

**METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN PAQUETIZADA DE
REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE GAS.**

CATALINA MARÍA MATEUS GUTIÉRREZ

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

2016

**METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN PAQUETIZADA DE
REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE GAS.**

CATALINA MARÍA MATEUS GUTIÉRREZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DEL GAS**

Director

**JUAN MANUEL ORTIZ AFANADOR
INGENIERO MECÁNICO**

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

2016

CONTENIDO

	Pg.
INTRODUCCIÓN	11
1. OPERACIONES UNITARIAS REQUERIDAS PARA EL CONDICIONAMIENTO DEL GAS EN LA ERM.	13
1.1. TIPOS DE ESTACIONES DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN	15
1.1.1. Estación puerta de entrada o <i>City Gate</i>	15
1.1.2. Estaciones de distribución	16
1.1.3. Estaciones Industriales	17
1.2. FILTRACIÓN	17
1.2.1. Tipos de filtros	18
Filtros en Línea Tipo Cartucho	18
1.3. CALENTAMIENTO	19
1.3.1. Tipos de calentadores	20
Calentador tipo haz de tubos	20
1.4. CONTROL – REGULACIÓN DE PRESIÓN	21
1.4.1. Válvulas de corte de emergencia – ESDV	22
1.4.2. Válvulas de seguridad o de alivio de presión – PSV	24
1.4.3. Válvulas para control de presión	25
Válvulas reguladoras de presión	26
Válvulas de control	28
1.5. MEDICIÓN	29
1.5.1. Tipo de medidores	30
Medidores rotativos	30
Medidores tipo placas de orificio	31
Medidores tipo turbina	32
Medidores tipo ultrasónicos	33
Medidores tipo másicos	34
1.6. ODORIZACIÓN	36
2. INSTRUMENTACIÓN ASOCIADA: CRITERIOS DE SELECCIÓN Y UBICACIÓN EN LA ERM.	38
2.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN	38
2.2. UBICACIÓN EN LA ESTACIÓN	41
2.3. TUBERÍA	42
2.4. MATERIALES	42
2.5. ACCESORIOS	43
2.6. CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO	44
3. NORMATIVAS COMPETENTES AL DISEÑO DE UNA ERM	47
4. METODOLOGÍA	50

5.	CONCLUSIONES	52
6.	RECOMENDACIONES	53
	BIBLIOGRAFÍA	54
	ANEXOS.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un City Gate	16
Figura 2. Esquema de un filtro de Cartucho.	19
Figura 3. Esquema de un intercambiador de calor.	21
Figura 4. Conjunto válvula ESDV automatizada	23
Figura 5. Configuraciones de las válvulas de seguridad.....	25
Figura 6. Diferentes configuraciones para el montaje de reguladores de presión en las ERM.	27
Figura 7. Esquema Válvula tipo Slam Shut.....	27
Figura 8. Conjunto válvula, actuador y posicionador.	29
Figura 9. Medidor tipo rotativo	31
Figura 10. Placas de Orificio.....	32
Figura 11. Medidores tipo turbina.	33
Figura 12. Medidor tipo ultrasónico.....	34
Figura 13. Medidor tipo Coriolis	35
Figura 14. Matriz general de criterios para selección de tecnologías de medidores.	35
Figura 15. Odorizador por inyección.	37
Figura 16. Etapas de proceso en una ERM	41
Figura 17. Cálculo de la MPOP.....	42
Figura 18. Tabla No. 2 de la NTC 3949, ubicación del venteo.....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Listado de normas aplicables.....	47
--	----

RESUMEN

TÍTULO: DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN PAQUETIZADA DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE GAS.

AUTORES: CATALINA MARÍA MATEUS GUTIÉRREZ.

PALABRAS CLAVES: estación de regulación y medición, medición, odorización, control de presión, fiscalización.

DESCRIPCIÓN:

Para el abastecimiento de gas natural a industrias o domicilios es necesario considerar etapas previas para el acondicionamiento del fluido en aras de mantener operaciones seguras.

Dentro de la cadena de valor del gas natural se consideran las operaciones de transporte y distribución, las cuales buscan la masificación del uso de este fluido mediante estaciones de regulación y medición y redes de distribución. Estas estaciones se diseñan y usan para acondicionar el gas a valores seguros de presión y para la fiscalización del volumen entregado, para efectos contractuales, entre el transportador y el distribuidor o directamente el usuario final, el cual puede ser un cliente industrial. Para asegurar lo anterior es necesario conocer y entender cada una de las operaciones unitarias de la estación así como conocer las funciones de cada equipo e instrumento involucrado.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar una metodología clara para el diseño de una estación de regulación y medición de gas, basadas en las normativas nacionales e internacionales para asegurar la prestación continua del servicio, la calidad del fluido y la seguridad de la estación y áreas cercanas. Se detallarán cada una de las operaciones junto con los equipos involucrados, buscando mostrar las diferentes tecnologías disponibles en el mercado así como los criterios de diseño y selección.

*Monografía de Especialización

**Facultad Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos, Director Ing. Juan Manuel Ortiz

ABSTRACT

TITLE: DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR DESIGNIN OF PRESSURE REDUCING AND MEASUREMENT GAS STATION

AUTHORS: CATALINA MARIA MATEUS GUTIERREZ

KEY WORDS: Pressure reducing and measurement station, measurement, odorizing, pressure control.

DESCRIPTION:

To supply natural gas to industries or homes must be considered preliminary stages for conditioning the fluid in order to maintain a safe operation.

Within the value chain are considered natural gas transmission and distribution operations, which seek the mass use of this fluid by measuring and regulating stations and distribution networks. These stations are designed and used to condition the gas pressure to safe values and to control the volume delivered, for contractual purposes, between the carrier and the distributor or the end user, which can be an industrial customer. To ensure the above is necessary to know and understand each of the unit operations of the station and know the functions of each equipment and instrument involved.

This paper aims to develop a clear methodology for the design of a regulation station and gas measurement, based on national and international standards to ensure continued service delivery, fluid quality and safety of the station and areas nearby. Each of the operations will be detailed along with the teams involved, seeking to show the different technologies available in the market as well as the design and selection criteria.

*Monografía de Especialización

**Facultad Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos, Director Ing. Juan Manuel Ortiz

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas proveedoras de equipos de instrumentación y control están migrando hacia el suministro de soluciones paquetizadas para así facilitar la adquisición de materiales, la labor de montaje y arranque al usuario final. Con esta integración se busca que la dinámica del proyecto del usuario final sea más corta y más trazable por su área encarga, esto por la facilidad de manejar un solo proveedor y no varios para la construcción de una solución. Por el lado del proveedor, esta dinámica se presta para la integración de más marcas de su representación y para adquirir la experiencia en suministro de soluciones integrales para otras empresas interesadas.

La empresa P.C., líder nacional en el suministro de instrumentación industrial como lo son los elementos finales de lazos de control (válvulas de control, reguladores de presión) y la automatización de procesos, quiere participar en el mercado de soluciones paquetizadas, puntualmente en el suministro de estaciones de regulación y medición, para aprovechar el auge de la masificación del suministro de gas natural a poblaciones no atendidas, para lo que necesita capacitar a su personal técnico, pues a la fecha no se ha participado en este tipo de proyectos por lo que se tiene una falencia a nivel técnico en este tipo de soluciones.

Es el objetivo de este documento el desarrollar una metodología para el diseño de una estación de regulación y medición de gas que contemple los criterios de diseño, selección e ingeniería basados en las normativas técnicas particulares para cada operación unitaria, que sirva de herramienta básica a la compañía P.C. para lograr las competencias básicas de su personal para la ejecución de un proyecto en este tipo de soluciones. Este documento se deja a disposición de personal de ingeniería y del área técnica para el desarrollo de este tipo de soluciones.

Esta metodología será una herramienta útil para profesionales y empresas que deseen entrar en el mercado de las soluciones paquetizadas; con lo cual se pretende indicar las pautas básicas a nivel de ingeniería de cada uno de los puntos clave para el diseño, como la consideración de caudales de gas, descripción de cada una de las operaciones unitarias, equipos requeridos, criterios de dimensionamiento y selección de la instrumentación y normativa aplicable.

