

**GUÍA TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE GAS NATURAL PARA  
USO INDUSTRIAL, APLICANDO LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA**

**YAZUHAKIN ERNESTO CUESTA GARCÍA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA**

**2018**

**GUÍA TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE GAS NATURAL PARA  
USO INDUSTRIAL, APLICANDO LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA**

**YAZUHAKIN ERNESTO CUESTA GARCÍA**

**Monografía presentada para optar el 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 FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA**

**2018**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, creador de todo y artífice de cada uno de mis logros.*

*A mi esposa Elvia, por su paciencia y apoyo incondicional.*

*A mis hijos Melis, Aura y Yojhan, mi fuerza para emprender nuevos retos.*

*A mis abuelos y mi madre, por su apoyo incondicional en cada paso de mi vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Industrial de Santander y mi director, por su orientación y guía en la elaboración de la presente monografía.

A mis familiares, amigos y compañeros por su apoyo incondicional.

A todos los profesores, y cada una de las personas que contribuyeron al logro de esta meta.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                                                                              | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                            | 24   |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                                                                                              | 24   |
| JUSTIFICACIÓN.....                                                                                                                           | 25   |
| 1. OBJETIVOS.....                                                                                                                            | 26   |
| 1.1. OBJETIVO GENERAL. ....                                                                                                                  | 26   |
| 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                                                                                              | 26   |
| 2. MARCO DE REFERENCIA.....                                                                                                                  | 27   |
| 2.1. MARCO LEGAL. ....                                                                                                                       | 27   |
| 2.1.1 Resolución 90902, 24 octubre 2013.. ....                                                                                               | 28   |
| 2.2. MARCO TEÓRICO. ....                                                                                                                     | 28   |
| 2.2.1 NTC 4282 Instalaciones para el suministro de gas destinadas a usos industriales.....                                                   | 29   |
| 2.2.2 NTC 3838 Gasoductos. Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles.. ....     | 29   |
| 2.2.3 NTC 3949 Gasoductos. Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte de y redes de distribución de gas combustible. .... | 30   |
| 2.2.4 NTC 3728 Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas .....                                                         | 30   |
| 2.2.5 NTC 2505. Instalaciones para el suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.....                       | 30   |

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.6 NTC 1746 plástico. tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión..... | 31 |
| 3. PARÁMETROS DE DISEÑO, CRITERIOS DE DISEÑO, ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA RED. ....                 | 32 |
| 3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED. ....                                                          | 35 |
| 3.1.1 Ecuaciones o fórmulas para el cálculo de redes de gas. ....                                  | 36 |
| 3.2. CRITERIOS DE DISEÑO DE LA RED. ....                                                           | 43 |
| 3.3. ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA RED. ....                                                          | 46 |
| 3.3.1 La tubería. ....                                                                             | 46 |
| 3.3.2 Accesorios. ....                                                                             | 50 |
| 3.3.3 Válvulas. ....                                                                               | 54 |
| 3.3.4 Filtros. ....                                                                                | 57 |
| 3.3.5 Reguladores presión. ....                                                                    | 59 |
| 3.3.6 Medición del caudal de gas. ....                                                             | 62 |
| 3.3.7 Instrumentación. ....                                                                        | 68 |
| 4. GUÍA PARA EL DISEÑO DE UNA RED INDUSTRIAL, CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS. ....                | 74 |
| 4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO. ....                                                                     | 74 |
| 4.2 CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE ACOMETIDA Y LA RED INTERNA. ....                                      | 76 |
| 4.3 CÁLCULO DE LA PRESIÓN A LA SALIDA DEL TRAMO ( $P_2$ ). ....                                    | 85 |
| 4.4 CÁLCULO DE PERDIDAS DE PRESIÓN EN LA RED. ....                                                 | 86 |
| 4.5 VELOCIDAD DEL GAS EN LA RED. ....                                                              | 86 |
| 4.6 CÁLCULO RED DE ACOMETIDA Y RED INTERNA. ....                                                   | 87 |

|       |                                             |     |
|-------|---------------------------------------------|-----|
| 4.7   | LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM). | 90  |
| 4.7.1 | Selección del filtro.                       | 92  |
| 4.7.2 | Selección del regulador.                    | 93  |
| 4.7.3 | Selección del medidor.:                     | 95  |
| 4.7.4 | Filosofía de operación de la estación.      | 97  |
| 5.    | CONCLUSIONES                                | 99  |
| 6.    | RECOMENDACIONES                             | 100 |
|       | BIBLIOGRAFÍA                                | 101 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                           | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1. Marco legal para el diseño de redes de gas de uso industrial. ....               | 28   |
| Tabla 2. Normas para el diseño de redes de gas de uso industrial. ....                    | 31   |
| Tabla 3. Especificaciones CREG gas natural entrada a sistema de transporte nacional. .... | 43   |
| Tabla 4. Presiones de operación permisibles en Colombia, gas natural ....                 | 44   |
| Tabla 5. Velocidades permisibles para el gas natural.....                                 | 45   |
| Tabla 6. Caudales máximos y mínimos medidores de flujo. ....                              | 66   |
| Tabla 7. Resumen cálculo de caudales de la red. ....                                      | 76   |
| Tabla 8. Factor de eficiencia longitudinal de las juntas soldadas. ....                   | 81   |
| Tabla 9. Factores de diseño básicos según la clase de localidad.....                      | 82   |
| Tabla 10. Factor de degradación por temperatura.....                                      | 82   |
| Tabla 11. Cálculo de la red. ....                                                         | 89   |
| Tabla 12. Selección elemento filtrante filtro de partículas. ....                         | 93   |
| Tabla 13. Coeficiente de regulación. Diferentes tipos de reguladores. ....                | 95   |
| Tabla 14. Caudales de medición medidores Itron.....                                       | 96   |



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Acometida en polietileno red de gas .....                          | 33 |
| Figura 2. Estación de regulación y medición (ERM). .....                     | 34 |
| Figura 3. Red interna de gas .....                                           | 35 |
| Figura 4. Tubería metálica para gas. ....                                    | 49 |
| Figura 5. Tubería en polietileno para gas. ....                              | 49 |
| Figura 6. Accesorios soldables para tuberías en acero. ....                  | 51 |
| Figura 7. Accesorios roscados y Socket-Welding, para tuberías en acero. .... | 51 |
| Figura 8. Accesorios para tuberías en polietileno. ....                      | 52 |
| Figura 9. Elevadores o transitomas para tuberías roscadas. ....              | 53 |
| Figura 10. Elevadores o transitomas para tuberías bridadas. ....             | 53 |
| Figura 11. Junta monolítica. ....                                            | 54 |
| Figura 12. Válvula de bola. ....                                             | 55 |
| Figura 13. Válvula mariposa. ....                                            | 56 |
| Figura 14. Poliválvula para tuberías en polietileno. ....                    | 56 |
| Figura 15. Filtro de partículas .....                                        | 58 |
| Figura 16. Filtro Coalescente. ....                                          | 59 |
| Figura 17. Curva de comportamiento del regulador a presión. ....             | 60 |
| Figura 18. Regulador auto operado. ....                                      | 61 |
| Figura 19. Regulador pilotado. ....                                          | 62 |
| Figura 20. Medidor tipo diafragma. ....                                      | 63 |
| Figura 21. Ciclos del medidor tipo rotativo. ....                            | 64 |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 22. Medidor tipo rotativo. ....                               | 65 |
| Figura 23. Medidor tipo turbina. ....                                | 66 |
| Figura 24. Placa acondicionadora de flujo. ....                      | 67 |
| Figura 25. Placa restrictora de flujo y esquema de instalación. .... | 68 |
| Figura 26. Manómetro de presión. ....                                | 69 |
| Figura 27. Manómetro de presión diferencial.....                     | 69 |
| Figura 28. Válvula de alivio. ....                                   | 70 |
| Figura 29. Indicador de temperatura. ....                            | 70 |
| Figura 30. Corrector de volumen. ....                                | 70 |
| Figura 31. Transmisor de presión. ....                               | 71 |
| Figura 32. Transmisor de presión. ....                               | 71 |
| Figura 33. Diagrama de instrumentación. ....                         | 72 |
| Figura 34. Trazado tubería de acometida. ....                        | 77 |
| Figura 35. Trazado tubería red interna. ....                         | 78 |

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A – TABLAS

ANEXO B - CATALOGOS

ANEXO C - MEMORIAS DE CALCULO

ANEXO D - PLANOS

“Los anexos están adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS”

## GLOSARIO

**ACCESORIOS:** elemento utilizado para empalmar las tuberías para conducción de gas. Forman parte de ellos los usados para hacer cambios de dirección, nivel, ramificaciones, reducciones o acoples de tramos de tubería.

**ÁREAS DE SERVICIO:** zonas de la edificación que no forman parte de las áreas destinadas a los procesos industriales tales como cafeterías, laboratorios y oficinas.

**ARTEFACTO A GAS:** aquellos que desarrollan la reacción de combustión, utilizando la energía química de los combustibles gaseosos que es transformada en calor, luz u otra forma de energía.

**CABEZA DE ENSAYO:** elemento conformado por un instrumento de medición (manómetro) y por accesorios que permiten el registro y verificación de la presión suministrada a una instalación en un instante determinado.

**CAPACIDAD INSTALADA:** máxima potencia expresada en Kilovatios (BTU/h) que puede suministrar una instalación, la cual depende de las especificaciones de diseño de esta.

**CASETA DE MEDICIÓN:** recinto ventilado donde se ubica un centro de medición. Puede estar incorporada a la edificación o aislada de ésta.

**CENTRO DE MEDICIÓN:** conformado por los equipos y elementos destinados a realizar el control, la regulación y medición del suministro de gas. También se le conoce como estaciones de regulación y medida (ERM).

**CONDUCTO DE EVACUACIÓN:** destinado a la conducción hacia el exterior de la edificación subproductos de la combustión del gas natural.

**CONEXIÓN ABOCINADA:** aquella en la cual la hermeticidad se logra mediante la compresión de las paredes cónicas y esféricas de dos metales en contacto.

**CONEXIÓN ROSCADA:** aquella en la cual la hermeticidad se logra mediante los filetes de rosca de la unión.

**CONSUMO DE GAS:** cantidad de gas empleado por el artefacto a gas por unidad de tiempo.

**DETECTOR DE GAS COMBUSTIBLE:** equipo que permite verificar la presencia de gas combustible en la atmosfera.

**DISTRIBUIDOR DE GAS COMBUSTIBLE POR RED:** quien presta el servicio de público de distribución de gas combustible.

**ELEVADOR:** elemento mecánico que permite la transición entre tubería plástica y metálica o viceversa.

**EMPAQUE:** elemento mecánico con características fisicoquímicas, que al ser comprimido entre dos piezas metálicas debe producir condiciones de hermeticidad al sistema.

**EXPLOSÍMETRO:** equipo de alta sensibilidad que permite medir la concentración de gas combustible en la atmosfera.

**FACTOR DE COINCIDENCIA:** relación que existe entre la máxima demanda probable y la máxima demanda potencial de gas.

**FAMILIA DE GASES COMBUSTIBLE:** clasificación de los gases en función del índice de Wobbe de acuerdo con lo establecido en la NTC 3527.

**GAS TOXICO:** es aquél constituido por elementos nocivos para la salud, como el monóxido de carbono, generado por la combustión incompleta del gas.

**GASIFICACIÓN:** procesos mediante el cual se desplaza el aire o gas inerte existente en la tubería reemplazándolo por gas combustible.

**INSTALACIÓN PARA SUMINISTRO DE GAS:** conjunto de tuberías, equipos y accesorios requeridos para el suministro de gas a edificaciones; está comprendida entre la salida de la válvula de corte en la acometida y los puntos de salida para conexión de los artefactos que funcionan a gas.

**JUNTAS MECÁNICAS POR COMPRESIÓN:** elemento de unión donde la hermeticidad se consigue aplicando presión sobre las paredes de la tubería y los componentes de la unión.

**LÍNEAS DE CONTROL:** todas las tuberías, válvulas y accesorios usados para interconectar los aparatos de control operados mediante aire, gas o fluidos líquidos o para interconectar instrumentos transmisores o receptores.

**MATERIAL DIELECTRICO:** elemento que aísla eléctricamente dos metales.

**MÁXIMA PRESIÓN DE OPERACIÓN PERMISIBLE (MPOP):** es la máxima presión a la cual puede ser operado un sistema de tuberías para conformar redes de suministro de gas, de conformidad con las especificaciones de la NTC 3838.

**MECANISMO DE ALIVIO:** dispositivo instalado en un sistema presurizado de tubería para gas con el objeto de prevenir que la presión dentro del sistema exceda un límite predeterminado, bien sea mediante el venteo hacia la atmosfera exterior del gas excedente o desviándolo hacia sistemas alternos de menor presión que puedan absorberlo sin exceder sus propios límites de seguridad.

**MEDIDOR DE CONSUMO:** instrumento de medición que registra el volumen de gas suministrado a un usuario para su consumo interno.

**PRESIÓN DE SERVICIO DE LOS ARTEFACTOS A GAS:** presión del gas medida en la conexión de entrada al artefacto a gas cuando este se encuentra en funcionamiento.

**PRESIÓN MÍNIMA DE OPERACIÓN:** es la mínima presión de operación que podrá presentarse dentro de un sistema de tuberías para la conducción de gas, bajo condiciones normales de servicio, se abrevia “Pmin”.

**PRESIÓN NORMAL DE SUMINISTRO:** es la presión que deben entregar y mantener las empresas distribuidoras en el punto de entrada de la instalación para suministro de gas.

**PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN:** conjunto de gases, partículas sólidas y vapor de agua resultante del proceso de combustión.

**PURGA:** procedimiento para sacar de una tubería de gas el aire, el gas o una mezcla de ambos.

**REGULACIÓN DE LA PRESIÓN:** proceso que permite reducir y controlar la presión del gas en un sistema de tuberías hasta una presión especificada para el suministro. La regulación puede efectuarse en una o en varias etapas.

**REGULADOR DE PRESIÓN:** dispositivo mecánico empleado para disminuir la presión de entrada y regular uniformemente la presión de salida de un sistema.

**SELLANTE:** sustancias o elementos destinados a garantizar la hermeticidad en montajes mecánicos.

**SEÑALIZACIÓN:** medios para indicar la presencia de tuberías de gas.



**TRAZADO:** recorrido de un sistema de tuberías para suministro de gas dentro o fuera de una edificación.

**TUBERÍA A LA VISTA:** tubería sobre la cual hay percepción visual directa.

**TUBERÍA OCULTA:** tubería sobre la cual no hay percepción visual directa. Pueden ser embebidas, enterradas o por conducto.

**TUBERÍA DE VENTEO:** tubería usada para conducir a un sitio seguro exterior a la edificación las posibles liberaciones de gas generadas por mecanismos controladores de presión u otros asociados a la operación de los equipos.

**TUBERÍA A LA EMBEBIDA:** tubería incrustada en una edificación, cuyo acceso solo puede ser mediante la remoción de parte de los muros o pisos de la edificación.

**TUBERÍA ENTERRADA:** tubería instalada dentro del suelo.

**TUBERÍA POR CONDUCTO:** tubería instalada en el interior de un conducto o camisa.

**USUARIO:** persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio de distribución de gas, tanto como propietario o receptor del servicio en el inmueble donde se presta el servicio.

**VÁLVULA:** dispositivo usado para cortar y/o controlar el suministro de gas en cualquier sección de un sistema de tubería o artefacto a gas. De acuerdo con su funcionamiento y ubicación las más utilizadas reciben la siguiente denominación:

**VÁLVULA AUTOMÁTICA:** dispositivo automático o semiautomático que consiste en una válvula y un actuador que controla el suministro de gas al sistema. El actuador puede ser operado mediante la presión del gas, sobre un diafragma flexible, o mediante señales eléctricas, mecánicas o de otro tipo.

**VÁLVULA DE CORTE AUTOMÁTICO DEL GAS:** válvula usada en conjunto de con un dispositivo para interrumpir el suministro de gas. La válvula puede estar incorporada en el dispositivo de corte de gas o separada de este.

**VÁLVULA DE CONTROL PRINCIPAL MANUAL:** válvula operada manualmente en la línea de gas con el propósito de interrumpir o no el suministro de gas a un artefacto a gas, excepto al piloto o pilotos los cuales están provistos con sistemas de corte independientes.

**VÁLVULA DE AJUSTE MANUAL:** válvula de corte automática, instalada en la tubería de suministro de gas la cual se ajusta para cortar el suministro cuando se presente una condición insegura. El dispositivo permanecerá cerrado hasta que la válvula se reabra manualmente.

**VÁLVULA DE ALIVIO:** válvula de seguridad diseñada para prevenir que se generen condiciones peligrosas mediante el alivio de la presión, abriendo y cerrando un venteo cuando se presenta una condición por encima de un valor predeterminado de presión.

**VÁLVULA DE CORTE GENERAL:** válvula instalada entre el medidor de servicio o la fuente de suministro y el sistema de tuberías del usuario con la finalidad de aislar totalmente el sistema.

## RESUMEN

**TITULO:** GUÍA TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE GAS NATURAL PARA USO INDUSTRIAL, APLICANDO LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA\*

**AUTOR:** YAZUHAKIN ERNESTO CUESTA GARCÍA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Guía Técnica, Gas Natural, Diseño Redes De Gas, Uso Industrial, Norma Técnica.

