.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución No. 9 0902 de 2013. Reglamento Técnico de Instalaciones Internas de Gas Combustible. 24 de octubre de 2013. 24 p.

MORALES GARCÍA, Yofre Iván. Elaboración de diseño integral de red para gas natural complejo norte del Sena (Centro Metalmecánico, Centro Nacional de la Construcción y Centro Nacional Textil). Trabajo de grado Servicio Nacional de Aprendizaje Centro Nacional de la Construcción Tecnología de Gas Medellín, 2004.

MOTT, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada. Prentice-Hall. Hispanoamericana S.A. 4^{ta} edición. 1996.

MUÑOZ TORRES, E. M., MOSQUERA ROBBYN, F. D., & BELTRÁN TOBÓN, D. A. Diseño de pautas para la elaboración de un modelo de plan de emergencia y contingencia para la construcción de redes, distribución y prestación del servicio de

gas combustible domiciliario de la empresa de servicios públicos integrados S.A. E.S.P. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2001.

NARANJO, Abel A. Flujo de gas bajo condiciones estables. Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Manual de Protección Contra Incendios. NFPA. 2006.

NORTH AMERICAN COMBUSTION HANDBOOK. Volumen I. Third Edition. Cleveland. U.S.A. 1986.

ORTIZ, E., VARGAS, R. A., TRÓCHEZ, J. C., TORRES, N. A., PIÑERES, I., & NÚÑEZ, H. Estudio de termogravimetría y espectroscopía de impedancias en mangueras de gas domiciliario de acrilonitrilo. Revista Colombiana de física. Vol.38. No.2. p.898-901.

ROCCA, M., et al. Diseño de una red de distribución de gas natural para uso doméstico en el sector las cocuizas del municipio Maturín del estado Monagas. Tesis doctoral. Barcelona. Universidad de Oriente. 2011. 102 p.

SANTOS RODRÍGUEZ, Fabio Augusto. Criterios técnicos, económicos y ambientales para evaluar el uso gas natural comprimido, en redes de gas domiciliario en Colombia. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2001.

SERWAY, Raymond. Física. Tomo 1. Cuarta edición. Mc Graw Hill 2000.

SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS MECÁNICOS. Sistemas de tubería para transporte y distribución de gas. Revisión de 2001. ASME B31.8

WARK, Kenneth. Termodinámica 5ª Edición. Mc Graw Hill. 1991.