1. OPERACIONES UNITARIAS REQUERIDAS PARA EL CONDICIONAMIENTO DEL GAS EN LA ERM.

Después de realizar el debido tratamiento del gas natural en las facilidades de superficie, éste queda acondicionado para ser vendido para lo cual se requiere transportarlo por medio de la red nacional de transporte – gasoductos - hacia su destino final: usuarios industriales o domiciliarios. Las presiones a las que operan los gasoductos son muy altas lo que indica que para la comercialización del gas se requiere realizar una pérdida de energía en el fluido para tener aguas abajo las presiones tolerables por los equipos industriales. Esta adecuación se realiza por medio de estaciones de regulación de gas, las cuales realizan la reducción de presión desde la presión de operación del gasoducto (1200 Psig) hasta el valor de entrega de presión permitida por el distribuidor o comercializador (250 Psig). Incluso, algunas de estas estaciones alimentan directamente industrias que consumen altos flujos de gas natural y éstas requieren la entrega de presiones cercanas a los 60 Psig. Adicional a la adecuación de la presión, también puede realizarse una etapa de medición con la finalidad de cuantificar la cantidad de gas vendida y así facturar.

Las estaciones de regulación y medición de gas natural son soluciones paquetizadas que consisten en acondicionar el gas para entregarlo al usuario final en las condiciones que opere su sistema o sus equipos. Básicamente, una estación contempla las siguientes operaciones unitarias que se describirán a continuación:

- Filtración: se realiza para eliminar el material particulado presente en el gas y con ello evitar fallas en los sistemas instalados aguas abajo.
- Regulación de presión: se realiza para reducir la presión del gas, que generalmente se recibe a 1200 Psig y debe entregarse, dependiendo del tipo de estación, a 250 Psig o a 60 Psig.

- Calentamiento: cuando por efecto de la expansión del gas se genera congelamiento de las trazas de agua existentes en la corriente de gas o por la formación de los hidratos del gas, es necesario considerar la etapa de calentamiento para elevarla desde 0°C (punto en el cual se forma congelamiento) hasta 15°C o 18°C.
- Odorización: esta etapa se debe realizar cuando el usuario final será un cliente residencial, pues el gas natural es inoloro y por seguridad debe adicionarse un odorizador para que en un evento de una fuga, ésta sea detectada a tiempo. No es mandatorio si el usuario final no es residencial.
- Medición: En el control operacional ninguna variable es más importante para el proceso que el flujo. La medición de flujo es esencial en todas las fases del manejo del gas, incluyendo la producción, el procesamiento y en especial en la contratación de transporte y producto. Un sistema de medición de gas debe considerarse globalmente como un conjunto integrado por el medidor, los tramos de tubería recta aguas arriba y aguas abajo. Este conjunto puede incluir además acondicionadores de flujo, reguladores del perfil de velocidad, filtros, tomas de presión, entre otros¹.
- Seguridad: Para mantener la integridad de la estación, instrumentación y operación de la estación es necesario y mandatorio considerar dispositivos de alivio y cierre de emergencia. Con ello se busca asegurar el sistema y evitar daños aguas arriba o aguas debajo de la estación. Aquí se consideran *Emergency Shut Down Valve*, o ESDV con indicación por pilotos de corte por alta presión.

Este documento profundizará en su extensión acerca de las etapas de regulación de presión y medición, cuando se explique acerca de los tipos de estaciones y de la instrumentación requerida para dichas etapas; para así construir una metodología para el diseño de una ERM.

¹ CORTES, Cesar. "Parámetros de diseño para estaciones de recibo y entrega de gas natural". Monografía de especialización en Ingeniería del gas. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga 2005.

1.1. TIPOS DE ESTACIONES DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN

En la actualidad se distinguen tres tipos de estaciones como se describirán a continuación.

1.1.1. Estación puerta de entrada o *City Gate*

Estación reguladora de la cual se desprenden redes que conforman total o parcialmente un Sistema de Distribución y a partir de la cual el Distribuidor asume la custodia del gas².

Esta estación recibe el gas directamente del gasoducto a una presión de 1200 Psig y realiza el tratamiento del gas necesario para cumplir con los requerimientos de calidad y seguridad especificados tanto por el transportador como el distribuidor.

Los componentes principales de los City Gates son los siguientes³:

- Válvula de entrada ESDV y primera etapa de regulación
- Etapa de separación y filtración.
- Sistema de calentamiento.
- Segunda etapa de regulación de presión.
- Sistema de protección por sobrepresión.
- Etapa de medición.
- Sistema de odorización.
- Sistema de medición de la calidad del gas – cromatógrafo.
- Módulo de aire para instrumentos.
- Módulo de gas combustible para calentadores.

² REGLAMENTO ÚNICO DE TRANSPORTE. Resolución CREG 071 de 1999. Página 27. Disponible en línea <http://cnogas.org.co>

³ Presentación encuentro de ingeniería interuniversitario [En línea]. Disponible en web <http://www.portaldeingenieria.com/>

- Grupo generador.
- Trampa para el envío de *Scraper*.

Figura 1. Esquema de un *City Gate*



Fuente: Tomado del catálogo de producto del fabricante Tartarini de *Emerson Process Management*.

1.1.2. Estaciones de distribución

De la línea regulada a 250 Psig de la *City Gate* se reduce la presión en una estación de distribución hasta una presión de 60 Psig. Esta estación es pequeña en instrumentación comparada con la *City Gate* y normalmente contempla las siguientes etapas:

- Válvula de entrada ESDV
- Reguladores de presión
- Medidor de flujo
- Filtro

En algunas ocasiones esta estación de distrito se ubica directamente en el nodo del gasoducto, cuando es necesario dar suministro de gas a una población cercana a esta instalación.

1.1.3. Estaciones Industriales

Este tipo de estaciones se construyen con la finalidad de dar suministro de gas a grandes consumidores de gas como lo son las industrias del vidrio y las térmicas.

Por sus consumos, generalmente el gas se toma directamente del gasoducto y se construye la estación considerando el acondicionamiento del gas a una presión de salida entre 60 Psig y 250 Psig (pues depende de la presión requerida en sus procesos internos) y la medición del consumo para la transferencia de custodia y facturación final.

Como se comentó en el numeral 1.1.2 esta estación cuenta con instrumentación como la válvula de entrada, regulación de presión, medición del gas, calentamiento y filtración.

A continuación se detallan las operaciones unitarias involucradas:

1.2. FILTRACIÓN.

El gas natural sin tratar contiene una combinación de contaminantes sólidos y líquidos, incluidos: compuestos químicos de tratamiento de pozos y tubería de producto, vapor de agua, sulfuro de hierro, óxido de hierro y gas ácido, como sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono. Estos contaminantes pueden ensuciar los equipos de procesamiento, corroer los equipos de distribución y crear espumas y provocar un producto final fuera de especificaciones⁴.

La remoción de material particulado presente en las corrientes de gas es muy importante, pues este material puede obstruir o dañar algún equipo o

⁴ Filtración del procesamiento del gas [En línea]. Disponible en web http://solutions.3m.com.mx/wps/portal/3M/es_MX/Oil-Gas_LA/3M-Oil-and-Gas/oil-and-gas-Solutions/downstream-refining/downstream-oil-refining/downstream-natural-gas-processing/

instrumento ubicado aguas debajo de la corriente; además puede provocar una medición errónea en el instrumento.

Los filtros separadores que se emplean para gas natural, básicamente consisten en equipos compuestos por dos etapas para el tratamiento del gas; la primera etapa es de filtración donde se retienen los sólidos y las gotas de líquido y la segunda etapa que es la de separación, es separado del gas el líquido coalescido en los elementos filtrantes de la primera etapa.

1.2.1. Tipos de filtros.

A continuación se mencionará el tipo de filtro que más se utiliza en este tipo de aplicaciones y que se consiguen a nivel comercial.

Filtros en Línea Tipo Cartucho

Los filtros en una estación de entrega de gas se usan para proteger el equipo localizado aguas abajo de polvos y arenas. Las tuberías de gas natural tienen algún grado de contaminación como polvo, principalmente óxidos de hierro, arenas provenientes de los campos de producción y grasas las cuales son un problema potencial para reguladores y medidores, lo que hace necesario remover estas partículas sin grandes pérdidas de presión y una alta eficiencia en su remoción⁵.

Son filtros diseñados para soportar altas presiones, de acuerdo con la ASME VIII Div. 1 que cuentan con un cartucho filtrante de diferentes tamaños de poro para la retención de sólidos en suspensión y la purga de condensados.

⁵ CORTES, Cesar Augusto. Parámetros de diseño para estaciones de recibo y entrega de gas natural. Trabajo de grado Especialista en Ingeniería del gas. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Petróleos. 2005. p 51

El medio filtrante puede estar construido en resinas plásticas o en material metálico. La selección dependerá del tipo de gas a manejar. El *rating* de filtración por lo general está en $3\mu\text{m}$.