**DESCRIPCIÓN:** el presente documento tiene como objetivo generar una guía para el diseño de redes de gas para uso industrial, haciendo uso de la legislación y normatividad técnica vigentes en Colombia, para el desarrollo de este tipo de diseños, los cuales presentan significativas diferencias en relación con el diseño de redes para usos residenciales y comerciales, en cuanto a presiones de operación, caudales, selección de materiales y equipos. Este documento recopila información de las resoluciones y normas técnicas vigentes tales como: NTC 4282, NTC 3838, NTC 3728, NTC 3949, NTC1746, Resolución CREG 067, Resolución MINMINAS 90902, entre otras, las cuales relacionan, las consideraciones técnicas de los materiales y equipos, además de los requisitos y métodos de cálculo, parámetros y criterios de diseño que se deben tener en cuenta en el diseño de esta clase de redes.

Este documento tiene como finalidad adicional, contribuir como referencia bibliográfica y metodológica para el diseño de proyectos de redes de gas industrial, que se encuentran en la etapa de ingeniería conceptual, básicas o detalle, en las cuales garantizar el correcto funcionamiento de la red y de cada uno de los elementos que la componen, por parte del diseñador, es un aspecto fundamental en este tipo de ingeniería, finalmente este documento ofrece una base inicial para el desarrollo de esta clase de proyectos.

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Ing. Ernesto Calderón Carrillo. Especialista en Ingeniería del Gas.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** TECHNICAL GUIDE FOR THE DESIGN OF A NATURAL GAS NETWORK FOR INDUSTRIAL USE, APPLYING THE COLOMBIAN TECHNICAL STANDARD

**AUTHOR:** YAZUHAKIN ERNESTO CUESTA GARCÍA\*

**KEYWORDS:** Technical Guide, Natural Gas, Design Gas Networks, Industrial Use, Technical Standard\*\*

**DESCRIPTION:** this document aims to generate a guide for the design of gas networks for industrial use, making use of the legislation and technical regulations in force in Colombia, for the development of this type of designs, which present significant differences in relation with the design of networks for residential and commercial uses, in terms of operating pressures, flows, selection of materials and equipment. This document compiles information on current resolutions and technical standards such as: NTC 4282, NTC 3838, NTC 3728, NTC 3949, NTC1746, Resolution CREG 067, Resolution MINMINAS 90902, among others, which relate, the technical considerations of the materials and equipment, in addition to the requirements and calculation methods, parameters and design criteria that must be taken into account in the design of this kind of networks.

The purpose of this document is to contribute as a bibliographic and methodological reference for the design of industrial gas network projects, which are in the stage of conceptual, basic or detail engineering, in which to guarantee the correct functioning of the network and of Each one of the elements that compose it, by the designer, is a fundamental aspect in this type of engineering, finally this document offers an initial basis for the development of this kind of projects.

\* Monograph

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

## **INTRODUCCIÓN**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El diseño de la red que suministra gas natural a la industria es fundamental ya que de este depende la correcta operación de los equipos relacionados o el funcionamiento de las instalaciones. Errores en su cálculo, incorrecta interpretación en los datos de diseño y el incumplimiento de las normas técnicas aplicables, son un factor que pueden ocasionar graves problemas a la hora de la puesta en marcha de equipos y plantas de producción adicionalmente llevando al fracaso de los proyectos.

Al mismo tiempo el desconocimiento de los métodos para cálculos utilizadas para el diseño de redes de gas natural, además de no contar, con información técnica de apoyo (normas técnicas, bibliografía de referencia, procedimientos etc.) que orienten al personal técnico, adicionalmente el desconocimiento de las normas técnicas para el transporte de gas, son causa de la presentación de diseños que no satisfacen los requerimientos del cliente.

En concreto, el impacto en los márgenes de utilidad de los proyectos, pérdida de confiabilidad de los proyectos presentados, además del incumplimiento de las normas técnicas requeridas para la operación de la red, dan como resultado la no aprobación de esta, por parte de los entes de certificación o la auditoria del proyecto, lo cual genera contratiempos para la puesta en marcha de equipos o instalaciones.

## **JUSTIFICACIÓN.**

El trabajo planteado en la siguiente monografía está orientado a desarrollar, proyectos de diseños de redes de manera técnica, de acuerdo con la normatividad colombiana vigente, aportando una metodología ordenada de cada uno de los aspectos de diseño y normativos que se debe tener en cuenta para la ejecución del diseño.

Esta investigación pretende ser un marco de referencia para ingenieros, tecnólogos, técnicos y estudiantes que trabajan en el área de gas natural y todos los interesados en adquirir nuevos conocimientos relacionados en el diseño de redes de gas natural para la industria.

Aportar un documento de referencia para el desarrollo de proyectos enfocados al diseño de redes de gas destinadas a la industria.

Conocer todas las ecuaciones de cálculo, dimensionado, selección de equipos, selección de materiales y normatividad técnica de los elementos que conforman la red de suministro de gas natural.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL.**

Desarrollar una Guía técnica para el diseño de una red de gas natural para uso industrial, aplicando la norma técnica colombiana.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Realizar un análisis bibliográfico de las normas y procedimientos establecidos para el diseño de redes de gas natural industrial.
- Describir las características de diseño y funcionamiento de una red de gas natural industrial
- Caracterizar los elementos que conforman una red de gas natural industrial.
- Proponer una metodología para realizar el cálculo y selección de elementos.
- Aplicar la metodología propuesta a un problema real.



## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. MARCO LEGAL.**

En Colombia, el ministerio de minas y energía mediante “El Reglamento técnico de las instalaciones internas de gas combustible” establece, los requisitos que se deben cumplir en las etapas de diseño, construcción y mantenimiento de las instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a uso residencial, comercial e industrial en orden a la prevención y consecuente reducción de riesgos de seguridad para garantizar la protección de la vida y la salud; y establecer las obligaciones de los organismos de inspecciones acreditados con respecto a los distribuidores en las actividades de certificación de estas instalaciones<sup>1</sup>.

Por otro lado, el diseño de la red también debe cumplir requerimientos de los entes que están a cargo de la actividad de regulación como; la Comisión de Reguladora de Energía y Gas (CREG), la Superintendencia de Servicios Públicos y el Ministerio de Minas y Energía, siendo este último la máxima autoridad de regulación nacional.

---

<sup>1</sup> Colombia. Ministerio de minas y energía. Resolución 90902(28 octubre 2013). Reglamento técnico de instalaciones internas de gas combustible.

**2.1.1 Resolución 90902, 24 octubre 2013.** Reglamento técnico de instalaciones internas de gas combustible. El reglamento en el capítulo 5 “Requisitos técnicos de instalaciones para suministro de gas combustible a edificaciones de uso industrial”, determina que los requisitos para el diseño, construcción, mantenimiento, certificación de la conformidad y evaluación de la conformidad de las instalaciones de gas nuevas, destinadas a usos industriales deben satisfacer los requisitos técnicos señalados en la NTC 4282 “Instalaciones para el suministro de gas destinadas a usos industriales” con el objeto de prevenir y reducir los riesgos de seguridad, buscando garantizar la protección de la vida y la salud.

**Tabla 1.** Marco legal para el diseño de redes de gas de uso industrial.

| REFERENCIA LEGAL                                                                                          |                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RESOLUCIÓN 9 0902 DE 24 OCTUBRE 2013.<br>Reglamento Técnico de Instalaciones Internas de Gas Combustible. | Cap. 5. Requisitos técnicos de instalaciones para suministro de gas combustible a edificaciones de uso industrial. |
| RESOLUCIÓN 0067 DE 21 DICIEMBRE 1995.Código de distribución de Gas Combustible por Redes.                 | Cap. 2. Lineamientos generales de distribución de gas combustible por red.<br><br>Cap. 4 condiciones de conexión.  |

**Fuente:** Autor monografía.

## 2.2. MARCO TEÓRICO.

La entidad responsable de establecer las normas técnicas en cuanto al diseño y construcción de instalaciones de gas es el ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación), que de acuerdo con el decreto 2269 de 1993 es el organismo de normalización nacional y representa al país ante otros organismos de normalización internacionales.

**2.2.1 NTC 4282 Instalaciones para el suministro de gas destinadas a usos industriales.** Las instalaciones cubiertas por esta norma comprenden los sistemas de tuberías, accesorios y otros componentes que van desde la salida de la válvula de corte (registro) en la acometida, hasta los puntos de conexión de los artefactos gas, cuando el combustible empleado es gas de la segunda o tercera familia.

**2.2.2 NTC 3838 Gasoductos. Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles.** Esta norma establece las presiones de operación permisibles en las redes que el transporten, distribuyan y suministren gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial en condiciones normales de servicio, de acuerdo con las características particulares de construcción y funcionamiento de tales sistemas, para salvaguardar la seguridad en el uso y manejo de estos combustibles.

La norma aplica a las modalidades de conducción a través de líneas de transporte, redes de distribución (líneas primarias, líneas secundarias y líneas de acometida) e instalaciones de para suministro de gas (líneas matrices, líneas individuales), así como también las estaciones compresoras, descompresoras, de regulación y medición, adicionalmente son extensivas a los distintos elementos mecánicos o estructurales que conforman estos sistemas, como tuberías, válvulas, bridas, tornillería, herrajes, empaquetaduras, reguladores de presión, mecanismos de alivio e instrumentación de medición entre otros.

**2.2.3 NTC 3949 Gasoductos. Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte de y redes de distribución de gas combustible.** Esta norma establece los requisitos mínimos que deben cumplir las estaciones de regulación de presión abastecidas de líneas de transporte y líneas primarias de redes de distribución de gas combustible (en estado gaseoso) en cuanto al diseño, construcción en sayo, operación y mantenimiento se refiere.

Esta norma aplica a las estaciones de regulación de presión, la cuales eventualmente pueden estar dotadas de sistemas de medición, calentamiento de gas, filtración y odorización. Estos sistemas se pueden presentar simultánea o individualmente. En algunos casos esta norma establece requisitos para este tipo de sistemas y en otros ser referencian a otras normas.

**2.2.4 NTC 3728 Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas.** Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir la línea 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.

**2.2.5 NTC 2505. Instalaciones para el suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.** Las instalaciones cubiertas por esta norma comprenden los sistemas de tuberías, accesorios elementos y otros componentes que van desde la salida de la válvula de corte (registro) en la acometida, hasta los puntos de conexión de los artefactos de uso doméstico o comercial que funcionan con gas.

**2.2.6 NTC 1746 plástico. tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión.** Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos y métodos de ensayos para el material, dimensiones, tolerancias, resistencia a la rotura por presión hidrostática, resistencia química, y resistencia al impacto de tubos y accesorios plásticos destinados a redes de transporte y distribución de gas para uso bajo tierra o en revestimientos existentes. Los tubos y accesorios cubiertos por esta norma se destinan para el uso en la distribución de gas natural.

**Tabla 2.** Normas para el diseño de redes de gas de uso industrial.

| REFERENCIA NORMATIVA                                                                                                           |                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| NTC 4282: Instalaciones Para El suministro De Gas Destinadas a Usos Industriales.                                              | Todos los aspectos de la norma. |
| NTC 2505: Instalaciones Para El Suministro De Gas Destinadas a Usos Residenciales y Comerciales.                               | Todos los aspectos de la norma. |
| NTC 3949: Gasoductos. Estaciones De Regulación de Presión Para líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas Combustible | Todos los aspectos de la norma. |
| NTC 3838: Presiones De Operación Permisibles Para El Transporte, Distribución Y Suministro De Gases Combustibles.              | Todos los aspectos de la norma. |
| NTC 3728: Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas.                                                     | Todos los aspectos de la norma. |
| NTC 1746: Plásticos. Tubos Y Accesorios Termoplásticos Para Conducción De Gases A Presión.                                     | Todos los aspectos de la norma. |

**Fuente:** Autor monografía.

### **3. PARÁMETROS DE DISEÑO, CRITERIOS DE DISEÑO, ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA RED.**

Antes de entrar en los detalles de este capítulo es importante de destacar que a nivel industrial las redes de gas natural generalmente se construyen en tubería en polietileno y acero al carbono, en casos especiales se emplean tuberías en cobre, aluminio, acero inoxidable, o tubería flexible pealpe; por lo que esta guía trata solamente el diseño de redes en tubería de polietileno y tuberías en acero carbono, además de los accesorios y equipos para la construcción de las redes en estos materiales. Una red de gas desde la acometida hasta el punto de consumo está conformada por tres partes básicas que son:

- **LA RED DE ACOMETIDA.**

Es la tubería que va desde la conexión a las líneas primarias o secundarias de suministro que pertenecen a las empresas distribuidoras de gas, hasta la entrada de la estación o centro de regulación y medición. El recorrido de esta tubería puede ser enterrado, a la vista o por conducto y el tipo de tubería a emplear se establece de acuerdo con la presión de suministro del distribuidor.

Cuando la presión de suministro no excede los 100 Psig la tubería de la red puede ser realizada en polietileno, a presiones mayores de 100 Psig la tubería debe realizarse en acero. En la figura 1, se aprecia la conexión de una red de acometida, se puede apreciar la válvula de corte o poliválvula para cerrar el paso de gas.

- **LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM).**

En el caso redes industriales la estación de regulación y medición integra en un solo conjunto, una zona de filtración, una zona de regulación de la presión de acuerdo con los requerimientos del usuario y se realiza la medición del consumo de gas.

Estas estaciones generalmente están ubicadas dentro de los predios de la empresa en recintos destinados exclusivamente para este fin, cámaras y casetas, los cuales deben garantizar unas condiciones de acceso, ventilación, separación eléctrica y otros servicios que garanticen la seguridad de operación de la ERM.

La figura 2, muestra una ERM típica en la industria con doble brazo de filtración y regulación, el brazo de medición con by pass y elementos para verificación de la presión; dentro del desarrollo de esta guía se trata más afondo el diseño de esta.

**Figura 1.** Acometida en polietileno red de gas



Fuente: [https://www.infofueguina.com/u/fotografias/m/2017/5/6/f700x390-32112\\_71130\\_31.jpg](https://www.infofueguina.com/u/fotografias/m/2017/5/6/f700x390-32112_71130_31.jpg)

**Figura 2.** Estación de regulación y medición (ERM).



Fuente: <http://www.corporacionsolivan.com.pe/V/imagenes/paginas/i1020150403215401.jpg>

- **LA RED INTERNA.**

Es la tubería que va desde la salida de la estación o centro de medición hasta los puntos de consumo o artefactos que funcionan a gas. El recorrido de esta tubería puede ser enterrado, a la vista o por conducto y el tipo de tubería a emplear se establece de acuerdo con la presión de suministro y el recorrido que esta hace por la planta o empresa ya que puede ir enterrados a la vista, por conductos etc.

Es también importante destacar que dentro de esta red pueden instalarse sistemas de regulación de 2da, 3ra etapa etc. dependiendo de la presión de operación de los equipos, así como también sistemas de medición secundarios.

En la figura 3, se aprecia la red de gas interna para la alimentación de varios equipos de compresión de gas natural.



Figura 3. Red interna de gas



Fuente: <https://www.energeticae3.com/images/img-44.jpg>

### 3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED.

Como primer insumo para el diseño de la red es importante conocer las condiciones de operación del sistema:

- a. Máxima cantidad de gas requerida.
- b. Máxima cantidad de gas requerida por cada consumidor.
- c. Máxima cantidad de gas proyectada futura.
- d. Presión de suministro del gas.
- e. Presión de operación del material de la red interna.
- f. Presión de operación de los equipos.
- g. Longitud de la tubería y cantidad de accesorios.
- h. Caída de presión permisible entre el punto de suministro y los artefactos a gas
- i. Gravedad específica del gas.

- j. Velocidad permisible del gas.
- k. Temperatura de entrada del gas
- l. Calidad de gas (En condiciones RUT- Resolución 1999 CREG 071-99)

**3.1.1 Ecuaciones o fórmulas para el cálculo de redes de gas.** Para el diseño de redes de gas, existen una gran variedad de ecuaciones aplicables cuyo cálculo se ajusta los parámetros de operación de la red y de las cuales se pueden deducir otros datos de la red. La NTC 4282 hace énfasis en el empleo de métodos de ingeniería reconocidos tanto para el diseño y dimensionamiento de la red de gas.

- **ECUACIÓN DE WEYMOUTH, ALTA PRESIÓN.**

Esta ecuación se empleará para el cálculo redes donde el suministro de gas proceda una red a alta presión, donde el caudal sea menor a 500.000 Sm<sup>3</sup>/día, la presión este entre 5 a 25 Bar y el diámetro del tubo no supere las 12 pulgadas<sup>2</sup>.

Ecuación de Weymouth.

$$Q = W * Z * E * \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{L}}$$

**Fuente:** SIFUENTES, Jorge. Instalaciones Industriales de Gas Natural, Ramal Interno, Red interna. 1ª ed. Lima: 2011 p 48.

Donde:

---

<sup>2</sup> SIFUENTES, Jorge. Instalaciones Industriales de Gas Natural, Ramal Interno, Red interna. 1ª ed. Lima: 2011 p 48.