Figura 2. Esquema de un filtro de Cartucho.



Fuente: Catálogo de producto de Tartarini, marca de *Emerson Process Management*.

1.3. CALENTAMIENTO.

El calentamiento requerido por el gas se define como la pérdida de temperatura del gas por efectos de la expansión a la capacidad volumétrica de flujo. De acuerdo a la situación geográfica y a las condiciones de caída de presión por regulación se analiza la conveniencia de utilizar calentamiento⁶.

Debido a la caída de presión en las líneas de gas natural, por el efecto *Joule Thompson*, para su acondicionamiento se presenta congelamiento de la corriente y presencia de condensados del gas por la pérdida de temperatura. Esta situación es perjudicial para la operación de los equipos e instrumentos,

⁶ CORTES, Cesar Augusto. Parámetros de diseño para estaciones de recibo y entrega de gas natural. Trabajo de grado Especialista en Ingeniería del gas. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Petróleos. 2005. p 41

pues muchos de ellos no permiten el contacto con condensados y no operan a temperaturas por debajo de los 4°F.

Como generalidad, por cada 15 Psi de caída de presión, el gas natural pierde 1°F. Si la estación recibe gas natural de una troncal de transporte a 1200 Psig y una temperatura de 120°F, como lo indica el cuadro número 7: especificaciones de calidad del gas natural de la resolución CREG 071 de 1999, y se debe entregar el gas a una facilidad de 250 Psig, la temperatura final será de 57°F. Es importante mencionar que la formación de condensados y congelamiento se da a partir de los 32°F.

Esta etapa se debe considerar aguas arriba del sistema de regulación de presión para asegurar la que temperatura a la salida de la estación esté por encima de 45°F.

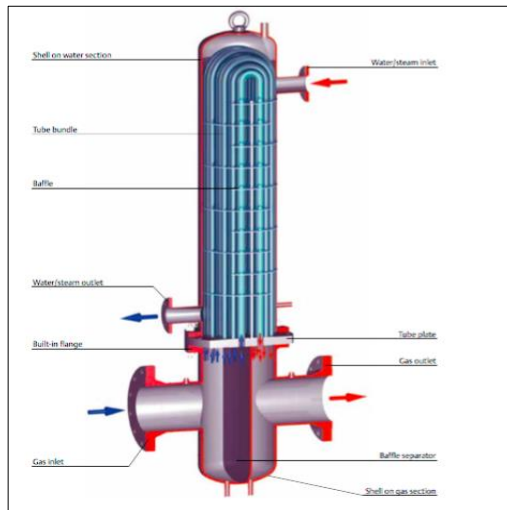
1.3.1. Tipos de calentadores.

A continuación se mencionará el tipo de calentador que más se utiliza en este tipo de aplicaciones y que se consiguen a nivel comercial.

Calentador tipo haz de tubos

Este tipo de calentadores realizan el intercambio de calor hacia el gas a partir de agua caliente o vapor de agua. A continuación se muestra el esquema de diseño y transferencia de calor:

Figura 3. Esquema de un intercambiador de calor.



Fuente: Catálogo técnico de filtros de la serie FAG de la marca Tartarini de *Emerson Process Management*.

1.4. CONTROL – REGULACIÓN DE PRESIÓN.

Esta es una de las operaciones más importantes a considerar en el diseño de una estación; esto debido a que la integridad de la construcción y los sistemas aledaños dependen de este parámetro.

El control de la presión estará ligado al tipo de equipo e instrumento que se emplee, como lo son las válvulas.

A continuación se mencionarán los diferentes tipos de válvulas que se consideran en una ERM para el control de la presión. En este documento se abordará los datos mínimos para el dimensionamiento de los equipos, sin embargo la selección de los equipos se propone dejar en manos de los diferentes representantes de las marcas de instrumentación.

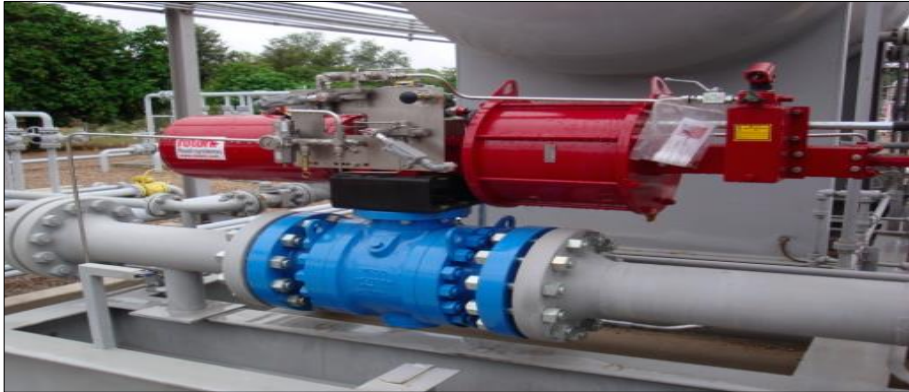
1.4.1. Válvulas de corte de emergencia – ESDV

Como generalidad, para los servicios de corte de emergencia se utilizan válvulas tipo bola, que básicamente el elemento obturador es la bola con un pasaje que permite conectar los puertos de entrada y salida del cuerpo. La bola rota entre dos asientos blandos con una superficie de asiento cóncava; cuando el eje del pasaje o agujero es paralelo a la dirección del flujo, la válvula está completamente abierta; cuando el eje se rota 90°, el pasaje está bloqueado completamente.

Este tipo de válvulas, como su nombre lo indica, realizará una función de corte y cierre de emergencia cuando se detecte un aumento o disminución de la presión. Para la operación de la válvula se requiere la instalación de actuadores y una serie de controles. A continuación se menciona las consideraciones para un ensamble válvula – actuador – controles:

- Una válvula tipo bola del mismo tamaño de la tubería
- Un actuador, que puede ser neumático, electro-neumático, hidráulico o eléctrico; esto depende de la preferencia y facilidades existentes en el sitio de ubicación.
- Pilotos para el control de los cortes por alta presión y/o baja presión
- Válvulas solenoides para energización del sistema por ausencia de fluido neumático.
- Indicadores locales de posición
- Reguladores de presión para la alimentación de gas al actuador.

Figura 4. Conjunto válvula ESDV automatizada



Fuente: Fotografía montaje de una válvula automatizada. Cortesía Puffer Colombia

La Norma Técnica Colombiana NTC 3728 indica algunas consideraciones importantes para el uso de una válvula de este tipo. Para la ubicación de las válvulas de seccionamiento se deben tener en cuenta las siguientes características físicas y de operación :

- Tamaño del área que se va a aislar
- Clase de localidades
- Características topográficas (ríos, avenidas, carreteras)
- Número de válvulas necesarias para realizar el aislamiento
- Volumen de gas almacenado en el tramo a aislar
- Número de usuarios y usuarios especiales, tales como hospitales, escuelas, usuarios comerciales o industriales que pueden verse afectados por el cierre de las válvulas
- El tiempo requerido por el personal disponible para llevar a cabo los procedimientos de aislamiento
- El tiempo requerido para controlar la presión en el área aislada por los métodos de venteo y transferencia de gas a sistemas adyacentes
- El tiempo requerido por el personal disponible para restaurar el servicio a los usuarios

En lo anterior se comenta acerca de las localidades y su selección. Las localidades hacen referencia a secciones de 1600 metros de longitud con la designación de número de residencias, industrias, hospitales, centros comerciales, entre otros, para su clasificación como sigue :

- a) Localidad Clase 1: sección de 1600 metros de longitud que tiene 10 o menos edificaciones destinadas a uso residencial. La localidad clase 1 se propone reflejar áreas tales como páramos, desiertos, montañas, tierras de pastoreo, granjas, y áreas escasamente pobladas.
- b) Localidad clase 2: sección de 1600 metros de longitud que tiene más de 10 pero menos que 46 construcciones destinadas a uso residencial. Una localidad Clase 2 se propone reflejar las áreas donde el grado de población es intermedio entre las localidades Clase 1 y la Localidad Clase 3, tales como, áreas marginales alrededor de ciudades y pueblos, áreas industriales, haciendas, zonas rurales.
- c) Localidad Clase 3: la localidad Clase 3 es cualquier sección de 1600 metros de longitud que tiene 46 o más construcciones destinadas a su uso residencial, excepto cuando prevalece una Localidad Clase 4. La localidad Clase 3 se propone reflejas las áreas con desarrollos sub urbanos , centros comerciales, áreas residenciales, áreas industriales, y otras áreas pobladas no incluidas en los requerimientos de la Localidad Clase 4.

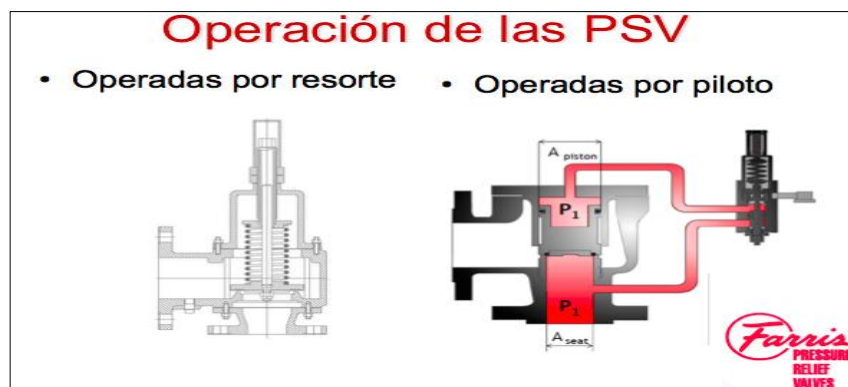
1.4.2. Válvulas de seguridad o de alivio de presión – PSV.

Una válvula de seguridad de presión es un dispositivo de alivio de presión diseñado para abrir y relevar el exceso de presión en proceso o a la atmósfera. Este equipo vuelve a cerrar impidiendo más flujo de fluido a través de él, una vez que se han alcanzado las condiciones normales. Se categorizan como sigue:

- Válvula de seguridad: Un dispositivo de alivio automático de presión actuado por la presión estática aguas arriba de la válvula. Caracterizado por una apertura completa y rápida “*pop action*”. Es usada para servicio de vapor de agua, gas ó vapor.
- Válvula de alivio: Un dispositivo de alivio automático de presión actuado por la presión estática aguas arriba de la válvula, el cual abre en proporción al incremento en la presión sobre la presión de apertura. Es usada para servicio de líquidos.

Para que un equipo sea categorizado como alivio de presión o válvula de seguridad, deberá contar con los diferentes estampes, como por ejemplo el ASME Sección VIII.

Figura 5. Configuraciones de las válvulas de seguridad.



Fuente: Presentación sobre productos de presión de la empresa Puffer Colombia.

1.4.3. Válvulas para control de presión.

Para el control de la presión se utilizan válvulas de control o reguladores de presión. Su selección depende de la disponibilidad de aire de instrumentos y de la transmisión de datos que se desee a cuarto de control. Normalmente se consideran reguladores de presión por ser equipos más sencillos y más económicos. A continuación se comentará cada tipo de válvula.

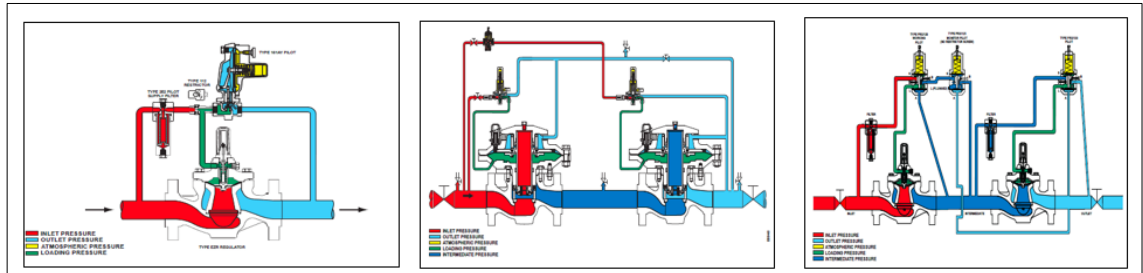
Válvulas reguladoras de presión

Los reguladores de presión son dispositivos auto-contenidos, los cuales reducen la presión aguas abajo del sistema, asegurando una demanda de gas constante. Dentro de sus construcciones se tienen reguladores auto operados, que son los más sencillos, y los reguladores operados por piloto, en donde el piloto hace la labor de set de presión como dispositivo auxiliar. Estos reguladores de presión operan con el mismo fluido de proceso y no requieren suministro auxiliar para su funcionamiento.

En las ERM's es importante asegurar un valor de presión considerando el consumo de gas del usuario final. Esta reducción de presión se realiza con uno o dos reguladores. Esta configuración depende de la redundancia del servicio que el usuario final desee. A continuación se indicarán las configuraciones usadas en las estaciones.

- Regulador sencillo o *stand alone regulator*: un solo regulador realizando toda la labor de caída de presión. Aquí si el regulador falla se corre el riesgo de que este instrumento se cierre y bloquee el paso del gas, presurizando la línea aguas arriba y disparando la PSV.
- Arreglo monitor-trabajador abierto (*wide open monitor*): configuración de dos reguladores, donde uno de ellos permanecerá totalmente abierto y el segundo realizará la caída de presión. En caso de falla en el regulador que está regulando (trabajador) el monitor, al estar calibrado a un set superior al trabajador, entrará en operación. El regulador que falle deberá asegurar una posición de falla abierta.
- Arreglo monitor-trabajador (*working monitor*): esta configuración únicamente se puede realizar con reguladores operados por piloto, pues el monitor deberá contar con tres pilotos, uno que sense la presión intermedia entre ambos reguladores y el segundo piloto que sense aguas abajo del trabajador. Este sistema asegura que durante la operación los dos reguladores estén trabajando simultáneamente.

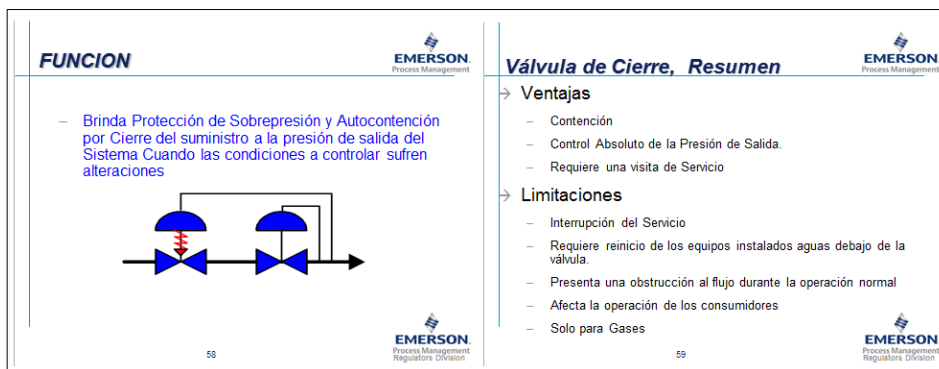
Figura 6. Diferentes configuraciones para el montaje de reguladores de presión en las ERM.



Fuente: *Product Schematic de Emerson Process Management – Regulator Technologies, Inc.*, disponible en CD.

Dentro de la clasificación de estos equipos se encuentran las válvulas tipo *Slam Shut*, las cuales asegurarán posición de falla cerrado en eventos de baja y/o alta presión. Este dispositivo, la mayoría de las veces, es usado como respaldo de seguridad en los reguladores de presión.

Figura 7. Esquema Válvula tipo *Slam Shut*



Fuente: Presentación sobre productos de presión de la empresa Puffer Colombia

En el mercado se encuentran disponibles reguladores de presión con dispositivo de corte incorporado o sólo la válvula de corte. La selección de un mecanismo u otro depende del presupuesto y la facilidad de montaje de más instrumentación (disponibilidad de espacio).

Válvulas de control

A diferencia de los reguladores mencionados anteriormente, las válvulas de control son dispositivos más complejos que involucran mayor cantidad de accesorios para su funcionamiento así como la dependencia de un fluido auxiliar, como aire de instrumentos, para su operación.

En el mercado se encuentran diferentes tipos de cuerpos y actuadores. La selección de estos depende de las limitantes en capacidad de flujo, caída de presión, esfuerzo requerido para su modulación y presión de aire de instrumentos disponibles en la facilidad. La selección de este equipo es mejor dejarlo en manos del representante. En este documento se indicarán los datos mínimos requeridos para su cálculo.

Como en las válvulas de corte, se requiere de un actuador para su modulación. El actuador es un mecanismo que hace que la válvula se cierre o se abra⁷; así como de un instrumento que realice el control de la variable de proceso y un posicionador para corregir el error mecánico del equipo. A continuación se muestra un esquema de una válvula de control.