Q: Caudal de gas (m3/día a condiciones estándar)

W: Constante de Weymouth, (ver anexo A.1)

Z: Factor de compresibilidad del gas, (ver anexo A.2)

E: Coeficiente de eficiencia, (ver anexo A.3)

P1: Presión absoluta del gas en el inicio del tramo (kg/cm2)

P2: Presión absoluta del gas en el final de la red (kg/cm2)

L: Longitud total del tramo(km)

- **ECUACIÓN DE MÜLLER, MEDIA PRESIÓN.**

Esta ecuación se empleará donde el suministro y la distribución del gas posea una presión de diseño sea mayor a 70 mbar y menor a 7000 mbar.

Ecuación de Müller.

$$Q = \frac{0.13}{G^{0.425}} * \left[ \frac{P_1^2 - P_2^2}{L} \right]^{0.575} * D^{2.725}$$

**Fuente:** Guía Diseño Redes de Gas-EPM. p 48

[http://www.ridsso.com/documentos/muro/207\\_1447201704\\_56428ba868c30.pdf](http://www.ridsso.com/documentos/muro/207_1447201704_56428ba868c30.pdf)

Donde:

Q: Caudal de gas (m3/h a condiciones estándar).

G: Gravedad específica del gas (0.6)

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 mínimo interior de la tubería (mm)

- **ECUACIÓN O FORMULA DE POLE, BAJA PRESIÓN.**

En los tramos donde la presión de operación sea igual o inferior a los 70 mbar, se empleará la ecuación que corresponde al modelo de Pole<sup>3</sup>.

Ecuación de Pole.

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

**Fuente:** Guía Diseño Redes de Gas-EPM. p 48

[http://www.ridsso.com/documentos/muro/207\\_1447201704\\_56428ba868c30.pdf](http://www.ridsso.com/documentos/muro/207_1447201704_56428ba868c30.pdf)

Donde:

Q: Caudal de gas a condiciones estándar (Sm<sup>3</sup>/h).

G: Gravedad específica del gas (0.6)

L: Longitud total de la red (m).

D: Diámetro mínimo interior de la tubería (mm).

C: Factor en función del diámetro (ver anexo A.4)

h: caída de presión (mbar)

---

<sup>3</sup>SANCHEZ, Claudia. PALACIO, Orlando. ÁLVAREZ, Mauricio. Diseño de la red de gas natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con énfasis en la acometida hacia la Planta de Etanol, área de servicios. En: Revista Politécnica. Agosto-Septiembre, 2006, N°3, p. 27-40.

- **ECUACIÓN PARA LA PRESIÓN DE DISEÑO EN TUBERÍAS DE ACERO.**

La NTC 3728 brinda el cálculo de la presión de diseño, para cada uno de los tramos de la red tubería los cuales estén construidos en de acero carbono. A partir de esta ecuación se puede deducir el espesor mínimo que, por presión deberá tener los tramos de la red construidos en tubería de acero.

Ecuación para el cálculo de la presión de diseño.

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

**Fuente:** NTC 3728

Donde:

P: Presión de diseño (Psi)

S: Esfuerzo de fluencia de la tubería (Psi).

t: Espesor mínimo de pared del tubo (in).

D: Diámetro exterior de la tubería (in).

F: Factor de diseño de acuerdo con clase de localidad (ver tabla N°9).

E: Factor de eficiencia longitudinal de las juntas soldadas (ver tabla N°10).

T: Factor de degradación por temperatura (ver tabla N°11).

- **ECUACIÓN PARA LA PRESIÓN DE DISEÑO TUBERÍA DE POLIETILENO.**

La NTC 3728 brinda el cálculo de la presión de diseño, para cada uno de los tramos de la red tubería los cuales estén contruidos en polietileno. A partir de esta ecuación se puede deducir el espesor mínimo que, por presión deberá tener los tramos de la red contruidos en tubería en polietileno.

Ecuación para el cálculo de la presión de diseño tuberías de polietileno.

$$P = \left( \frac{20 \cdot S \cdot t}{D - t} \right) \cdot 0,32$$

Sistema metrico.

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

Sistema ingles

**Fuente:** NTC 3728

Donde:

P: Presión de diseño

S: Esfuerzo hidrostático prolongado<sup>4</sup>

t: Espesor mínimo de pared del tubo.

D: Diámetro exterior de la tubería

---

<sup>4</sup> 1250 Psig para PE 2406, 1160 Psig para PE 80 y 1450 Psig para PE 100. Manual técnico, tubo sistemas conducción de gas

- **ECUACIÓN DE PERDIDA DE PRESIÓN EN LA RED.**

El cálculo de la red debe contemplar que los porcentajes de pérdida de presión estén dentro de los rangos aceptables para cada uno de los tramos que la conforman.

Ecuación para el cálculo del porcentaje de caída de la presión para presiones mayores a 70 mbar:

$$\Delta P = \frac{(P1 - P2)}{P1} * 100\%$$

**Fuente:** SÁNCHEZ, Claudia. PALACIO, Orlando. ÁLVAREZ, Mauricio. Diseño de la red de gas natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con énfasis en la acometida hacia la Planta de Etanol, área de servicios. En: Revista Politécnica. Agosto-Septiembre, 2006, N°3, p. 27-40.

Donde:

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

P2: Presión absoluta del gas en el final del tramo.

$\Delta P$ : caída de presión tramo.

- **ECUACIÓN CÁLCULO VELOCIDAD DEL GAS EN LA RED:**

A partir de la ecuación de continuidad de la mecánica de fluidos,  $V=Q/A$ , puede inferir, una ecuación que permite calcular la velocidad de cada uno de los tramos

de la red, donde A es el área de flujo,  $A=\pi(D^2/4)$  y Q es el caudal a condiciones estándar<sup>5</sup>

Ecuación para el cálculo de la velocidad del gas.

$$v_f = 353.7 \left( \frac{Q_{st}}{D^2} \right) \left( \frac{P_{st}}{P_f} \right) \left( \frac{T_f}{T_{st}} \right)$$

**Fuente:** SÁNCHEZ, Claudia. PALACIO, Orlando. ÁLVAREZ, Mauricio. Diseño de la red de gas natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con énfasis en la acometida hacia la Planta de Etanol, área de servicios. En: Revista Politécnica. Agosto-Septiembre, 2006, N°3, p. 27-40.

Donde:

$Q_{st}$ : Caudal de gas a condiciones estándar (Sm<sup>3</sup>/h)

$P_{st}$ : Presión estándar (Bar)

$P_f$ : Presión absoluta del gas (Bar)

$T_{st}$ : Temperatura estándar, °K (15.56 °C)

$T_f$ : Temperatura del gas, °K

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

---

<sup>5</sup> SANCHEZ, Claudia. PALACIO, Orlando. ÁLVAREZ, Mauricio. Diseño de la red de gas natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con énfasis en la acometida hacia la Planta de Etanol, área de servicios. En: Revista Politécnica. Agosto-Septiembre, 2006, N°3, p. 27-40.



### 3.2. CRITERIOS DE DISEÑO DE LA RED.

Como criterios de diseño se toman los distintos parámetros establecidos en las normas técnicas Icontec.

- **CALIDAD DEL GAS:**

Son las condiciones de a las que al gas entra en la red de transporte según los lineamientos de la CREG en la Resolución 071 de 1999 numeral 6.1, en la tabla N°3 se contemplan las especificaciones del gas.

**Tabla 3.** Especificaciones CREG gas natural entrada a sistema de transporte nacional.

| Especificaciones                                             | Sistema Internacional  | Sistema Inglés            |
|--------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Máximo poder calorífico bruto (GHV)(Nota 1)                  | 42.8 MJ/m <sup>3</sup> | 1.150 BTU/ft <sup>3</sup> |
| Mínimo poder calorífico bruto (GHV)(Nota 1)                  | 35.4 MJ/m <sup>3</sup> | 950 BTU/ft <sup>3</sup>   |
| Contenido de líquido (Nota 2)                                | Libre de líquidos      | Libre de líquidos         |
| Contenido total de H <sub>2</sub> S máximo                   | 6 mg/m <sup>3</sup>    | 0.25 grano/100PCS         |
| Contenido total de azufre máximo                             | 23 mg/m <sup>3</sup>   | 1.0 grano/100PCS          |
| Contenido CO <sub>2</sub> , máximo en % volumen              | 2%                     | 2%                        |
| Contenido de N <sub>2</sub> , máximo en % volumen            | 3                      | 3                         |
| Contenido de inertes máximo en % volumen (Nota 3)            | 5%                     | 5%                        |
| Contenido de oxígeno máximo en % volumen                     | 0.1%                   | 0.1%                      |
| Contenido máximo de vapor de agua                            | 97 mg/m <sup>3</sup>   | 6.0 Lb/MPCS               |
| Temperatura de entrega máximo                                | 49 °C                  | 120°F                     |
| Temperatura de entrega mínimo                                | 7.2 °C                 | 45 °F                     |
| Contenido máximo de polvos y material en suspensión (Nota 4) | 1.6 mg/m <sup>3</sup>  | 0.7 grano/1000 pc         |

Fuente: <http://www.turgas.com/fichanatural.html>

- **PRESIONES DE OPERACIÓN PERMISIBLES:**

De acuerdo con la NTC 3838, la tabla N°4 definen las presiones de operación permisibles para transporte, distribución y suministro de gas natural.

**Tabla 4.** Presiones de operación permisibles en Colombia, gas natural

| Clase de sistema de tubería y clase de usuario.                                                                            | Gas natural          |                      | GLP                 |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Alta presión: $P > 7 \text{ bar}$ ( $P > 101,5 \text{ psig}$ )                                                             | bar                  | psig                 | bar                 | psig               |
| Líneas de transporte.                                                                                                      | Véase el numeral 4.1 | Véase el numeral 4.1 | N.A                 | N.A                |
| Líneas primarias.                                                                                                          | 19 <sup>1)</sup>     | 275,6 <sup>1)</sup>  | N.A                 | N.A                |
| Instalaciones para suministro de gas destinadas a usos industriales, derivadas de líneas de transporte o líneas primarias. | 2)                   | 2)                   | N.A                 | N.A                |
| Media presión: $140 \text{ mbar} < P \leq 7000 \text{ mbar}$ ( $2,03 \text{ psig} < P \leq 101,5 \text{ psig}$ ).          | mbar                 | psig                 | mbar                | psig               |
| Líneas secundarias, líneas de acometida y líneas matrices exteriores a la edificación.                                     | 7000 <sup>3)</sup>   | 101,5 <sup>3)</sup>  | 1 000 <sup>4)</sup> | 14,5 <sup>4)</sup> |
| Instalaciones para suministro de gas destinadas a usos industriales, derivadas de líneas secundarias.                      |                      |                      | 1 000 <sup>4)</sup> | 14,5 <sup>4)</sup> |
| Líneas matrices interiores en instalaciones para suministro de gas destinadas a usos residenciales y comerciales.          | 350 <sup>4)</sup>    | 5,07 <sup>4)</sup>   | 350 <sup>4)</sup>   | 5,07 <sup>4)</sup> |
| Baja presión: $P \leq 140 \text{ mbar}$ ( $P \leq 2,03 \text{ psig}$ )                                                     | mbar                 | psig                 | mbar                | psig               |
| Líneas individuales en instalaciones para suministro de gas destinadas a usos comerciales.                                 |                      |                      | 140                 | 2,03               |
| Líneas individuales destinadas a usos residenciales para suministro de gas a artefactos con regulador asociado.            | 140                  | 2,03                 | 140                 | 2,03               |
| Líneas individuales destinadas a usos residenciales para suministro de gas a artefactos sin regulador asociado.            | 23                   | 0,33                 | 35                  | 0,5                |

**Fuente:** NTC 3838, MPOP según sistema de tubería y clase de usuario

- **VELOCIDAD DEL GAS:**

Es un factor decisivo para el cálculo del diámetro de la tubería, una baja velocidad puede conllevar a un sobre dimensionamiento de la red y una alta velocidad puede producir ruidos. La NTC 4282, definen las velocidades permisibles del gas en las tuberías, ver tabla N°5.

**Tabla 5.** Velocidades permisibles para el gas natural

| Tamaño del filtro<br>(micras) | Máxima velocidad del gas<br>(m/s)  |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Máximo 250                    | 40                                 |
| Entre 250 y filtración mínima | La que se determine como apropiada |
| Sin filtración                | 20                                 |

**Fuente:** NTC 4282

- **GRAVEDAD ESPECIFICA DEL GAS.**

Expresa la relación existente entre el peso por unidad de volumen del gas con respecto al peso de un volumen igual de aire.<sup>6</sup> Cuando no se determina la gravedad del gas por cromatografía, se utiliza un valor de 0.61, para nuestros cálculos usaremos este valor.

- **CONDICIONES ESTÁNDAR PARA EL GAS.**

Son las condiciones de presión y temperatura establecidas como de referencia para medir el volumen de un gas<sup>7</sup>, llamadas condiciones base, siendo 14.7 Psia para la presión y 15.5 °C para la temperatura.

---

<sup>6</sup> Fuente: Guía Diseño Redes de Gas-EPM. p 48

[http://www.ridssso.com/documentos/muro/207\\_1447201704\\_56428ba868c30.pdf](http://www.ridssso.com/documentos/muro/207_1447201704_56428ba868c30.pdf)

<sup>7</sup>

<http://www.academia.edu/12298231/GENERALIDADES SOBRE EL GAS NATURAL Gas Ideal Condiciones Base Gases reales Mezclas de Gases Contenido l%C3%ADquido de un Gas>

### **3.3. ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA RED.**

**3.3.1 La tubería.** Para el diseño de redes de gas no es procedente emplear tuberías en hierro fundido, tampoco es recomendable en la práctica, el empleo de tubería con costura, aunque la norma NTC 4282 lo permite.

Las tuberías empleadas en la construcción de la red son: Acero, cobre, aluminio, aleación de aluminio, multicapas y plásticas. A nivel industrial la práctica más común, es el empleo de tubería en acero y en polietileno.

Toda la tubería de la red, incluyendo las estaciones de medición y regulación deben cumplir la NTC 3728 (Gasoductos. Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas

- **TUBERÍAS EN ACERO.**

El tipo de tubería a emplear debe ser como mínimo cédula 40 y sus uniones deben realizarse mediante soldadura eléctrica acorde con la norma técnica colombiana, según sea aplicable para las tuberías en este material, básicamente debe cumplir las siguientes normas<sup>8</sup>:

a. ANSI/ASME B36.10 Standard for Welded and Seamless Rought Steel Pipe.

---

<sup>8</sup> ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 4282: instalaciones para suministro de gas destinadas a usos industriales: primera actualización 2003-12-19. Icontec

- b. NTC3470 tubos de acero soldados o sin costura recubiertos con zinc, por inmersión en caliente, de conexión soldada (según procedimientos ASME B31.8) o conexión roscada de tipo cónico (según NTC 332).
- c. ASTM A106 Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service.
- d. Tuberías de acero fabricadas de acuerdo la NTC 2249, de conexión roscada tipo cónico según la NTC 2104.
- e. Otras tuberías de acero fabricadas bajo normas ASTM de igual o mayor especificación establecidas en la NTC 3470.
- f. Las uniones soldadas para esta tubería deben hacerse, según la norma NTC 2057.

Las conexiones en este tipo de tubería deben hacerse roscadas, bridadas o soldadas, teniendo en cuenta las condiciones de presión y temperatura en la cuales debe operar la red y teniendo en cuenta las recomendaciones de la NTC 3728, además deben seleccionarse de tal forma que se garanticen la hermeticidad y resistencia mecánica en condiciones de operación.

Estas conexiones deben soportar los esfuerzos máximos en los extremos relacionados con la presión interna en la tubería y esfuerzos adicionales debido a la expansión o contracción por temperatura, vibraciones, fatiga, peso de la tubería y su contenido.

- **TUBERÍAS EN POLIETILENO.**

El tipo de tubería a emplear debe cumplir la norma NTC 1746 y sus uniones deben realizarse mediante el método de fusión térmica o mediante el uso de uniones mecánicas<sup>9</sup>. Para este tipo de tubería es importante tener en cuenta<sup>10</sup>:

- a. No emplear conexiones roscadas en tubería de polietileno.
- b. Está prohibido el uso de pegantes o sellantes químicos.
- c. La resistencia a la tracción de la junta debe ser como mínimo igual a la resistencia a la tracción de la tubería.
- d. Las uniones por fusión térmica deben hacerse cumpliendo con la recomendación del fabricante de la tubería y de acuerdo con la norma ASTM D 2657 para garantizar una resistencia igual a la de la tubería.
- e. No se deben unir por fusión térmica, tuberías fabricadas con materiales incompatibles.
- f. Al emplear conexiones mecánicas por compresión, debe emplearse un segmento tubular o anillo rígido interno en conjunción con el acople y sus dimensiones deben garantizar que la conexión sea a tope con la tubería.
- g. La unión a tope de tuberías con accesorios debe cumplir con los requisitos de la NTC 3409.
- h. La unión de accesorios tipo campana debe cumplir con lo establecido en la NTC 3410.

---

<sup>9</sup> En la práctica los diámetros empleados en la industria para este tipo de tubería son mayores a 1" el método convencional es la unión por termofusión, el empleo de uniones mecánicas aplica a tubería inferiores a 1"

<sup>10</sup> ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 4282: instalaciones para suministro de gas destinadas a usos industriales: primera actualización 2003-12-19. Icontec

- i. Los acoples mecánicos deben ensayarse cumplir con lo establecido en la NTC 1746.
- j. Para uniones con accesorios por el método de electrofusión debe cumplirse lo indicado en la norma ASTM F1055.

**Figura 4.** Tubería metálica para gas.



**Fuente:** [https://http2.mlstatic.com/tuberia-de-acero-al-carbon-10-pulgadas-cedula-40-D\\_NQ\\_NP\\_831007-MLM26036230858\\_092017-F.jpg](https://http2.mlstatic.com/tuberia-de-acero-al-carbon-10-pulgadas-cedula-40-D_NQ_NP_831007-MLM26036230858_092017-F.jpg)

**Figura 5.** Tubería en polietileno para gas.



**Fuente:** <http://www.extracol.com/gas/>

**3.3.2 Accesorios.** Son todos los elementos usados para empalmar, hacer cambios de dirección, cambios de diámetro, ramificaciones a la tubería o acoples. La unión de estos elementos puede ser soldada o roscada, en el caso de tuberías de acero y por termofusión o electrofusión, en el caso de las tuberías plásticas (polietileno) de acuerdo con la norma que aplique al material empleado en la construcción de la red.

- **ACCESORIOS SOLDADOS.**

Codos, tees, reducciones y tapones, comercialmente son fabricados cumpliendo la norma ASTM A-234 para el material y la norma ASME/ANSI B16.9 para dimensiones y tolerancias generales (VER ANEXO 1.9).

Las bridas comercialmente son fabricadas cumpliendo la norma ASTM A-105 en cuanto a los materiales a emplear y la norma ASME B16.5 para sus dimensiones y tolerancias generales, pero estas deben cumplir con la norma ASME B16.1, los empaque en las bridas empleadas para gas son los del tipo espirometálico, que debe cumplir básicamente la norma ASME B16.20 (VER ANEXO 1.9).

Los Weldolets, Sockolets y Thredolets comercialmente son fabricados cumpliendo la norma ASTM A-105, para el material y la norma ASME/ANSI B16.25 respecto a sus dimensiones y tolerancias generales (VER ANEXO 1.9).



**Figura 6.** Accesorios soldables para tuberías en acero.



Fuente: [http://www.nuruljayaabadi.com/imagesfile/elbow\\_tee\\_astm\\_a234\\_wpb\\_319.jpg](http://www.nuruljayaabadi.com/imagesfile/elbow_tee_astm_a234_wpb_319.jpg)

- **ACCESORIOS ROSCADOS Y SOCKET-WELDING.**

codos, tees, reducciones, crucetas, caps, couplings, uniones y bridas comercialmente son fabricados, cumpliendo la norma ASTM A-105 para el material, la norma ASME/ANSI B16.5 y B16.11 para dimensiones y tolerancias, si como también la norma ASME/ANSI B1.20.1 para las roscas (VER ANEXO 1.9).

**Figura 7.** Accesorios roscados y Socket-Welding, para tuberías en acero.



Fuente: <http://www.tecincol.com/contenidos/productos/accesorios/1.jpg>

- **ACCESORIOS EN POLIETILENO.**

al igual que la tubería, estos deben cumplir la norma NTC 1746, adicionalmente, deben satisfacer los requisitos de la NTC 3410 para accesorios tipo campana; la NTC 3409 para accesorios de fusión a toé o la norma ASTM F 1055 para accesorios por electro fusión<sup>11</sup>, (VER ANEXO 1.8).

**Figura 8.** Accesorios para tuberías en polietileno.



Fuente: [http://www.extracol.com/wp-content/uploads/2016/11/IMG\\_0595.jpg](http://www.extracol.com/wp-content/uploads/2016/11/IMG_0595.jpg)

- **ELEVADORES (TRANSITOMAS) Y JUNTAS MONOLÍTICAS**

Elevadores: es un elemento metálico o plástico diseñado con la finalidad de hacer la unión de tubería plástica y tubería metálica al igual que la tubería, estos deben cumplir la norma NTC 1746 para elevadores en polietileno de conexión bridada y la norma NTC 4534 para transitomas metálicos de conexión roscada de hasta DN 50 (NPS 2).

---

<sup>11</sup> ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 1746: plásticos, tubos y accesorios termo plásticos para conducción de gases a presión. Anexo A.14: cuarta actualización 1999-03-17.

**Figura 9.** Elevadores o transitomas para tuberías roscadas.



**Fuente:** [http://www.penagos.com/fittings/wp-content/uploads/bfi\\_thumb/2.-Elevadores-modulares-de-media-macho-y-hembra-serie-IPS-n1h2pem5i6piwgvyvqukkzdva65gouf19m3k89pl34.jpg](http://www.penagos.com/fittings/wp-content/uploads/bfi_thumb/2.-Elevadores-modulares-de-media-macho-y-hembra-serie-IPS-n1h2pem5i6piwgvyvqukkzdva65gouf19m3k89pl34.jpg)

**Figura 10.** Elevadores o transitomas para tuberías bridadas.



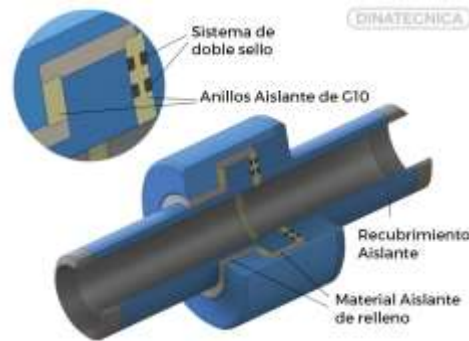
**Fuente:** 1EPM, especificación técnica ET-GS-RAP1033 elevadores o transitomas.

- **JUNTAS MONOLÍTICAS:**

las juntas monolíticas son estructuras prefabricadas compactas, que garantizan la no continuidad eléctrica en las redes de tuberías. Están diseñadas para separar

los conductos de gas aislando los equipos del sistema de tuberías, de tal forma que permita mantener la protección catódica cerca de los tramos a proteger<sup>12</sup>.

**Figura 11.** Junta monolítica.



Fuente: [http://www.dinatecnica.com.ar/junta\\_monolitica.jpg](http://www.dinatecnica.com.ar/junta_monolitica.jpg)

**3.3.3 Válvulas.** La finalidad de estas en la red es la de suspender el flujo de gas, aislando los equipos y artefactos con el objeto de que se pueda hacer un corte del suministro de gas en caso de mantenimiento o emergencia siendo su principal característica el cierre rápido en 1/4 de vuelta. Estas válvulas deben seleccionarse de acuerdo con la presión de operación de la red y deben cumplir con la NTC 3740 a presiones menores a 1 Psig, la NTC 3538 a presiones entre 1-125 Psig y la NTC 2576 aquellas que se instalen en tuberías en polietileno. Para las aplicaciones donde se emplea gas natural como fluido, su funcionamiento es ON-OFF y pueden ser accionadas de manera, automática, semi automática, manual, de ajuste manual.

---

<sup>12</sup> EPM. Especificación técnica junta monolítica para aplicaciones en gas natural

Otro aspecto fundamental en la selección de las válvulas de corte es el tipo de asientos los cuales deben garantizar la hermeticidad de la válvula, los más comunes son Buna, PTFE, Viton, Teflón, Delrin, Peek, los tipos de válvulas que generalmente se emplean en redes de gas son las del tipo bola, mariposa, cheque y poliválvulas entre otras.

- **VÁLVULAS DE BOLA.**

Es un dispositivo que permite o corta el paso de gas, mediante al accionamiento (on-off) de una bola o esfera taladrada fijada a un eje haciéndola girar 1/4 de vuelta, se fabrican acero con extremos roscados, bridados y soldables.

**Figura 12.** Válvula de bola.



Fuente: [http://www.esacademic.com/Seccion\\_valvula\\_de\\_bola.jpg](http://www.esacademic.com/Seccion_valvula_de_bola.jpg)

- **VÁLVULA MARIPOSA.**

Es un dispositivo que permite o corta el paso de gas, mediante al accionamiento (on-off) de una lámina circular fijada a un eje haciéndola girar 1/4 de vuelta, se fabrican del tipo waffer, lug y bridadas.

**Figura 13.** Válvula mariposa.



Fuente: <http://ciatransmetal.com/valvula-mariposa.png>

- **POLIVÁLVULAS:**

Es una válvula de bola fabricada en polietileno que permite o cortar el paso de gas, mediante al accionamiento (on-off) de una bola o esfera taladrada haciéndola girar 1/4 de vuelta, se emplean únicamente en tuberías de polietileno y se instalan aplicando los procedimientos de unión para este tipo de tuberías.

**Figura 14.** Poliválvula para tuberías en polietileno.



Fuente: <http://www.cagcanalizaciones.com>

**3.3.4 Filtros.** Los filtros para gas son elementos cuya finalidad es la de eliminar las impurezas que se encuentran en suspensión en el gas y que son transportados por la corriente o flujo. Los filtros generalmente se ubican en la entrada de la estación de regulación y deben cumplir básicamente los requisitos de velocidad indicados en la tabla N°5 para que, al pasar el gas por el filtro, la caída de presión este dentro de los parámetros aceptables, además de poseer el tamaño adecuado para el flujo máximo a mínima presión.

- **FILTROS DE PARTÍCULAS.**

son utilizados para proteger en condiciones operativas el paso del gas limpio, libre de cierto tamaño de partículas antes de las condiciones de regulación y medición. Se usan para control de partículas como polvo, limalla, tierra y material extraño<sup>13</sup>, que están en suspensión en la corriente de gas; su finalidad es proteger los equipos y dispositivos instalados aguas abajo de este.

Una tela en poliéster, fieltro o fibra de vidrio acondicionada como cartucho instalada en el interior de un soporte metálico, actúa como elemento filtrante y de acuerdo con el fabricante se garantizan una remoción del 100% de partículas de tamaño superior a 3 micrones y del 99.5% de partículas de tamaño entre 0.5-3 micrones.

---

<sup>13</sup> EPM. Especificación Técnica Para Filtro de Coalescente en Descompresoras a Gas Natural. Rev.0. 2015-09-25.

**Figura 15. Filtro de partículas**



**Fuente:** [http://www.graco.com.mx/images/prod\\_filtros\\_gas.gif](http://www.graco.com.mx/images/prod_filtros_gas.gif)

- **FILTROS COALESCENTES.**

son utilizados para remoción de agua, aceite y pesados en el flujo de gas natural antes de las condiciones de regulación y medición.<sup>14</sup> Su finalidad es proteger los equipos y dispositivos instalados aguas abajo de este, de la corrosión y retirar los elementos que impidan o limiten una correcta combustión del gas.

Un elemento filtrante acondicionado como cartucho, instalado en el interior de un soporte metálico, que de acuerdo con el fabricante se garantizan una remoción del 100% de partículas de tamaño superior a 1 micrones y del 99.9% de partículas de tamaño entre 0.3-1 micrones.

---

<sup>14</sup> EPM. Especificación Técnica Para Filtro de Partículas en Descompresoras a Gas Natural. rev. 0. 2015-10-16.



**Figura 16.** Filtro Coalescente.



Fuente: <http://img.directindustry.es>

**3.3.5 Reguladores presión.** Los reguladores son elementos de control de flujo, su función principal es conservar la presión en un mismo valor en su salida, independientemente de los cambios de presión y flujo en su entrada. En la selección del regulador se debe tener en cuenta la información sobre la curva de comportamiento, curva de operación, capacidad, presión de operación, presiones diferenciales máximas y mínimas de operación suministradas por el fabricante.<sup>15</sup> La figura 16 indica el modelo de la curva de operación de un regulador de gas.

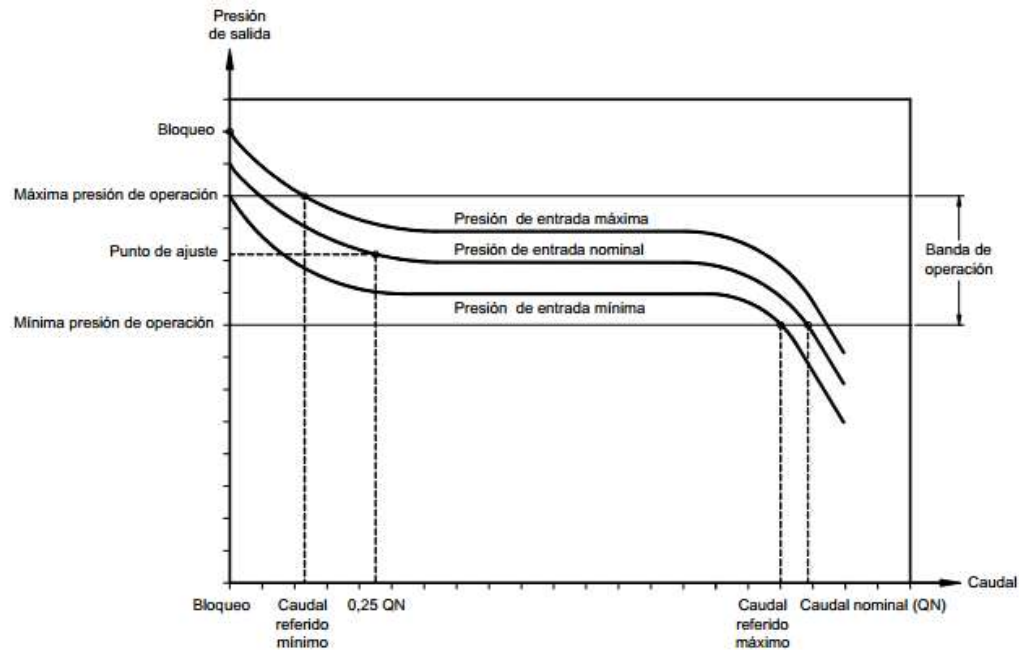
La regulación puede desarrollarse en una o varias etapas dependiendo de condiciones de suministro y la capacidad del regulador o reguladores instalados, una regulación del gas mal diseñada, puede genera ruidos superiores a los 80-85 decibeles, máximos permitidos por la legislación laboral colombiana, además de cambio bruscos en la temperatura del gas (efecto Joule-Thomson, perdida de 0.5 °C por cada Bar regulado ) lo que ocasiona la condensación de agua,

---

<sup>15</sup> ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 3949: Gasoductos. Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible. Primera actualización 2003-12-19. Icontec

hidrocarburos, congelamiento del regulador o la formación de hidratos siendo este último el más peligroso en sus efectos.

**Figura 17.** Curva de comportamiento del regulador a presión.



**Fuente:** Icontec, NTC 3727 reguladores de presión para gas natural con dispositivo interno para alivio de sobrepresión.

- **REGULADORES AUTO OPERADOS.**

Son reguladores auto operados, su diseño es muy simple y la regulación de la presión se realiza mediante el ajuste de un resorte y cuentan con un orificio de venteo por sobrepresión. Este tipo de reguladores es empleado generalmente para ajuste a bajas presiones; debido a su simplicidad cuando las condiciones de operación son variables (caudales y presiones de entrada), presenta algunas desventajas como el desbalance, descenso de la presión, error de medición y recuperación de presión lo que no los hace muy eficientes.

**Figura 18.** Regulador auto operado.



Fuente: <http://dominion.com.mx/fotoprod/regulador-de-presion-fisher-240.jpg>

- **REGULADORES PILOTADOS.**

Son reguladores conformados por un regulador más pequeño (piloto), que funciona como control del regulador principal, el piloto tiene la capacidad de multiplicar los pequeños cambios de presión aguas abajo del regulador principal y aplicarlos a este mediante un fenómeno llamado ganancia, el cual le confiere al regulador su exactitud. Por ejemplo, un regulador que tenga un decaimiento de 10 Psig, con apertura completa, si se le adiciona un piloto con una ganancia de 20, el decaimiento se convierte en  $10/20=0.5$  Psig.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> RENDON, José. Reguladores de Presión  
<http://www.oilproduction.net/files/Reguladoresdepresion.pdf>

**Figura 19.** Regulador pilotado



Fuente: [https://www.fiorentini.com/media/immagini/22\\_z\\_aperflux-851-normal.jpg](https://www.fiorentini.com/media/immagini/22_z_aperflux-851-normal.jpg)

**3.3.6 Medición del caudal de gas.** La medición de la cantidad de gas combustible suministrado a la industria por parte de la empresa distribuidora es uno de los aspectos más importantes en el diseño de la red. El diseño y la selección de los equipos y elementos necesarios para garantizar una medición precisa y confiable requieren un conocimiento de las variables del proceso (presión, temperatura, caudal y cromatografía del gas), los equipo y elementos que intervienen en la medición, los requerimientos para su instalación, además de una buena selección del computador de flujo que interpretara dichas variables de proceso y realizara las correcciones para indicar el volumen de gas real medido.

Para la medición de medición de gas deben considerarse como un conjunto constituido por el medidor, los tramos de tubería aguas arriba y aguas abajo, los acondicionadores y placas restrictoras de flujo. Los tipos de medidores empleados para la medición de gas a nivel industrial se enuncian a continuación:

- **MEDIDORES DIAFRAGMA.**

La NTC 2728 (Máquinas y Equipos, Medidores de Gas Tipo Diafragma), es la norma técnica para este tipo de medidores, la medida se efectúa por medio de cámaras medidoras con membranas deformables. El principio de operación de estos medidores se produce por la diferencia de presión establecida entre la entrada y la salida del medidor. El gas ingresa a uno de los lados de la cámara que separa el diafragma mientras que en lado opuesto del mismo se conecta internamente a la salida por medio de una válvula rotativa. Mediante un tren de engranaje y a través de un sistema de sellado por compresión, el movimiento se transmite al totalizador del medidor<sup>17</sup>.