⁷ Norma Técnica Colombiana NTC 3728. Gasoductos. Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas, p 6

Figura 8. Conjunto válvula, actuador y posicionador.



Fuente: Presentación sobre válvulas de control de la Marca Fisher Controls, de la empresa Puffer Colombia

Hay limitantes en el uso de reguladores y válvulas de control. La primera es que la válvula de control requiere de un fluido de accionamiento (puede ser aire, electricidad, gas) para su modulación así como requiere de un instrumento adicional para la verificación y corrección del set de ajuste. Por el lado de los reguladores de presión, estos equipos no se pueden considerar si el volumen de gas a manejar es muy alto, pues la mayoría de los fabricantes sólo fabrican equipos hasta 14" de diámetro. A nivel de evaluaciones económicas de ofertas, la de mejor precio es la de reguladores de presión. Estos equipos son más económicos comparados con las válvulas de control.

1.5. MEDICIÓN.

Para puntos de entrega de gas a grandes consumidores, como es este caso, esta es la operación más importante a considerar. Esta operación determina el volumen a entregar para efectos de facturación entre el transportador y el distribuidor; así mismo puede indicar la calidad del gas entregado.

Para realizar la medida de esta operación se utilizan medidores. El medidor es un instrumento destinado para medir (y de ser necesario memorizar y

visualizar) el volumen o masa de gas que fluye a través del dispositivo de medición de flujo a las condiciones de medición⁸.

Para la configuración del sistema de medición de flujo es necesario considerar parámetros como el caudal (másico o volumétrico) de gas, presión de diseño y operación, temperatura ambiente y del gas y la composición del gas⁹.

En el mercado se encuentran diferentes tipos de tecnologías para la medición de flujo. Su selección depende de la precisión y los volúmenes a medir. Entre los más representativos se encuentran los siguientes: placas de orificio, turbinas, ultrasónicos, másicos tipo coriolis, diafragmas, rotativos.

Es importante mencionar que el medidor de flujo deberá cumplir con las normativas y reportes técnicos que apliquen, en este caso se debe alinear a los requerimientos del Reglamento Único de Transporte-RUT.

1.5.1. Tipo de medidores.

Medidores rotativos.

Funciona con la teoría de medición por desplazamiento positivo, creando un compartimiento de medición de volumen fijo. En el caso del rotatorio, el desplazamiento positivo ocurre entre la cavidad interna de la carcasa del medidor y sus impulsores rotatorios. Los principios de operación rotatoria se mencionan a continuación:

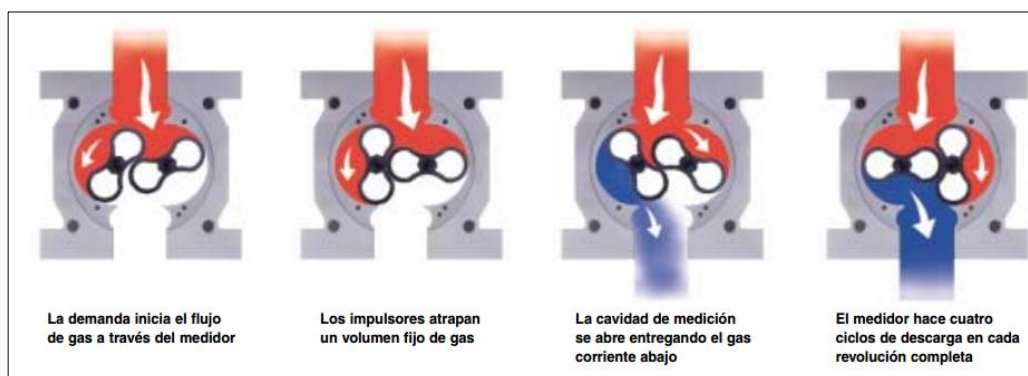
- Cuando la demanda corriente abajo inicia el flujo de gas, una caída de presión se produce entre la entrada y salida del medidor. Esto crea una fuerza interna en un par de impulsores en forma de relojes de arena que empiezan a rotar permitiendo que el gas empiece a fluir. A medida que los impulsores giran, el gas fluye alternamente entre dos cámaras de

⁸ Protocolo operativo de medición. Propuesta para la actualización del RUT en materia de medición. Comité técnico 2014. CON-Gas. p 8

⁹ Protocolo operativo de medición. Propuesta para la actualización del RUT en materia de medición. Comité técnico 2014. CON-Gas. p 15

volumen fijo creadas entre los impulsores y la cavidad interna de la carcasa del medidor. Durante los ciclos, estas cámaras miden un volumen fijo de gas y luego lo descargan corriente abajo satisfaciendo la demanda. Estos impulsores giran por medio de engranes sincronizados de alta precisión y hacen cuatro ciclos por cada revolución del eje del impulsor. Durante la operación, no hay contacto de metal con metal entre la carcasa del medidor y los impulsores.

Figura 9. Medidor tipo rotativo



Fuente: Catálogo técnico de los medidores de la serie RPM de *American Meter Company*.

Es muy usado en entregas a industrias conectadas a redes de distribución, así como para entregas a municipios pequeños y transferencias a estaciones de gas natural vehicular¹⁰.

Medidores tipo placas de orificio

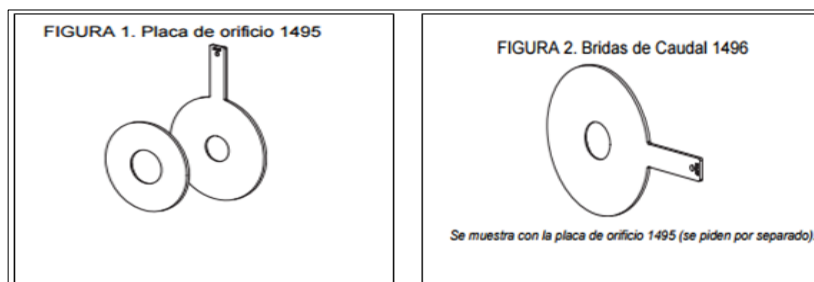
Este tipo de medidores ofrece mediciones de caudal confiables y de precisión para aplicaciones con gas u otro tipo de fluido. Su funcionamiento obedece a la diferencia de presión experimentada por el fluido al pasar por la restricción. Son muy usados en los casos donde se manejan grandes volúmenes de gas con tasas de flujo relativamente constantes.

¹⁰ ORTIZ, Juan Manuel. Diseño y operación de sistemas de medición de gas. Publicaciones Universidad Industrial de Santander, 2013.

Para transferencia de custodia, la placa de orificio debe cumplir con lo especificado en el reporte AGA No. 3.

Es importante considerar el estado de la placa de orificio empleada para visualizar imperfecciones en su perfil debido a que la presencia de cambios en su borde pueden afectar significativamente la medición.

Figura 10. Placas de Orificio.



Fuente: Catálogo técnico de los medidores *Rosemount 1495 y 1496* de *Emerson Process Management*.

Medidores tipo turbina

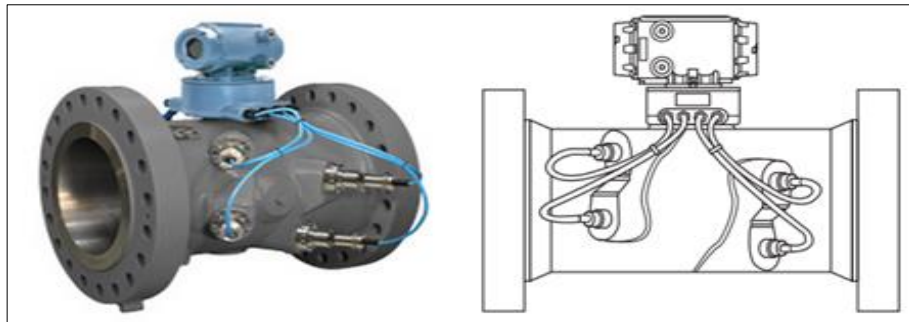
Este tipo de medidores son muy precisos del tipo inferencial, en los cuales se cuentan las revoluciones de un rotor dotado de álabes, siendo dicho conteo proporcional a la velocidad del gas.