**Figura 20.** Medidor tipo diafragma.



**Fuente:** <https://sensus.com/wp-content/uploads/r-275-r-315-diaphragm-meters.jpg>

Son mayormente empleados en aplicaciones de tipo residencial, comercial y en pequeñas industrias donde los caudales son muy bajos. La NTC 3950 (Medidores

---

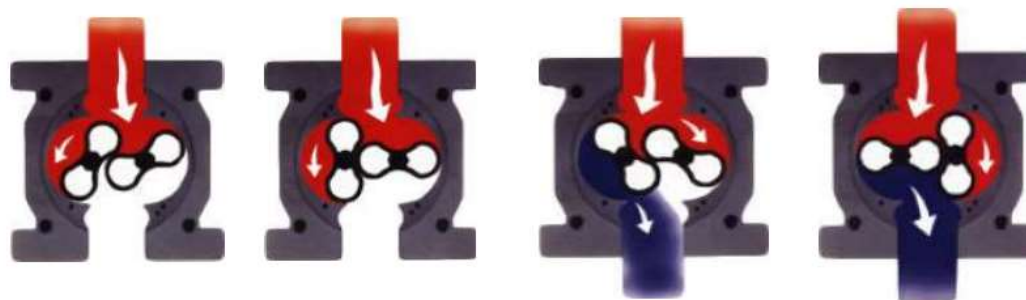
<sup>17</sup> ACTARIS. Medidor a diafragma ACD G1.6. Actaris Argentina.

de Gas Tipo Diafragma. Características Físicas), aplica para medidores con una capacidad inferior a 14.16 m<sup>3</sup>/h y la NTC 4554 (medidores de gas tipo diafragma con capacidad superior a 16 m<sup>3</sup>/h. Características Físicas).

- **MEDIDORES ROTATIVOS.**

La NTC 4136 (Medidores de gas tipo rotatorio), es la norma técnica para este tipo de medidores, este tipo de medidores también son conocidos como de desplazamiento positivo, la medida se efectúa mediante paso de gas que hace girar un conjunto de lóbulos internos, uno en sentido horario y el otro antihorario, este movimiento hace girar odómetro o indicador de consumo. La figura 21, muestra los ciclos de operación de este tipo de medidores.

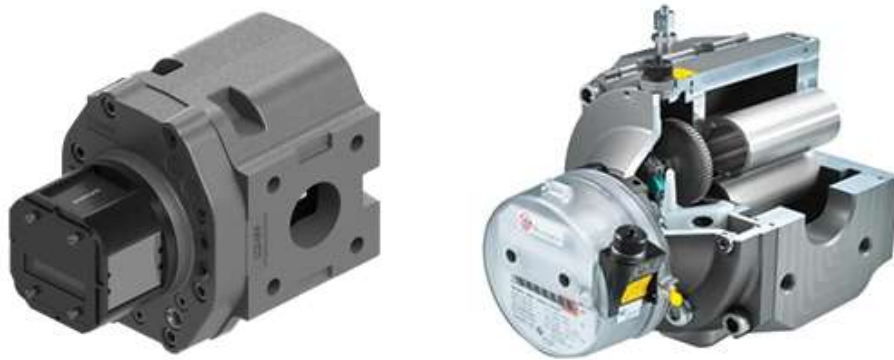
**Figura 21.** Ciclos del medidor tipo rotativo.



**Fuente:** Hatch Indisa. Sistema de medición de gas natural, Indisa on-line Pag. 4

Este tipo de medidores pueden operar con capacidades de flujo de gas desde los 0.25m<sup>3</sup>/h hasta 1000 m<sup>3</sup>/h a una presión máxima de 100 Bar, dependiendo del tipo de material en que este construido y pueden ser instalados en tuberías de hasta 6" de diámetro.

**Figura 22.** Medidor tipo rotativo.



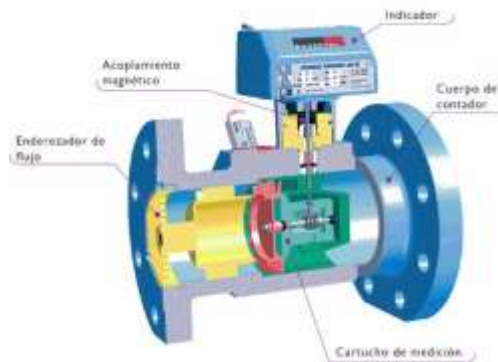
Fuente: <http://www.iftargentina.com>; <https://www.mwatechnology.com>

- **MEDIDORES TURBINA.**

La NTC 4136 o Reporte AGA N°7 (Medición de gas natural con medidores tipo turbina) son las normas técnicas que citar para el cálculo, selección e instalación de este tipo de medidores. La medición se efectúa por la contabilización de las revoluciones del rotor interno con alabes que gira en proporción a la velocidad del gas. Mediante una conexión mecánica un sensor registra la cantidad de vueltas o mediante pulsos electrónicos generados por cada giro, este tipo de medidores son los más precisos para este tipo de aplicaciones. En la figura 23 se observa un medidor tipo turbina y sus principales componentes.

Este tipo de medidores pueden operar con capacidades de flujo de gas desde los 5 m<sup>3</sup>/h hasta 10000 m<sup>3</sup>/h a una presión máxima de 100 Bar, dependiendo del tipo de material en que este construido y pueden ser instalados en tuberías de hasta 8" de diámetro.

**Figura 23.** Medidor tipo turbina.



Fuente: <https://sti-gas.com/producto/medidores-tipo-turbina-cgt-02-common/>

**Tabla 6.** Caudales máximos y mínimos medidores de flujo.

| Designación del medidor del gas | Q máx<br>m <sup>3</sup> /h | Límite superior de<br>Q mín m <sup>3</sup> /h |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|
| 0,6                             | 1                          | 0,016                                         |
| 1                               | 1,6                        | 0,016                                         |
| 1,6                             | 2,5                        | 0,016                                         |
| 2,5                             | 4                          | 0,025                                         |
| 4                               | 6                          | 0,040                                         |
| 6                               | 10                         | 0,060                                         |
| 10                              | 16                         | 0,100                                         |
| 16                              | 25                         | 0,160                                         |
| 25                              | 40                         | 0,250                                         |
| 40                              | 65                         | 0,400                                         |
| 65                              | 100                        | 0,650                                         |
| 100                             | 160                        | 1,000                                         |
| 160                             | 250                        | 1,600                                         |
| 250                             | 400                        | 2,500                                         |
| 400                             | 650                        | 4,000                                         |
| 650                             | 1 000                      | 6,500                                         |

Fuente: NTC 2728

- **ACONDICIONADORES DE FLUJO.**

Para el caso de los medidores del tipo turbina la instalación de acondicionadores de flujo, aguas arriba del mismo, tiene como finalidad reducir o eliminar los efectos



de la turbulencia o el flujo asimétrico del gas<sup>18</sup>. Estos pueden ser necesarios o no, dependiendo del diseño del medidor y de la gravedad de la perturbación del flujo aguas arriba, se diseñan según las recomendaciones de las normas AGA N°3 y AGA N°7

**Figura 24.** Placa acondicionadora de flujo.



Fuente: <https://sti-gas.com/producto/medidores-tipo-turbina-cgt-02-common/>

- **PLACAS DE ORIFICIO.**

Para el caso de los medidores del tipo rotativo y turbina es importante la instalación de placas restrictoras o placas de orificio aguas abajo del mismo, cuya finalidad es evitar un sobre rango en el medidor ocasionados por las fluctuaciones de presión y caudal a las que está sometido el medidor las cuales pueden ocasionar daños al mismo. Estos deben ser diseñados de acuerdo con las recomendaciones de las normas AGA N°3 y AGA N°7.

---

<sup>18</sup> AGA. Reporte N°7. Medición de gas natural con medidores tipo turbina.

**Figura 25.** Placa restrictora de flujo y esquema de instalación.



Fuente: [https://minpromex.com/wp-content/uploads/2015/06/ORIFICE\\_PLATE.jpg](https://minpromex.com/wp-content/uploads/2015/06/ORIFICE_PLATE.jpg)

**3.3.7 Instrumentación.** El monitoreo y control de las variables de operación de la red, es un aspecto fundamental, siendo la presión, temperatura y caudal las variables más importantes a monitorear y controlar, por esto en la red se deben instalar equipos que nos permiten la verificación directa o remota de la presión, temperatura y caudal, tales como manómetros de presión, indicadores de temperatura, indicadores de presión diferencial, correctores volumétricos, transmisores de presión, transmisores de temperatura entre otros, también podemos encontrar en la red equipos para el control de estas variables como las electro válvulas, swiches de presión, swiches de temperatura, válvulas de alivio de presión, indicadores de cierre y apertura de válvulas, entre otros. En la figura 24 se puede apreciar la disposición de la instrumentación para una estación de regulación de gas natural.

La selección e instalación de la instrumentación depende de la variable o variables a monitorear y controlar en la red o la ERM<sup>19</sup>, también de la filosofía con la cual se diseña la instrumentación; por ejemplo: sí se requiere monitorear la presión de entrada, con el fin de accionar una válvula de corte en caso de aumento súbito de

---

<sup>19</sup> Estación de regulación y medición.

la presión, el instrumento idóneo para esta acción es un manómetro de presión instalado antes de dicha válvula.

Otra forma de instrumentación es la instalación de un transmisor de presión el cual enviará una señal eléctrica, que accione una electroválvula o actuador para el cierre de la misma válvula.

**Figura 26.** Manómetro de presión.



Fuente: [https://http2.mlstatic.com/manometros-caja-de-acero-inoxidable-dial-2-12-x-14-npt-D\\_NQ\\_NP\\_144611-MLV20594236076\\_022016-F.jpg](https://http2.mlstatic.com/manometros-caja-de-acero-inoxidable-dial-2-12-x-14-npt-D_NQ_NP_144611-MLV20594236076_022016-F.jpg)

**Figura 27.** Manómetro de presión diferencial.



Fuente: <http://nextews.com/images/b1/85/b18597ac6fc00e98.jpg>.

**Figura 28.** Válvula de alivio.



**Fuente:** [http://www.imeico.com.mx/2013/wp-content/uploads/2014/12/HRP\\_19-KDCA-100.jpg](http://www.imeico.com.mx/2013/wp-content/uploads/2014/12/HRP_19-KDCA-100.jpg)

**Figura 29.** Indicador de temperatura.



**Fuente:** [https://www.wika.co/upload/WIKA\\_Thumbnails/Product-Detail-Large/PIC PR 73 de de 48905.jpg.png](https://www.wika.co/upload/WIKA_Thumbnails/Product-Detail-Large/PIC_PR_73_de_de_48905.jpg.png)

**Figura 30.** Corrector de volumen.



**Fuente:** <http://www.witechusa.com/images/products/XARTU1.jpg>

**Figura 31.** Transmisor de presión.



Fuente: <http://sensovant.com/img/presion-diferencial/transmisor-de-presion-para-liquidos-PTL.png>.

**Figura 32.** Transmisor de presión.

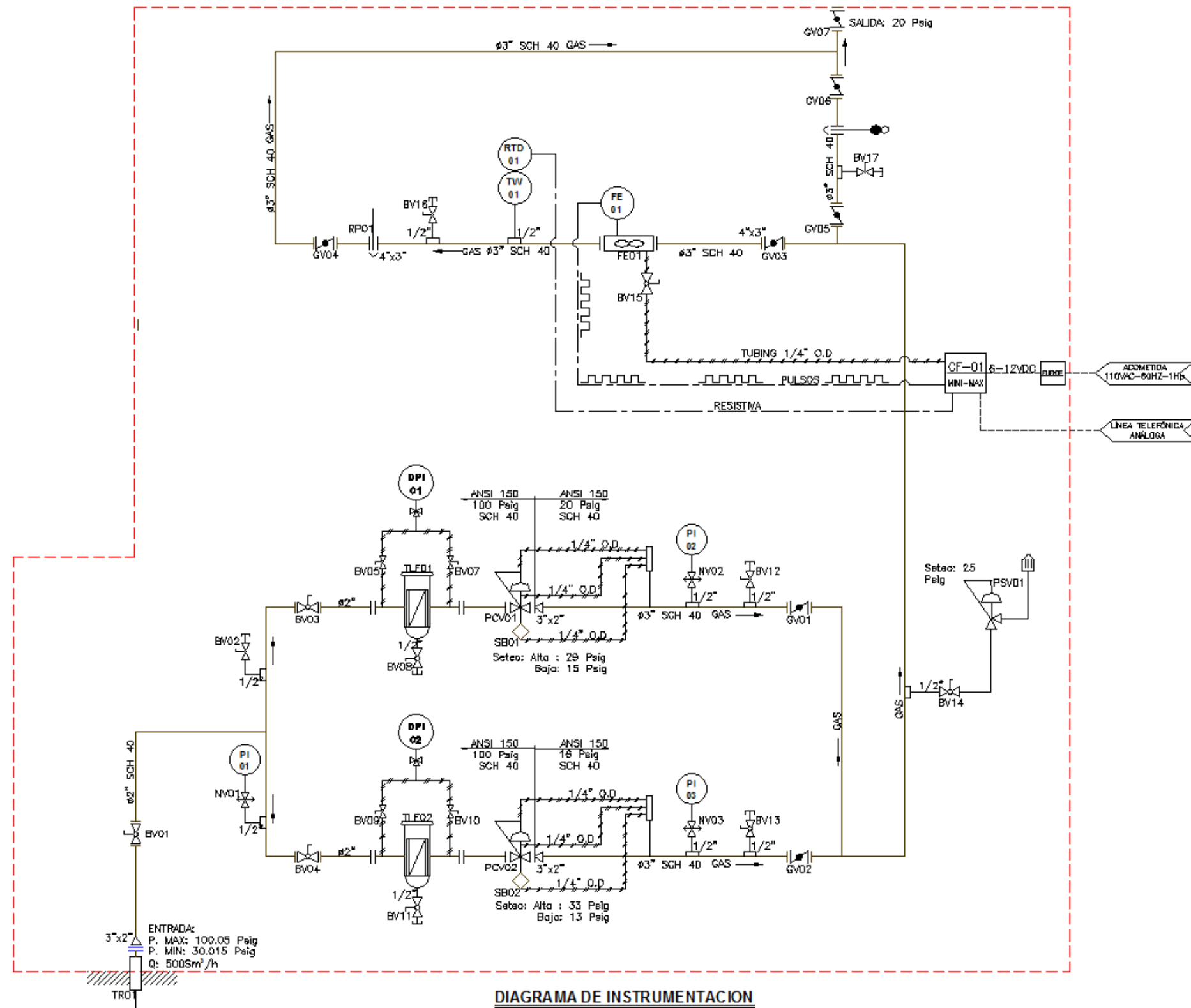


Fuente: <http://sensovant.com/img/presion-diferencial/transmisor-de-presion-para-liquidos-PTL.png>.

Como características fundamentales para seleccionar la instrumentación de la red es importante conocer el rango de medida, el error, el alcance, la exactitud, la precisión, la sensibilidad, la repetibilidad, la resolución del instrumento, el tipo de señales de entrada y salida de los mismos, entre otros; los equipos que hacen parte de la instrumentación en una red gas, en su gran mayoría emplean señales análogas, digitales, neumáticas dependiendo de las características y funcionalidad del equipo.

La figura 33 muestra el diagrama de instrumentación de una estación de regulación y medición de gas.

**Figura 33.** Diagrama de instrumentación.



Fuente: autor monografía

Algunas de las normas técnicas que deben cumplir estos equipos, adicionalmente a lo indicado en la NTC 4282 se encuentran:

- NTC 1420 Manómetros Parte 1. Manómetros Tipo Bourdon.
- NTC 2263 Metrología. Manómetros Indicadores De Presión, Manómetros De Presión-Vacío Para Usos Generales.
- NTC 4476 Métodos De Ensayo Para La Inspección Y Verificación De Termómetros.
- NTC 5785 Instrumentación Para La Medición En Procesos De Productos De Hidrocarburos.
- NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano.

## **4. GUÍA PARA EL DISEÑO DE UNA RED INDUSTRIAL, CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.**

En este capítulo, se realizará un paso a paso del cálculo de toda la red para el suministro de gas a una industria aplicando la normatividad colombiana observada en los capítulos anteriores. Los datos de entrada (parámetros de diseño), empleados para el cálculo y la selección de equipos, se plantean a partir de un problema práctico en el cual se requiere, el diseño de la red de acometida, la estación de regulación y medición, también, el diseño de la red interna para el suministro de gas a una turbina de generación eléctrica de 2282 kW, un sistema poscombustión 63 kW y se considera para consumos futuros 93 kW de potencia, bajo unos parámetros de operación suministrados por el propietario de los mismos.

### **4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO.**

En el diseño de la red de gas a desarrollar, se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- Fluido: Gas Natural en condiciones RUT - Odorizado,
- Densidad relativa: 0,676
- Presión de suministro por la empresa comercializadora:
  - Máxima: 300 Psig (20,7 Barg)
  - Mínima: 100 Psig (6,9 Barg)
- Temperatura típica entrada del gas natural:



- Máxima :49 °C
  - Mínima: 7,2 °C
- Velocidad permisible del gas: 20 m/s.
- Caída permisible de la presión en la red: 10% máximo
- Poder calorífico del gas:
  - PCS: 10.35 KW-h/m<sup>3</sup>
  - PCS: 9.315 KW-h/m<sup>3</sup>
- Condiciones ambientales:
  - Lugar de instalación: Medellín
  - Altitud: 1.585 msnm
  - Presión atmosférica promedio: 0,85 bar
  - Temperatura máx. promedio: 32,6 °C
  - Temperatura mín. promedio: 13,4 °C
- Consumos:
  - Turbina de generación eléctrica de 2282 KW
  - Sistema poscombustión 586 KW
  - Futuro: 858 KW
- Presión de regulación ERM: 80 Psig (5,51 Barg) +/- 5%
- Ecuación de Calculo: Müller media presión.

Dependiendo de la complejidad de la red y del fluido suministrado, existen otros parámetros complementarios para el cálculo de misma, como caída de temperatura por el efecto Joule-Thomson, entre otros.

## 4.2 CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE ACOMETIDA Y LA RED INTERNA.

Como primer paso para el cálculo de la red se procede determinando el caudal en Sm<sup>3</sup>/h de gas requerido por la red para cumplir con la demanda del proyecto, a partir del cociente de la sumatoria de las potencias de los equipos en kW y el poder calorífico inferior del gas (PCI: en kW-h/m<sup>3</sup>) de acuerdo con la ecuación N°1.

**Ecuación N°1:** Cálculo del Caudal

$$Q_{\text{total}} = \frac{kW_{\text{total}}}{PCI \left( \frac{kW-h}{m^3} \right)} = \text{Sm}^3/\text{h}$$

**Fuente:** autor monografía

Donde:

Q<sub>total</sub>: Caudal total de gas (m<sup>3</sup>/h a condiciones estándar)

kW<sub>total</sub>: Potencia total proyecto (Σ potencia equipos y futuros)

PCI: Poder calorífico inferior gas (9.315 kW-h/m<sup>3</sup>)

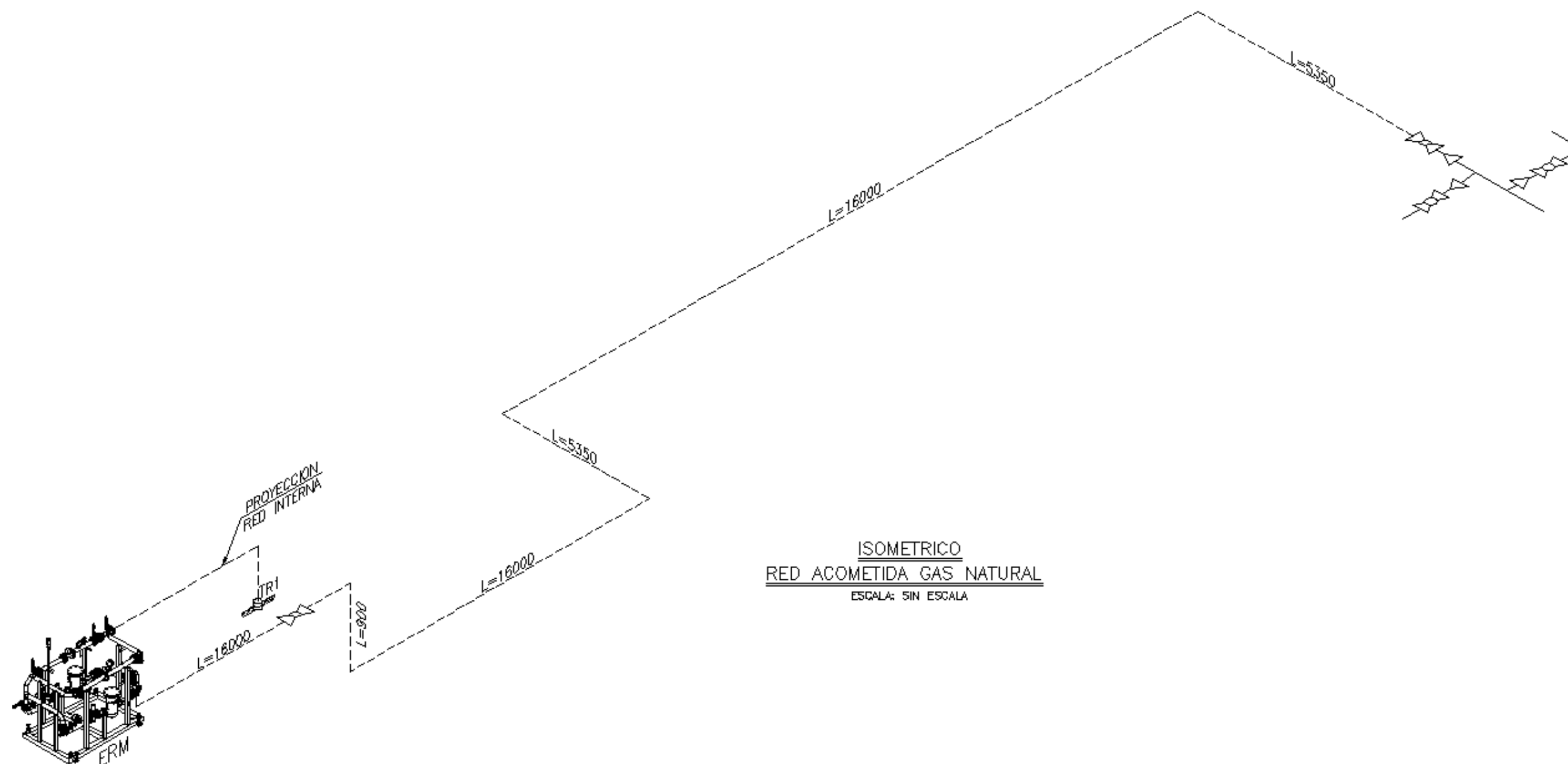
**Tabla 7.** Resumen cálculo de caudales de la red.

| Equipo                             |                                 | Potencia Instalada en kW | Caudal equivalente en Sm <sup>3</sup> / h |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|
| 1                                  | Turbina de Generación Eléctrica | 2282,0                   | 245,0                                     |
| 2                                  | Sistema de Poscombustión        | 586,0                    | 62,9                                      |
| 3                                  | futuro                          | 858,0                    | 92,1                                      |
| Total, Potencia y caudal de diseño |                                 | 3726,0                   | 400,0                                     |

**Fuente:** Autor monografía

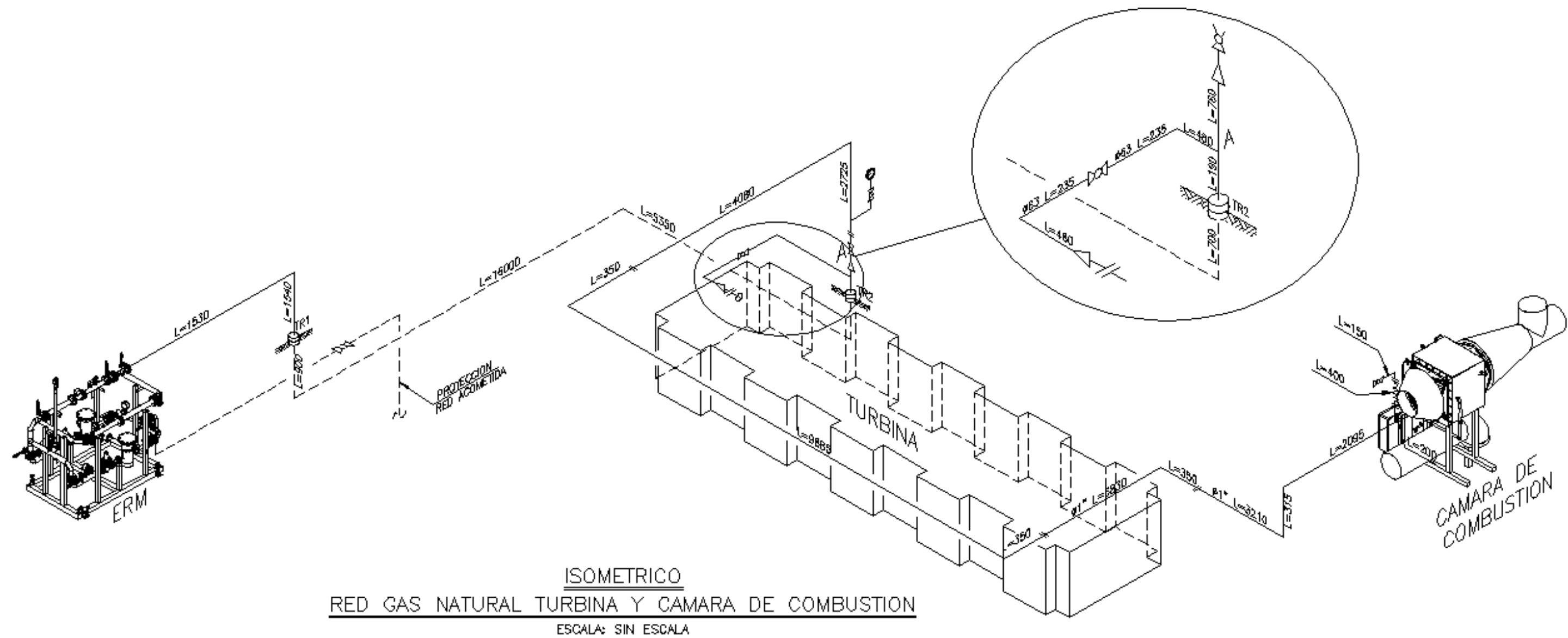
Habiendo determinado el caudal de diseño de red procedemos a realizar el trazado de la red, mediante el cual determinaremos los accesorios y el recorrido de la red.

**Figura 34.** Trazado tubería de acometida.



**Fuente:** autor monografía

Figura 35. Trazado tubería red interna.



Fuente: autor monografía

Habiendo determinado el trazado de la de red procedemos a calcular el diámetro mínimo que podrá tener la red de antes (red de acometida) y después (red interna) de la ERM. La ecuación que se empleará para el diseño de redes industriales o comerciales corresponde al modelo de Mueller para media presión, en los tramos donde la presión de diseño sea mayor a 70 mbar. Teniendo en cuenta lo indicado en la NTC 3838 respecto la máxima presión de operación permisible.

**Ecuación N°2:** Ecuación de Müller.

$$Q = \frac{0.13}{G^{0.425}} * \left[ \frac{P_1^2 - P_2^2}{L} \right]^{0.575} * D^{2.725}$$

**Fuente:** Guía Diseño Redes de Gas-EPM

Donde:

Q: caudal de gas (400 m<sup>3</sup>/h a condiciones estándar)

G: gravedad específica del gas 0.676.

P1: Presión absoluta del gas en el inicio de la red (7.75 Bar)

P2: Presión absoluta del gas en el final de la red (7.75-10%=7.06 Bar)

L: Longitud total de la red (318 m), incluye la long. equivalente de accesorios

D: Diámetro mínimo interior de la tubería (mm)

De la ecuación N°2, se despeja (**D**), que será el diámetro mínimo interior que tendrá la tubería en la red de acometida y en la red interna, teniendo la ecuación N°3.

**Ecuación N°3:** Cálculo Del Diámetro Mínimo Interior De La Tubería.

$$D = \left[ \frac{G^{0,425} * Q_t}{0,13} * \left[ \frac{L}{P_1^2 - P_2^2} \right]^{0,572} \right]^{\frac{1}{2,725}}$$

De donde:

| CALCULO Ø MÍNIMO INT. DE LA TUBERÍA |       |                            |          |                 |                 |           |
|-------------------------------------|-------|----------------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------|
| Red                                 | G     | Qt<br>(Sm <sup>3</sup> /h) | L<br>(m) | P1<br>(Bar atm) | P2<br>(Bar atm) | D<br>(mm) |
| Acometida                           | 0,676 | 400                        | 323,7    | 7,75            | 6,98            | 36        |
| Interna                             | 0,676 | 400                        | 57       | 6,37            | 5,73            | 27        |

Se considera un diámetro mínimo de 2 pulgadas en ambas redes del sistema, los cuales se podrán ajustar en cálculo final de la red.

Luego se procede a determinar el espesor de la pared del tubo, , además de este cálculo, se debe considerar que la corrosión afectará la tubería, por lo que el espesor final del tubo será la suma del espesor calculado por presión, más un espesor adicional por corrosión el cual debe estar entre 1/16 y 1/8 de pulgada, siempre y cuando, los tramos de alta, media y baja presión de la red sean en tubería de acero oculta o la vista.

**Ecuación n°4:** Cálculo De La Presión De Diseño.

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

**Fuente:** NTC 3728

Donde:

P: Presión de diseño:

Red de acometida 20.7 Barg (300 Psig)

Red interna.5.51 Barg (80 Psig)

S: Esfuerzo de fluencia de la tubería (35000 Psig)<sup>20</sup>

t: Espesor mínimo de pared del tubo (in)

D: Diámetro exterior de la tubería 2(in)

E: factor de eficiencia de la junta de acuerdo con clase la de localidad, tabla 8.

F: factor de diseño de acuerdo con clase de localidad, tabla 9.

T: factor de degradación por temperatura, tabla 10.

**Tabla 8.** Factor de eficiencia longitudinal de las juntas soldadas.

| Designación del material |   |     | Tipo de juntas  | Factor de eficiencia |
|--------------------------|---|-----|-----------------|----------------------|
| API                      | 5 | L   | S, ERW, FW      | 1,00                 |
| API                      | 5 | L   | BW              | 0,60                 |
| API                      | 5 | LS  | ERW, SAW        | 1,00                 |
| API                      | 5 | LX  | S, ERW, FW, SAW | 1,00                 |
| ASTM                     | A | 53  | S, ERW          | 1,00                 |
| ASTM                     | A | 53  | BW              | 0,60                 |
| ASTM                     | A | 106 | S               | 1,00                 |
| ASTM                     | A | 135 | ERW             | 1,00                 |
| ASTM                     | A | 139 | EFW             | 0,80                 |
| ASTM                     |   | 333 | S, ERW          | 1,00                 |

Fuente: NTC 3728

---

<sup>20</sup> Se considera inicialmente un límite de fluencia para un tubo acero ASTM A53 grado B.

**Tabla 9.** Factores de diseño básicos según la clase de localidad.

| Clase de Localidad | Factor de diseño |
|--------------------|------------------|
| 1                  | 0,72             |
| 2                  | 0,60             |
| 3                  | 0,50             |
| 4                  | 0,40             |

Fuente: NTC 3728

**Tabla 10.** Factor de degradación por temperatura.

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

Fuente: NTC 3728

De la ecuación N°4, se despeja (t), que será el espesor mínimo por presión que tendrá la tubería en la red de acometida y en la red interna, teniendo la ecuación N°5.

**Ecuación N°5:** Calculo Espesor Mínimo Por Presión Tubería En Acero.

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

De donde:

| Calculo Espesor Mínimo Por Presión Tubería En Acero (t) |             |             |             |     |      |      |             |
|---------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----|------|------|-------------|
| Red                                                     | P<br>(Psig) | D<br>(Pulg) | S<br>(Psig) | F   | E    | T    | t<br>(Pulg) |
| Acometida                                               | 300*        | 1,424       | 35000       | 0,4 | 0,6  | 1,00 | 0,0254      |
| Interna                                                 | 80*         | 1,074       | 35000       | 0,4 | 0,60 | 1,00 | 0,0051      |

\*El cálculo se realiza a la máxima presión de operación de la red.



Luego de haber calculado el espesor mínimo por presión se procede a determinar el espesor nominal de pared de la tubería (tn), el cual consiste en la sumatoria de espesor calculado por presión (t) y el espesor adicional por corrosión (1/16"-1/8"), como se indica en la ecuación N°6.

**Ecuación N°6:** Cálculo De Espesor Nominal.

$$t_n = t + t_c$$

Donde:

t: Espesor mínimo por presión de la tubería: 0.0254 Pulg (acometida), 0.0051 Pulg (red interna)

tc: sobre espesor por corrosión: 1/16 Pulg.

Donde:

| Espesor Mínimo Tubería de Acero |             |              |              |            |
|---------------------------------|-------------|--------------|--------------|------------|
| Red                             | t<br>(Pulg) | tc<br>(Pulg) | tn<br>(Pulg) | tn<br>(mm) |
| Acometida                       | 0,0254      | 0,063        | 0,0879       | 2,23       |
| Interna                         | 0,0051      | 0,063        | 0,0676       | 1,72       |

Para los tramos de la red, que se realizaran en tubería de polietileno, el cálculo del espesor del tubo se obtiene a partir de la ecuación N°7.

**Ecuación N°7:** Cálculo De Espesor nominal tuberías en polietileno.

$$P = \left( \frac{20 \cdot S \cdot t}{D - t} \right) \cdot 0,32$$

Sistema metrico.

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

Sistema ingles

**Fuente:** NTC 3728

Donde:

P: Presión de diseño:

Red interna. 5.51 Barg (80 Psig)

S: Esfuerzo hidrostático prolongado (1450 Psig)<sup>21</sup>

t: Espesor mínimo de pared del tubo (in)

D: Diámetro exterior de la tubería 2.37(in)

De la ecuación N°7, se despeja (t), que será el espesor mínimo por presión que tendrá la tubería en la red de acometida y en la red interna, teniendo la ecuación N°8.