La dirección del flujo a través del medidor es paralela a un eje rotor de turbina y la velocidad de rotación del rotor de la turbina es nominalmente proporcional a la tasa de flujo. Los volúmenes de gas se infieren de las rotaciones del rotor de turbina. Un medidor de turbina introduce en la corriente de flujo una restricción denominada cono de área o sección transversal conocida. El medidor de turbina determina la velocidad de flujo a través de esta restricción, contando las rotaciones de un rotor de turbina montado en el área abierta o garganta de la restricción. Las rotaciones de los álabes de la turbina se transfieren por un tren

- Una medición dimensional precisa del cuerpo y las distancias entre los transductores.
- La técnica de integración de velocidad inherente al diseño del medidor.
- La forma del perfil de velocidades del flujo en el medidor.
- Los niveles de pulsación que puedan existir en la corriente del gas.
- La exactitud en las mediciones de tiempo de tránsito.
- Las calibraciones con flujo.

La exactitud de los medidores ultrasónicos también depende de su continua integridad con respecto al tiempo (e.g. acumulación de depósitos en la superficie interna del medidor, deriva de la electrónica, etc.).

Figura 12. Medidor tipo ultrasónico.



Fuente: Catálogo técnico de los medidores *Daniel SeniorSonic 3414* de *Emerson Process Management*.

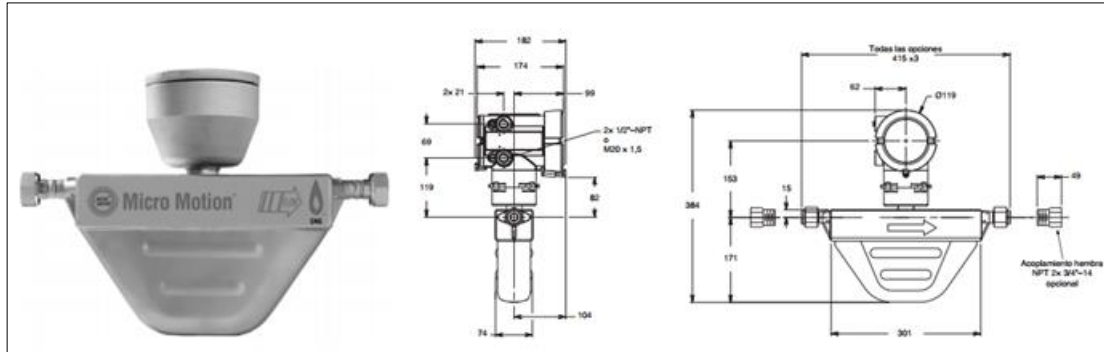
Medidores tipo másicos

Los medidores de masa son usados para líquidos de densidad variable, líquidos multifase o gases que requieren una directa medición del nivel de masa.

Los medidores tipo coriolis, los mas conocidos dentro de los medidores másicos, operan de acuerdo con el movimiento de los tubos bourdon internos generado por el fluido debido a la torsión por la acción de las fuerzas externas,

dentro de la cavidad del medidor, el cual genera una fuerza inercial resultante en el flujo másico.

Figura 13. Medidor tipo Coriolis



Fuente: Consultado de la página de *Micromotion* de *Emerson Process Management*.

Si bien en el mercado se encuentran varios tipos de medidores con tecnologías muy diferentes, es importante tener una base de criterio para la selección de los mismos, por lo que a continuación se muestra en la figura la matriz general de criterios para la selección de medidores.

Figura 14. Matriz general de criterios para selección de tecnologías de medidores.

MATRIZ GENERAL DE CRITERIOS				
TECNOLOGÍA	Resistencia Mecánica	Limitación en Presión de Trabajo	Rangeabilidad Típica	Aspecto Técnico a Considerar
Tubo de Medición	ANSI 150 ... ANSI 2500	No	1 : 3	ΔP Incertidumbre de medición
Rotatorios	ANSI 150 ANSI 600	Conexiones (Geometría) P máx = Fabricante	1 : 100 1 : 160	Sobrevelocidad
Turbinas	ANSI 150 ANSI 600	No	1 : 20	Sobrevelocidad Flujo Intermitente
Ultrasónico	ANSI 150/300 ANSI 2500	Presión Mínima de Operación = Fabricante	1 : 50 1 : 100	P min V < 100 Ft/s
Másico	ANSI 150 ANSI 2500	No	1 : 50 1 : 100	ΔP del proceso Densidad del fluido

Fuente: Conferencia suramericana de medición en transferencia de custodia 2014. Promigas - CEESI

1.6. ODORIZACIÓN.

Cuando se requiere dar olor al gas natural para cumplir con los parámetros de seguridad es necesario considerar un odorizador, que básicamente es un equipo que inyectará un químico no reactivo con el gas que otorgará un olor característico.

La CREG establece en la resolución 100 de 2003 que todo gas combustible en una línea de distribución debe contener odorante natural o ser odorizado así que la concentración en aire sea de 1/5 del límite inferior de explosividad (LEL, por sus siglas en inglés), y sea detectado por una persona con sentido normal del olfato.

Como odorantes, existen tres tipos de compuestos organosulfurosos usados en la odorización del gas natural¹⁴:

- Alquil-sulfuros.
- R-S-R.
- Alquil mercaptanos.
- R-S-H.

Los factores que se deben considerar en el momento de seleccionar el tipo de odorizador depende de:

- Características del gas.
- Tipo de equipo para odorizar.
- Suelo.

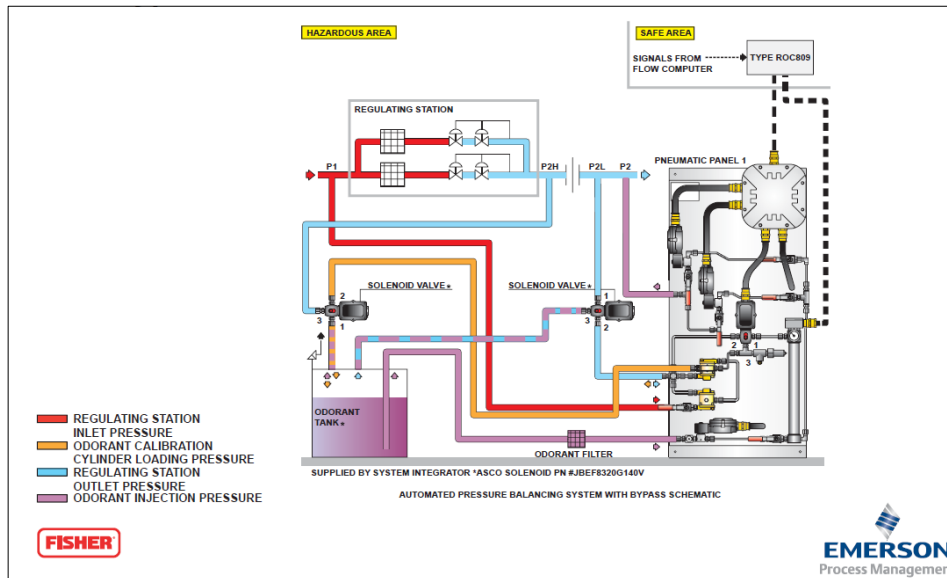
Los equipos disponibles para odorizar pueden trabajar como sigue:

- Odorizadores por inyección: equipo con control electrónico que garantiza un índice de odorización constante independiente del contenido del gas, del tipo de odorante utilizado y del índice de odorización requerido.

¹⁴ Odorización [En línea]. Disponible en web <http://prezi.com/xmgjqlktqzst/odorizacion-para-gas-natural/>

- Odorizadores de goteo: es aplicable en caudales relativamente estables, utiliza la presión diferencial del gas a través de una platina de orificio y/o válvula restrictora que obliga al líquido odorante entrar al flujo de gas.

Figura 15. Odorizador por inyección.



Fuente: Product Schematic de Emerson Process Management – Regulator Technologies, Inc, disponible en CD

2. INSTRUMENTACIÓN ASOCIADA: CRITERIOS DE SELECCIÓN Y UBICACIÓN EN LA ERM.

En el capítulo anterior mencionaron algunos equipos involucrados en capa operación unitaria dentro de la ERM. Aquí se abordarán los criterios de selección y la ubicación de cada equipo dentro de la ERM.

2.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN.

Para la selección de la instrumentación se requieren un mínimo de condiciones de operación para asegurar su correcta selección más las facilidades de su operación y mantenimiento. De esto dependerá la operación y seguridad de la estación.

Antes de realizar la selección de los equipos es importante tener presentes las siguientes consideraciones:

- Todos los equipos seleccionados deberán mantener la integridad estructural de la estación a las condiciones mínimas y máximas, tanto de presión como de temperatura. Es importante evitar daños en los materiales como emisiones al ambiente.
- La compatibilidad de los materiales con los fluidos de trabajo. En este caso se deberá conocer la composición química del gas así como las características del odorante para la selección de los materiales blandos y duros.
- Evaluar si existen o se exigen consideraciones adicionales en seguridad, de las indicadas en las diferentes normativas nacionales.