**Ecuación N°8:** Calculo Espesor Mínimo Por Presión Tubería De Polietileno.

$$t = \frac{P * D}{0,64 * S + P}$$

De donde:

| Espesor Mínimo Tubería PE |             |             |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Red                       | P<br>(Psig) | D<br>(Pulg) | S<br>(Psig) | t<br>(Pulg) |
| Interna                   | 80*         | 2.37        | 1450        | 0.1881      |

\*El cálculo se realiza a la máxima presión de operación de la red.

---

<sup>21</sup> 1250 Psig para PE 2406, 1160 Psig para PE 80 y 1450 Psig para PE 100. Manual técnico, tubo sistemas conducción de gas

A partir de estos cálculos también podemos definir las dimensiones y características que tendrá la tubería de entrada y salida de la ERM, así como también, las características de los accesorios y tipos de conexiones a emplear para elementos que conformen la red, teniendo en cuenta contemplar lo indicado en la NTC 4282, NTC 1746.

#### 4.3 CÁLCULO DE LA PRESIÓN A LA SALIDA DEL TRAMO (P<sub>2</sub>).

La presión final en cada tramo de la red es un factor importante para determinar el valor o el porcentaje de la caída de presión en la red, por lo que cálculo de la red debe contemplar, la presión en cada uno de los puntos finales del tramo de tubería. La presión de salida del tramo se calcula a partir de la ecuación N°2 de Müller, obteniéndose la ecuación n°9.

**Ecuación N°9:** Cálculo De La Presión De Salida En Cada Tramo De La Red.

$$P_2 = \left[ P_1^2 - \left[ \frac{Q * G^{0,425}}{0,13 * D^{2,725}} \right]^{1,73913} * L \right]^{0,5}$$

Donde:

Q: Caudal de gas del tramo a condiciones estándar (Sm<sup>3</sup>/h)

G: Gravedad específica del gas 0.676.

P<sub>1</sub>: Presión absoluta del gas en el inicio del tramo (Bar)

P<sub>2</sub>: Presión absoluta del gas en el final de la red (Bar)

L: Longitud total del tramo, incluye la long. equivalente de accesorios (m)

D: Diámetro mínimo interior de la tubería (mm)

#### 4.4 CÁLCULO DE PERDIDAS DE PRESIÓN EN LA RED.

La pérdida de presión es un factor que influye en el cálculo total de la red, por lo que el diseño debe garantizar que la presión de suministro sea igual en todos los puntos de consumo de la red. El cálculo de la red debe contemplar que los porcentajes de pérdida de presión dentro de los rangos aceptables para cada uno de los tramos que conforman la red. El porcentaje de caída de presión en el tramo debe ser menor o igual al 10%<sup>22</sup> respecto al punto inicial del mismo; el porcentaje de caída de presión se calcula empleando la ecuación N°10.

**Ecuación N°10:** Cálculo Porcentaje Caída de Presión En El Tramo.

$$\Delta P = \frac{(P1 - P2)}{P1} * 100\%$$

**Fuente:** Jaramillo, C. Y. S., Gallego, O. P., & Álvarez, M. Á. (2015). Diseño de la red de gas natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

#### 4.5 VELOCIDAD DEL GAS EN LA RED.

La velocidad a la cual circula el gas en la red es un factor determinante del diámetro que tendrá la tubería, una alta velocidad del gas puede generar pérdidas de presión, erosión en las paredes del tubo, ruido, entre otros y una baja velocidad del gas, esta relaciona con un bajo caudal gas en los puntos de suministro, sobredimensionamiento de la red y sobre costos.

---

<sup>22</sup> Jaramillo, C. Y. S., Gallego, O. P., & Álvarez, M. Á. (2015). Diseño de la red de gas natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con énfasis en la acometida hacia la Planta de Etanol, área de servicios. *REVISTA POLITÉCNICA*, 2(3), 27-40.

De acuerdo con lo indicado en la NTC 4282, velocidades permisibles del gas, al emplear filtración con la finalidad de evitar daños en equipos instalados en la red, reguladores, medidores, quemadores, entre otros, que puedan causar obstrucción del flujo de gas, se recomiendan velocidades máximas de hasta 40 m/s, debido a que el filtro ocasiona una caída de presión. En redes donde no se requiere la instalación de filtros, la velocidad máxima recomendada será de 20 m/s.

**Ecuación N°11:** Ecuación para el cálculo del porcentaje de caída de la presión para presiones mayores a 70 mbar.

$$v_f = 353.7 \left( \frac{Q_{st}}{D^2} \right) \left( \frac{P_{st}}{P_f} \right) \left( \frac{T_f}{T_{st}} \right)$$

**Fuente:** Jaramillo, C. Y. S., gallego, O. P., & Álvarez, M. Á. (2015). Diseño de la red de gas natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

Donde:

$Q_{st}$ : caudal de gas (Sm<sup>3</sup>/h a condiciones estándar)

$P_{st}$ : Presión estándar (1.01325 Bar)

$P_f$ : Presión absoluta del gas (P. manométrica + P. atmosférica)

$T_{st}$ : Temperatura estándar, 288.71 °K (15.56 °C)

$T_f$ : Temperatura del gas, °K (promedio de la temp. Max y Min.)

#### 4.6 CÁLCULO RED DE ACOMETIDA Y RED INTERNA.

A partir de las ecuaciones anteriormente expuestas, se procede a realizar el cálculo de la red, en este cálculo se consideran especialmente la caída de presión

(<10%) y la velocidad (<20m/s) el gas en cada tramo, si el cálculo de estos valores da como resultado, un valor por encima de los permisibles se corrige mediante el método de tanteo, modificando el diámetro (D) de la tubería del respectivo tramo.

En la figura n° 29, muestra el trazado de la red de acometida, la cual se conecta a una línea primaria publica de alta presión como lo indica la NTC 3838, la red es enterrada en todo su recorrido y finaliza en una conexión bridada a la entrada de la estación de regulación y medición (ERM).

En la figura n° 30, muestra el trazado de la red interna, el inicia después de la estación de regulación y medición (ERM) consta inicialmente de un tramo a la vista, seguido de un tramo enterrado conectado en ambos extremos mediante transitoma (elevadores) a la tubería a la vista, finalmente la red emerge del suelo y se bifurca en un tramo que va hacia la turbina y otro va hacia la poscombustión.

Habiendo identificado las características de toda la red, se procede con la realización del cálculo, la tabla n° 12 muestra los resultados obtenidos de acuerdo con parámetros de diseño establecidos.

**Tabla 11.** Calculo de la red.

| CALCULO DE LA RED <sup>23</sup> |                      |                        |                        |                                  |                     |                           |                           |                        |                        |                            |                           |
|---------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Datos                           | P atm. (Bar)         | 0,85                   |                        | Pst (Bar)                        | 1,01325             |                           | Pf (Bar)                  | 7,75                   |                        | Tub. enterrada             | AC, PE                    |
|                                 | P man. (Bar)         | 6,9                    |                        | Tst (°K)                         | 288,71              |                           | Tf (°K)                   | 295,2                  |                        | Tub. a la vista            | AC                        |
|                                 |                      |                        |                        |                                  |                     |                           |                           |                        |                        |                            |                           |
| Tramo                           |                      | Potenci<br>a<br>P (kW) | Caudal<br>Q<br>(Sm3/h) | Long.<br>Total<br>L (m) +<br>20% | Material<br>tubería | Dia.<br>Tubería<br>D (in) | Dia.<br>Tubería<br>D (mm) | Presión 1<br>P1 (Bara) | Presión 2<br>P2 (Bara) | Caída<br>Presión<br>ΔP (%) | Velocida<br>d<br>Vf (m/s) |
| P. Inicial                      | Punto final          |                        |                        |                                  |                     |                           |                           |                        |                        |                            |                           |
| EEPPMM                          | ERM                  | 3726,0                 | 400                    | 72,00                            | SCH 40              | 2                         | 56,39                     | 7,75                   | 7,73                   | 0,2628                     | 5,95                      |
| ERM                             | TR1                  | 3726,0                 | 400                    | 3,68                             | SCH 40              | 2                         | 56,39                     | 5,51                   | 5,51                   | 0,1464                     | 5,95                      |
| TR1                             | TR2                  | 3726,0                 | 400                    | 27,54                            | PE                  | 2                         | 54                        | 5,51                   | 5,50                   | 0,2443                     | 6,49                      |
| TR2                             | A                    | 3726,0                 | 400                    | 0,23                             | SCH 40              | 2                         | 56,39                     | 5,50                   | 5,49                   | 0,0017                     | 5,95                      |
| A                               | TURBINA              | 2282,0                 | 245,0                  | 1,55                             | SCH 40              | 2                         | 56,39                     | 5,49                   | 5,49                   | 0,0048                     | 3,64                      |
| A                               | C.<br>COMBUSTIÓ<br>N | 586,0                  | 62,9                   | 37,45                            | SCH 40              | 1                         | 30,02                     | 5,49                   | 5,48                   | 0,2162                     | 3,30                      |
| A                               | FUTURO               | 858,0                  | 92,1                   | 0,60                             | SCH 40              | 1                         | 30,02                     | 5,49                   | 5,49                   | 0,0067                     | 4,83                      |

**Fuente:** autor monografía

<sup>23</sup> El cálculo de la red se hace a la menor presión de operación, para garantizar el funcionamiento de esta.

De acuerdo con el cálculo de la red, ninguno de los tramos presenta una caída de presión mayor al 10% y una velocidad superior a 20 m/s, en relación con los diámetros de tuberías propuestos, con estos resultados se puede concluir que la red cumple los parámetros de operación establecidos para la red.

En caso de que los resultados de caída de presión y la velocidad en cada tramo fueran superiores los límites establecidos basta con corregir el valor del diámetro (D) y realizar nuevamente los cálculos, hasta que estos lleguen a un valor aceptable. Queda a criterio del diseñador determinar los diámetros más acordes a las características de la red, teniendo especial cuidado de no incurrir en el sobredimensionado de la red.

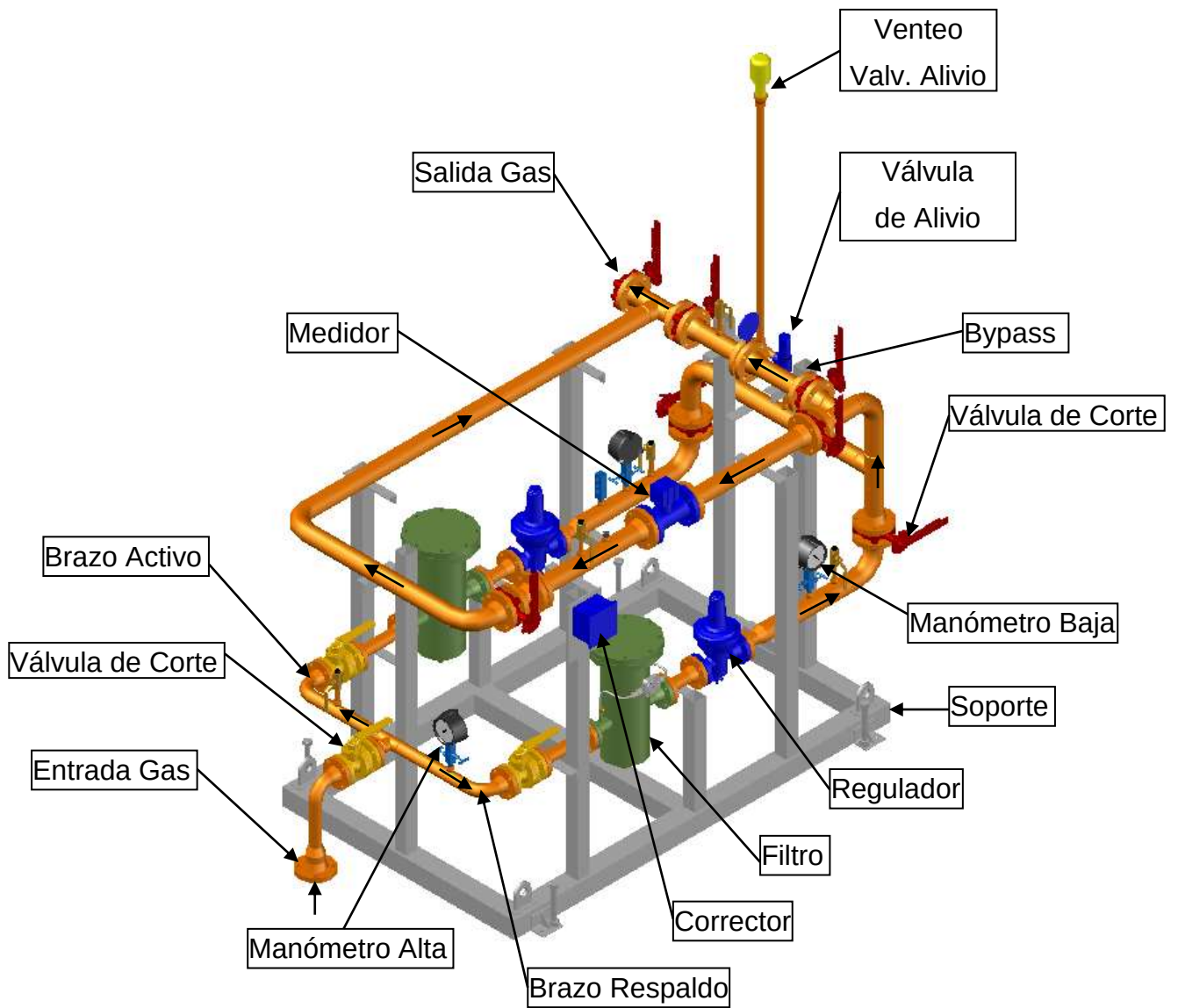
#### **4.7 LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM).**

La estación de regulación y medición es otro elemento de la red, en esta además de la regulación y la medición, se encuentra la filtración del gas, válvulas de corte y seguridad, elementos de monitoreo de la presión y temperatura, así como también, la válvula de alivio del sistema y sistemas de calentamiento del gas entre otros. La configuración de la estación puede variar dependiendo de las condiciones de operación de la red; la NTC 4282 anexo A, la NTC 3949, establecen los requisitos mínimos que debe cumplir la ERM en cuanto a diseño, construcción, ensayos, operación y mantenimiento.

Una ERM está conformada por tres etapas fundamentales la filtración, la regulación y la medición del gas suministrado, la figura n° 31 muestra una estación de regulación y medición industrial típica, la consta de doble brazo de filtración y regulación, una válvula de seguridad o de alivio y un brazo de medición con bypass.



**Figura 33.** Estación de regulación y medición industrial



**Fuente:** autor monografía

**4.7.1 Selección del filtro.** El filtro en una ERM es un elemento que está formado por 2 elementos, la coraza que contiene al elemento filtrante, esta se diseña de acuerdo a la norma ASME VIII División 1 y el elemento filtrante que es el que hace la separación de partículas polvo, tierra, metálicos, agua, y aceites que se encuentran disueltos en la corriente de gas y que pueden afectar el funcionamiento de equipos y causar deterioro de la red.

La selección del filtro considerar el caudal (Q) de gas y la caída de presión generada por este, además consiste en determinar el tipo elemento filtrante de acuerdo al tipo de partículas a remover y el grado de filtración; para los filtros de partículas los fabricantes, garantizan la remoción del 100% de las partículas mayores a 3 micrones y de 99.5% de las partículas entre 0.5 a 3 micrones, para los filtros coalescentes los fabricantes, garantizan la remoción del 100% de las partículas mayores a 1 micrones y de 99% de las partículas entre 0.3 a 1 micrones. Para la selección del filtro de partículas de la ERM la ecuación del cálculo es:

**Ecuación n°12:** Cálculo de la superficie filtrante

$$A = \frac{Q}{P * V * 3600}$$

Donde:

A: área de filtrado (m<sup>2</sup>).

Q: Caudal de gas (Sm<sup>3</sup>/h)

P: Presión entrada gas (Bar)

V: velocidad en el filtro (m/s)

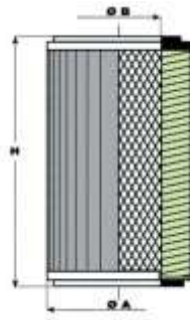
Realizando el cálculo para los parámetros del caso planteado en este documento:

| Área de filtrado |                           |            |            |                        |
|------------------|---------------------------|------------|------------|------------------------|
| Datos            | Q<br>(Sm <sup>3</sup> /h) | P<br>(Bar) | V<br>(m/s) | A<br>(m <sup>2</sup> ) |
| Valor            | 400                       | 6,9        | 0,33*      | 0,0488                 |

\*sugerido por el fabricante

Luego se procede a seleccionar en las fichas técnicas del proveedor del filtro, seleccionando el que más se ajuste a nuestro requerimiento.

**Tabla 12.** Selección elemento filtrante filtro de partículas.



| TIPO<br>TYPE                                          | GC 01 | GC 02 | GC 10 | GC 20 | G 0,5 | G 1   | G 1,5 | G 2  | G 2,5 | G 3  | G 4  | G 5  | G 6  |
|-------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| H (mm)                                                | 50    | 65    | 100   | 130   | 120   | 165   | 210   | 270  | 283   | 320  | 415  | 470  | 625  |
| Ø A (mm)                                              | 70    | 90    | 70    | 90    | 80    | 95    | 120   | 165  | 200   | 252  | 299  | 390  | 475  |
| Ø B (mm)                                              | 30    | 40    | 30    | 40    | 35    | 50    | 69    | 86   | 110   | 138  | 186  | 246  | 320  |
| Superficie<br>filtrante (mq)<br>Filter. area<br>(sqm) | 0,066 | 0,12  | 0,12  | 0,22  | 0,06  | 0,125 | 0,23  | 0,47 | 0,725 | 0,95 | 1,45 | 2,30 | 4,20 |

Fuente: [https://www.fiorentini.com/ww/es/product/components/gas-filters/filtros\\_hfahfb](https://www.fiorentini.com/ww/es/product/components/gas-filters/filtros_hfahfb)

**4.7.2 Selección del regulador.** Los reguladores de presión se fabrican en función de las distintas presiones de operación ANSI 1500, 900, 600, 300 y 150, el cuerpo del regulador puede ser en acero, bronce o hierro fundido y presentar conexiones mediante brida o rosca. La selección del regulador tiene como insumo fundamental el cálculo del coeficiente de regulación ( $C_g$ ), a partir de este podemos determinar el diámetro que tendrá en la entrada y salida de este, las ecuaciones para el cálculo son:

**Ecuación N°13:** Para flujo subcrítico, donde  $P2 > P1 \div 2$

$$Cg = \frac{Q(G)^{1/2}}{25(P2 * \Delta P)^{1/2} * F}$$

**Ecuación N°14:** Para flujo crítico, donde  $P2 < P1 \div 2$

$$Cg = \frac{Q(G)^{1/2}}{12,5 * P1 * F}$$

Donde:

Cg: Coeficiente de regulación.

Q: Caudal de gas (m3/h a condiciones estándar)

P1: Presión entrada gas (Bar)

P2: Presión salida gas (Bar)

$\Delta P$ : Diferencial de presión (P1-P2)

G: Gravedad específica del gas. (0.67)

F: Factor de dimensionamiento (0.7)

Realizando el cálculo para los parámetros del caso planteado en este documento:

| Calculo Cg selección regulador |             |                  |       |            |      |                    |        |
|--------------------------------|-------------|------------------|-------|------------|------|--------------------|--------|
| Condiciones de flujo           | Sub critico | $P2 > P1 \div 2$ | 10,78 | No cumple  |      | Presión atm. (bar) | 0,85   |
|                                | Crítico     | $P2 < P1 \div 2$ | 10,78 | Cumple     |      |                    |        |
| Datos                          | Q           | P1               | P2    | $\Delta P$ | G    | F                  | Cg     |
| Valor                          | 400         | 21,55            | 6,36  | 15,19      | 0,67 | 0,7                | 173,64 |

Luego se procede a seleccionar en las fichas técnicas del proveedor del regulador, seleccionando el Cg que más se ajuste a nuestro requerimiento.

**Tabla 13.** Coeficiente de regulación. Diferentes tipos de reguladores.

| <b>Dival 600</b>      |            |        |     |               |        |     |  |
|-----------------------|------------|--------|-----|---------------|--------|-----|--|
|                       | Head ø 280 |        |     | Head ø 280/TR |        |     |  |
| Nominal diameter (mm) | 25         | 40     | 50  | 25            | 40     | 50  |  |
| Size (inches)         | 1"         | 1 1/2" | 2"  | 1"            | 1 1/2" | 2"  |  |
| Cg flow coefficient   | 269        | 652    | 781 | 315           | 692    | 770 |  |
| KG flow coefficient   | 283        | 685    | 821 | 331           | 727    | 809 |  |
| K1 body shape factor  | 94         | 94     | 86  | 97            | 95     | 97  |  |

| <b>Norval</b>         |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nominal diameter (mm) | 25     | 40     | 50     | 65     | 80     | 100    | 150    | 200    |
| Size (inches)         | 1"     | 1 1/2" | 2"     | 2 1/2" | 3"     | 4"     | 6"     | 8"     |
| Cg flow coefficient   | 331    | 848    | 1360   | 2240   | 3395   | 5100   | 10600  | 16600  |
| KG flow coefficient   | 348    | 892    | 1430   | 2356   | 3571   | 5365   | 11151  | 17463  |
| K1 body shape factor  | 106,78 | 106,78 | 106,78 | 106,78 | 106,78 | 106,78 | 106,78 | 106,78 |

Fuente: [https://www.fiorentini.com/media/files/143\\_532\\_sizing\\_ct\\_s570\\_eng.pdf](https://www.fiorentini.com/media/files/143_532_sizing_ct_s570_eng.pdf)

**4.7.3 Selección del medidor.** Al igual que los reguladores, los medidores se fabrican en función de las distintas presiones de operación ANSI 1500, 900, 600, 300 y 150, el cuerpo de estos puede ser en acero, aluminio o hierro fundido y presentar conexiones mediante brida o roscas. Para la selección del medidor, el insumo fundamental es el cálculo de la capacidad de flujo a condiciones de operación estándar, aplicando la Ley General de los Gases:

**Ecuación N°15.** Calculo de la capacidad del Medidor

$$Q_m = \frac{(Q_{st} * P_{st}) * (T + 273,15)}{(T_{st} + 273,15) * (P_{min} + P_{atm})}$$

Donde:

Q<sub>m</sub>: Caudal de medición (m<sup>3</sup>/h)

Q<sub>st</sub>: Caudal de gas a condiciones estándar (Sm<sup>3</sup>/h)

P<sub>st</sub>: Presión estándar (Bar)

Tst: Temperatura estándar (°C)

Pmin: Presión mínima de entrada al medidor (Bar)

Patm: Presión atmosférica. (Bar)

T: Temperatura de operación (°C)

Realizando el cálculo para los parámetros del caso planteado en este documento:

| Calculo Qm capacidad del Medidor |              |            |           |         |             |             |            |
|----------------------------------|--------------|------------|-----------|---------|-------------|-------------|------------|
| Datos                            | Qst<br>Sm3/h | Pst<br>Bar | Tst<br>°k | T<br>°k | Pmin<br>Bar | Patm<br>Bar | Qm<br>m3/h |
| Valor                            | 400          | 1,013      | 288,71    | 305,15  | 5,24*       | 0,85        | 70,31      |

\*Presión mínima de seteo del regulador.

Luego se Procede a seleccionar en las fichas técnicas del proveedor del medidor y seleccionando el Qm que más se ajuste a nuestro requerimiento.

**Tabla 14.** Caudales de medición medidores Itron.

| G<br>Calibre | Qmax<br>(m <sup>3</sup> /h) | DN | Distancia<br>entre<br>bridas (L) | Dinamica  | Caudal<br>de<br>arranque<br>(dm <sup>3</sup> /h) | Perdida<br>de carga<br>$\Delta p_r^{(1)}$<br>(mbar) | 1 Imp<br>BF y<br>Cyble<br>(m <sup>3</sup> /<br>Imp) | 1 Imp<br>MF<br>(dm <sup>3</sup> /<br>Imp) | Frec<br>MF a<br>Qmax<br>(Hz) | 1 Imp HF<br>(dm <sup>3</sup> /Imp)<br>(Ruedas<br>Estd.<br>32/40) | Frec<br>HF<br>a<br>Qmax<br>(Hz) |
|--------------|-----------------------------|----|----------------------------------|-----------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| G16          | 25                          | 50 | 171                              | 20 to 50  | 50                                               | 0.13                                                | 0.1                                                 | 2.72                                      | 2.55                         | 0.0583                                                           | 119                             |
| G25          | 40                          | 50 | 171                              | 20 to 100 | 50                                               | 0.33                                                | 0.1                                                 | 2.72                                      | 4.08                         | 0.0583                                                           | 191                             |
| G40          | 65                          | 50 | 171                              | 20 to 160 | 50                                               | 0.88                                                | 0.1                                                 | 2.72                                      | 6.64                         | 0.0583                                                           | 310                             |
| G65          | 100                         | 50 | 171                              | 20 to 200 | 50                                               | 2.08                                                | 0.1                                                 | 2.72                                      | 10.2                         | 0.0583                                                           | 476                             |
| G65          | 100                         | 80 | 171                              | 20 to 200 | 70                                               | 0.69                                                | 0.1                                                 | 4.36                                      | 6.36                         | 0.0935                                                           | 297                             |
| G100         | 160                         | 50 | 171                              | 20 to 200 | 70                                               | 3.25                                                | 0.1                                                 | 4.36                                      | 10.2                         | 0.0935                                                           | 475                             |
| G100         | 160                         | 80 | 171                              | 20 to 200 | 70                                               | 1.73                                                | 0.1                                                 | 4.36                                      | 10.2                         | 0.0935                                                           | 475                             |
| G160         | 250                         | 80 | 171                              | 20 to 200 | 80                                               | 3.15                                                | 0.1                                                 | 5.28                                      | 13.2                         | 0.113                                                            | 614                             |

Fuente:

<https://www.itron.com/lam/technology/product-services-catalog/products/2/0/a/delta-rotary-meter>

**4.7.4 Filosofía de operación de la estación.** En estación de medición el gas natural entra a la estación en condiciones RUT, no asociado y seco, a una presión máxima de 20.7 Barg y mínima de 6.9 Barg (300 y 100 Psig). A la entrada de la estación se encuentra una conexión bridada con junta monolítica, la cual la ERM se conecta a la tubería de suministro de gas natural y una válvula de bola de 2" la cual se realiza el corte de la entrada de gas a la estación, también se encuentra instalado un indicador de presión con un rango entre 0-41 Barg (0-600 Psig).

Luego el gas pasa por la zona de filtración instalada en cada uno de los brazos de la ERM, identificados como brazo activo y brazo pasivo o de respaldo, diseñados cada uno para un caudal máximo de 400 Sm<sup>3</sup>/h, cada brazo cuentan con un solo regulador trabajador, con su respectiva válvula Slam Shut off (Mecanismo de seguridad de cierre rápido); el objetivo de utilizar un doble brazo de regulación tiene como finalidad que la filtración y la regulación del brazo activo (normalmente está en operación), deba salir de funcionamiento por mantenimiento o fallas en alguno de sus elementos principales, la filtración y la regulación pueda hacerse a través del otro brazo automáticamente.

El regulador del brazo activo siempre estará seteado a una presión mayor que el regulador del brazo de respaldo, la presión de disparo por alta de la Slam Shut off del brazo de respaldo será más alta que la del brazo activo, con esto garantizamos que el brazo de respaldo sea el último en cerrarse. En la salida de cada brazo de regulación se instalan las tomas de censado del regulador, un indicador de presión con un rango entre 0-10 Barg (0-150 Psig) para verificar la presión de salida del regulador.

Aguas debajo de la regulación se instala la válvula de seguridad (válvula de alivio) general de la ERM, el seteo de esta se realiza por encima del valor de disparo de los reguladores haciendo que el gas sea descargado a la atmosfera en el caso de

falla en la regulación de ambos brazos y el aumento de la presión en el sistema alcance el valor de seteo de esta; la válvula de seguridad está diseñada para descargar el 10% de la capacidad de la estación.

El gas regulado pasa a la zona de medición en donde se instala un medidor tipo rotativo (G65), este medidor posee salida de pulsos de baja frecuencia, toma de presión y temperatura que son dirigidas a un computador de flujo o corrector de volumen medido. Esta zona de medición se diseña bajo las recomendaciones de las normas NTC y AGA respectivas según el tipo de medidor, en cuanto a longitud de carretos, tomas de temperatura e instalación de placa restrictora de flujo. La zona de medición de ERM debe contar con bypass, para garantiza el paso de gas a la red interna en caso de falla y mantenimiento preventivo o correctivo del medidor.

En cada una de las zonas de la estación, deben instalarse válvulas de corte (bola o mariposa) que garanticen la suspensión del paso de gas con la finalidad de aislar los tramos de la ERM, en caso de manteamiento o falla de alguno de los componentes, estas válvulas deben ser de cierre rápido garantizando que 1/4 de giro la válvula pueda quedar cerrada.

Finalmente, en la salida de la estación, se instala una válvula de corte y una brida con el objeto de cortar el paso de gas y realizar la conexión al transitoma de la red interna,



## 5. CONCLUSIONES

La realización de una guía técnica, para el diseño de redes de gas de uso industrial, simplifica la recopilación de información existente y proporcionan de manera más rápida y puntual el acceso a la misma, la metodología empleada permite al lector racionalizar la información contenida en la guía de manera sencilla y realizar los cálculos de diseño requeridos, así mismo, mejora el entendimiento de los componentes y aspectos a tener en cuenta, antes y durante el procedimiento de diseño aumentando, la eficacia y solides de los resultados obtenidos.

La industria colombiana está optando por el uso de energías más amigables con el medio ambiente, incorporando en sus procesos una diversa gama de equipos los cuales emplean como combustible el gas natural, lo que ha significado la una creciente demanda de construcción de redes destinadas a este fin, haciendo que este tipo de proyectos un eslabón fundamental en el incremento de la productividad y competitividad de la industria nacional.

El seguimiento y cumplimiento de la legislación y la normatividad establecidas por el Ministerio de minas y Energía, la Comisión de Reguladora de Energía y Gas, la Superintendencia de Servicios Públicos y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC; que tienen como finalidad establecer los requisitos que se deben cumplir en la etapa de diseño y que en consecuencia reducir los riesgos para garantizar la protección de la vida, la salud y los bienes de los usuarios que son beneficiarios del uso del gas natural.

## **6. RECOMENDACIONES**

El diseñador es el único responsable de determinar cuáles son los componentes más adecuados para el diseño de la red, basándose en criterios de ingeniería, economía, calidad y seguridad.

Luego de finalizada la construcción de la red, esta debe cumplir con lo estipulado en la resolución 90902 de 2013, por lo que debe ser inspeccionada a por un organismo acreditado, que certifique su operatividad y seguridad.

El propietario de la red debe incluir dentro de su programa de mantenimiento, la revisión periódica de los elementos de que conforman la red, haciendo énfasis en los elementos de la ERM, reguladores, filtros, mediador, indicadores y válvulas de corte, procurando garantizar su correcto funcionamiento.

Deben realizarse, pruebas de hermeticidad a la red y a la ERM, con el objeto de detectar fugas antes de la puesta en marcha.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ACTARIS. Medidor a diafragma ACD G1.6. 2006. 4 p. Actaris Argentina

AGA. Reporte N°7. Medición de gas natural con medidores tipo turbina. 2010. 81 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 90902 (28, octubre, 2013). Por medio de la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Internas de Gas Combustible. Bogotá D.C.: El ministerio, 24 p.

CORTES LANCHEROS, Cesar. Parámetros de diseño para estaciones de recibo y entrega de gas natural. Bucaramanga, 2005, 167p. Monografía de Grado (Especialista en Ingeniería del Gas). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicoquímicas.

EPM. Especificación Técnica Junta Monolítica para Aplicaciones en Gas Natural. 2016, 11 p.

EPM. Especificación Técnica Para Filtro de Coalescente en Descompresoras a Gas Natural. 2015, 15 p. Rev. 0. 2015-09-25.

EPM. Especificación Técnica Para Filtro de Partículas en Descompresoras a Gas Natural. 2015, 16 p. Rev. 0. 2015-10-16.

EPM, Guía Diseño Redes de Gas. [En línea] [06 junio de 2018]. Recuperado en: [http://www.ridsso.com/documentos/muro/207\\_1447201704\\_56428ba868c30.pdf](http://www.ridsso.com/documentos/muro/207_1447201704_56428ba868c30.pdf)

FLÓREZ RUGELES, Lina. Elaboración de una guía técnica para la puesta en servicio de un sistema de distribución de gas natural en tubería de polietileno, basado en las buenas prácticas y normatividad técnica colombiana. Bucaramanga, 2016, 66 p. Monografía de Grado (Especialista en Ingeniería del Gas). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas.

ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 1746: plásticos, tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión. Cuarta actualización 1999-03-17.

ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 2505 Instalaciones para el suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales. Cuarta actualización 2006-05-24.

ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 3727 reguladores de presión para gas natural con dispositivo interno para alivio de sobrepresión.

ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 3728 Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas. Primera actualización 2001-11-28.

ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 3838 Gasoductos. Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles. Quinta actualización 2014-02-19.

ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 3949: Gasoductos. Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible. Primera actualización 2003-12-19.

ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 4282: instalaciones para suministro de gas destinadas a usos industriales: primera actualización 2003-12-19.

MARTÍNEZ, Marcías. Ingeniería de gas, principios y aplicaciones. Ingenieros Consultores y Asociados C.A, Venezuela, 2000.

ORTIZ, Oscar. GLP Gas Natural Conceptos básicos sobre el manejo técnico y seguro del gas combustible en una ciudad. 1ª ed Vieco. Medellín: Febrero, 1996

RENDÓN, José Gregorio. Reguladores de presión. 2006, 5 p. [En línea]. Recuperado en <http://www.oilproduction.net/files/Reguladoresdepression.pdf>

SÁNCHEZ, Claudia. PALACIO, Orlando. ÁLVAREZ, Mauricio. Diseño de la red de gas natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con énfasis en la acometida hacia la Planta de Etanol, área de servicios. En: Revista Politécnica. agosto-septiembre, 2006, N°3, p. 27-40.

SIFUENTES, Jorge. Instalaciones Industriales de Gas Natural, Ramal Interno, Red interna. 1ª ed. Lima: 2011 p 48.