A continuación se listarán los datos mínimos para cada equipo e instrumento. Esta información se puede complementar en las hojas de datos o Data Sheets de cada instrumentos, que se anexan a este documento.

- Válvulas de corte de emergencia:
 - Tamaño de la línea y ANSI
 - Presión de aire de instrumentos
 - Presión máxima de la línea
 - Temperatura del fluido
- Válvula de Seguridad
 - Presión máxima de operación
 - Presión de ajuste o calibración
 - Contrapresión: variable o constante
 - Temperatura del fluido
- Calentador¹⁵
 - Temperatura mínima y máxima de entrada del gas
 - Presión máxima a la entrada del regulador
 - Presión mínima de regulación
 - Diferencial de temperatura máxima debido a la expansión
 - Temperatura de salida del calentador
 - Presión mínima de operación del calentador
- Válvula reguladora de presión:
 - Presión de entrada (mínima, normal y máxima)
 - Presión de salida (mínima, normal y máxima)
 - Set de calibración
 - Flujo de gas (mínimo, normal y máximo)
 - Temperatura del gas
 - Tamaño de la línea y tipo de conexión requerida
 - Máximo nivel de ruido permitido en la estación
- Válvula de control
 - Presión de entrada (mínima, normal y máxima)
 - Presión de salida (mínima, normal y máxima)
 - Set de calibración

¹⁵ CORTES, Cesar Augusto. Parámetros de diseño para estaciones de recibo y entrega de gas natural

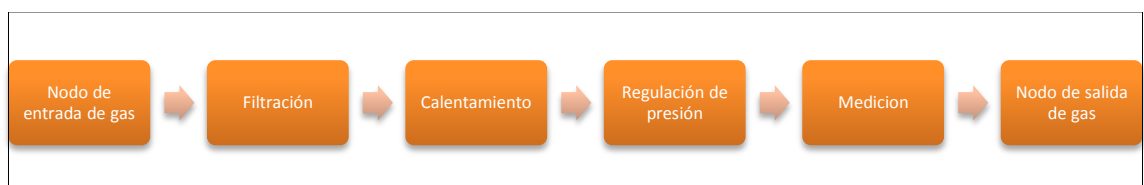
- Flujo de gas (mínimo, normal y máximo)
- Temperatura del gas
- Tamaño de la línea y tipo de conexión requerida
- Presión de aire de instrumentos
- Tipo de falla requerida
- Protocolo de comunicación requerido
- Máximo nivel de ruido permitido en la estación
- Medidor
 - Peso molecular del gas
 - Máxima rata de flujo
 - Factor de compresibilidad
 - Temperatura mínima, normal y máxima
 - Presión mínima, normal y máxima
 - Densidad del gas
 - Rata de calor específico
- Transmisores de presión – PIT
 - Tipo de comunicación a requerir
 - Tipo de alimentación eléctrica
 - Rangos de presión (operación y máxima)
 - Precisión
 - Tamaño de la tubería y *Schedule*
- Transmisores de flujo – FT
 - Tipo de comunicación a requerir
 - Tipo de alimentación eléctrica
 - Viscosidad del fluido
 - Flujos de operación
 - Precisión
 - Tamaño de la tubería y *Schedule*
- Sensor de temperatura – TE
 - Rangos de temperatura (operación y máxima)
 - Precisión
 - Tamaño de la tubería y *Schedule*

- Termopozo – TW
 - Tipo de rosca a proceso
 - Longitud de la inserción del bulbo
 - Tamaño de la tubería y *Schedule*
- Indicador transmisor de temperatura – TIT
 - Tipo de comunicación a requerir
 - Tipo de alimentación eléctrica
 - Rangos de temperatura (operación y máxima)
 - Precisión
 - Tamaño de la tubería y *Schedule*
- Indicador de presión
 - Rango de presión (operación y máximo)
 - Tamaño de carátula
 - Precisión
 - Tipo de conexión
 - Material de la caja

2.2. UBICACIÓN EN LA ESTACIÓN.

La instrumentación mencionada anteriormente se deberá ubicar dentro de la estación de acuerdo como se muestra en la figura. No obstante en capítulos siguientes se abarcarán temas como las consideraciones técnicas para el diseño de la ERM según condiciones de operación y redundancia.

Figura 16. Etapas de proceso en una ERM



2.3. TUBERÍA.

El transporte del fluido desde el punto de producción hasta la entrega final se realiza a través de tubería o redes distribución, las cuales tienen unas características especiales dependiendo de las presiones de operación.

A nivel nacional, las consideraciones para el diseño y la selección de la tubería se basan en las normas NTC 3728, NTC 3838 y NTC 3949 además de las normas internacionales como la ASME B38.1; sobre las cuales se abordarán las consideraciones más relevantes en este documento.

El parámetro más importante de operación e integridad es el valor máximo de presión de operación permisible para los sistemas de tuberías que se utilicen para el transporte, distribución y suministro de gases, la cual será calculada con base en las localidades como se indica a continuación:

Figura 17. Cálculo de la MPOP

Clase de localidad	MPOP		
	Tuberías de acero	Tuberías plásticas	Tuberías de cobre
1	pe /1,10	pe /1,50	pe /1,00
2	pe /1,25	pe /1,50	pe /1,00
3	pe /1,40	pe /1,50	pe /1,00
4	pe /1,40	pe /1,50	pe /1,00

pe = Presión de Ensayo.

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 3838. p. 9

2.4. MATERIALES.

Los materiales de las tuberías y de los componentes de las redes de distribución y líneas de transporte de gas deben cumplir los siguientes requisitos¹⁶:

¹⁶ Norma Técnica Colombiana NTC 3728. Gasoductos. Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas. p.28

- Tener la capacidad de mantener la estructura de red de distribución y líneas de transporte, bajo las condiciones de operación que puedan preverse.
- No reaccionar químicamente con el gas que transportan y con cualquier otro material en la tubería con el cual puedan tener contacto.
- Todos los materiales y equipos que forman parte integral y permanente de los sistemas de tuberías para el transporte y la distribución de gas, deben ser apropiados para las condiciones de uso, previstas en las especificaciones de diseño y construcción de cada sistema, y satisfacer los requisitos particulares de fabricación y ensayo que establezcan las normas técnicas que les sean aplicables.
- El material de la tubería debe resistir la corrosión del gas y del medio exterior con el que está en contacto; de lo contrario, las tuberías deberán estar protegidas¹⁷.

Para las líneas de alta presión, como las que se deben considerar en las ERM, deberán ser de acero de acuerdo con las normas NTC 4748, NTC 3470, ASTM A106, ASTM A134, ASTM A135, ASTM A139, ASTM A333, ASTM A381, ASTM A671 O ASTM A672, según corresponda¹⁸.

2.5. ACCESORIOS

Lo relacionado con bridas, espárragos, soldaduras, empaques y demás accesorios requeridos para la unión de tuberías, deberá ser seleccionada con base en la Norma Técnica NTC 3728.

¹⁷ Norma Técnica Colombiana NTC 2505. Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales. p.14

¹⁸ Norma Técnica Colombiana NTC 3728. Gasoductos. Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas p. 32

2.6. CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO

Para abordar las consideraciones que rigen para el territorio Colombiano, es importante apoyarse en las normas actuales, como la NTC 3949 que abarca todas las consideraciones para el diseño de una estación de regulación. Es importante mencionar que no se abordarán temas estructurales ni civiles en este documento.

A continuación, se indicarán las generalidades basados es esta norma.

Las consideraciones de diseño se deben contemplar de acuerdo con lo indicado en la norma NTC 3949, la cual indica lo siguiente¹⁹:

- a) Garantizar las condiciones de operación normales en el suministro de gas a todos los usuarios de acuerdo con las presiones de operación definidas en la NTC 3838.
- b) Cuando se requieran, se instalarán filtros o mallas finas para garantizar que el gas no posea partículas que afecten la operación normal de los equipos, bien sea por su calidad o por “eventualidades de operación.”
- c) Prever la instalación de dispositivos de regulación y de protección con capacidad total para el control de la sobrepresión, de acuerdo con el numeral 6.2.2 (métodos protección).
- d) Deben existir válvulas que permitan aislar la estación del sistema al cual están conectadas.
- e) Niveles permisibles de ruido.
- f) Facilidad de mantenimiento.
- g) En la estación debe existir un número de tomas de presión suficientes para control de los elementos de la misma.
- h) Si se utiliza, la válvula de seguridad de corte por sobrepresión, incorporada al regulador, todos sus elementos móviles deben ser independientes de los del regulador.

¹⁹ Norma Técnica Colombiana NTC 3949. Gasoductos. Estaciones de Regulación de Presión para Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas Combustible. p 7.

- i) Se debe garantizar que el elemento de seguridad no quede fuera de servicio por error de maniobra en sus elementos de control o por bypass.
- j) La salida de venteo, cuando este existe, debe estar ubicada mínimo a la distancia establecida en la Tabla 2 de cualquier puerta, ventana o abertura para minimizar el ingreso de gas a la edificación.

Figura 18. Tabla No. 2 de la NTC 3949, ubicación del venteo.

Criterios	Caudal evacuado [m ³ /h]	Requisito
1	$Q \leq 50$	Esfera de 3 m de radio con centro en el punto de salida del venteo
2	$50 \leq Q \leq 1000$	Cilindro de 4,5 m de radio con 4,5 m por debajo del punto de salida y 8 m por encima del punto de salida
3	$Q \geq 1000$	Análisis particular, pero en ningún caso inferior al especificado en el criterio No. 2

NOTA En el caso de gases más pesados que el aire, para cualquier caudal se aplica como mínimo el segundo criterio.

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 3949. p 11

- k) La estación debe estar eléctricamente aislada de las tuberías de entrada y salida, si estas estuvieran protegidas catódicamente.
- l) En caso que habitualmente se presenten condensaciones, se deben prever los sistemas para su almacenamiento y extracción.
- m) Cuando por las características del sistema atendido se requiera servicio continuo, debe contar con un bypass que permita una regulación manual, salvo en los siguientes casos:
 - i. Que en la estación exista más de una línea de regulación en paralelo.
 - ii. Que la estación esté suministrando a una red en que existan otras estaciones de regulación que estén actuando en paralelo con la primera y siempre que el cierre de la misma permita mantener un servicio mínimo en el conjunto de la red.

La línea de bypass debe incluir válvulas(s) que permita(n) regular flujo y que garantice(n) estanqueidad.
- n) Para las estaciones abastecidas de líneas de alta presión, adicional a lo establecido en el literal c, se requiere, como mínimo, un elemento

adicional con capacidad total de protección contra la sobrepresión. Se exceptúan de este requisito las estaciones en las cuales sus elementos instalados aguas abajo no se ven afectados por la presión de operación de las líneas que las abastecen.

- o) Si se utiliza regulador monitor, este puede estar montado en el mismo cuerpo del regulador principal.
- p) Los elementos metálicos de la estación deben estar puestos a tierra eléctricamente.
- q) Debe preverse un sistema de calentamiento de gas, u otras medidas para evitar la formación de hielo o hidratos, en el caso que este fenómeno pueda presentarse.
- r) Debe señalizarse la prohibición de fumar o tener puntos de ignición no controlados dentro del recinto de una estación reguladora.
- s) No deben existir conexiones entre las tuberías de drenaje de condensado de la estación y el alcantarillado.

3. NORMATIVAS COMPETENTES AL DISEÑO DE UNA ERM

A nivel nacional como internacional, existen diversas normativas que indican pautas técnicas y de seguridad para el diseño de una estación. En este capítulo se abordará las normas que abarcan temas mecánicos, como tubería, diseño y seguridad.

A continuación se listarán las normas Colombianas y las normas internacionales que servirán de guía y referencia:

Tabla 1. Listado de normas aplicables.

NORMA	NUMERAL	ALCANCE
NTC 3728	3.1	<p>Sistemas de seguridad: se indica la exigencia de un dispositivo de seguridad que limite la presión máxima permisible, el cual deberá considerarse²⁰:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estar en capacidad de soportar la presión, carga y demás condiciones que se puedan presentar durante la operación normal del sistema, y que puedan ser activados en caso de falla del sistema o en parte de él. • Estar diseñado de tal manera que se evite una sobre presión accidental. • Todos los tramos de líneas de transporte y redes de distribución instalados que se encuentren expuestos deben estar protegidas de daños accidentales provocados por tráfico vehicular u otras causas similares, ya sea mediante su ubicación a distancias seguras de las vías o por las instalación de defensas.
	3.1.3	<p>Dispositivos de alivio de presión y limitadores de presión: excepto para el caso de los discos de ruptura, todo dispositivo de alivio de presión o de limitación de presión debe cumplir con los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estar construido en materiales que no se deterioren por la corrosión, durante la operación del dispositivo. • Tener válvulas con asientos diseñados de tal forma que no se bloqueen en una posición que hagan al dispositivo inoperante. • Estar diseñado e instalado de tal forma que el tamaño de las aberturas, de la tubería y de los accesorios ubicados entre el sistema que se va a proteger y el dispositivo de alivio de presión, sean adecuados para prevenir golpeteo de la válvula y alteraciones en la capacidad de alivio • Deben estar protegidos para prevenir la operación por parte de personal no autorizado • Todo dispositivo de alivio o limitador de presión, o todo grupo de éstos, instalados con el propósito de proteger un sistema de transporte o red de distribución, debe tener la capacidad suficiente y se debe ajustar de modo que durante su operación se garantice que el valor de la presión de

²⁰ Norma Técnica Colombiana NTC 3728. Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas. p. 12

NORMA	NUMERAL	ALCANCE
		operación no exceda en más de un 10 % al valor máximo de operación permisible, o el valor que origine un esfuerzo circunferencial en las tuberías igual o superior al 75 % del mínimo esfuerzo de fluencia especificado (SMYS), el que sea menor
	3.1.4	<p>Válvulas. Las válvulas de seccionamiento, derivación y purga se ubicarán en lugares de fácil acceso, a fin de reducir el tiempo de intervención, y se protegerán adecuadamente de daños y manipulación por personal no autorizado. El mecanismo de accionamiento para la apertura y cierre de la válvula debe ser fácilmente accesible al personal autorizado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toda válvula instalada para seccionar las líneas de transporte y redes de distribución para operación o propósitos de emergencia, debe cumplir con las siguientes condiciones: <ol style="list-style-type: none"> 1. Debe estar ubicada en un lugar de fácil acceso. 2. El mecanismo de operación debe ser fácilmente accesible. 3. Si la válvula se instala en una caja enterrada o encerrada, ésta debe estar instalada de tal forma que se evite la transmisión de cargas externas a la línea. • Para la ubicación de las válvulas de seccionamiento se deben tener en cuenta las siguientes características físicas y de operación: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tamaño el área que se va aislar. 2. Clase de localidades 3. Características topográficas (ríos, avenidas, carreteras) 4. Número de válvulas necesarias para realizar aislamiento 5. Volumen de gas almacenado en el tramo a aislar 6. Número de usuarios y usuarios especiales, tales como hospitales, escuelas, usuarios comerciales o industriales que pueden verse afectados por el cierre de las válvulas 7. El tiempo requerido por el personal disponible para llevar a cabo los procedimientos de aislamiento. 8. El tiempo requerido para controlar la presión en el área aislada por los métodos de venteo y transferencia de gas a sistemas adyacentes. 9. El tiempo requerido por el personal disponible para restaurar el servicio a los usuarios.
NTC 3838	4.2	<p>Máxima presión de operación permisible (MPOP) designada para los sistemas de tuberías para el transporte, distribución y suministro de gas²¹.</p> <p>Las máximas presiones de operación permisibles para los sistemas de tuberías que se utilicen para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles, serán las que se designan en la Tabla 4, previo cumplimiento de los criterios generales de especificación a que se refiere el numeral 4.1</p>
NTC 3949	6.1	Generalidades. El grado mínimo de seguridad en las instalaciones debe ser tal, que el riesgo generador por falla en cualquiera de los dispositivos equipos de la estación sea controlable por el operador.
	6.1.2	Limpieza del gas: cuando se requiera efectuar limpieza del gas, se deben instalar filtros a la entrada de la estación de regulación y en los sistemas auxiliares de control.

²¹ Norma Técnica Colombiana NTC 3838. Gasoductos. Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles. p. 10

NORMA	NUMERAL	ALCANCE
		Se debe impedir el ingreso de líquido a la red, para lo cual deben emplearse los dispositivos adecuados.
	6.1.5	Medición: cuando las estaciones de regulación estén dotadas de sistemas de medición, estos deben tener en cuenta las Recomendaciones de la <i>American Gas Association</i> (AGA), u otras internacionalmente reconocidas, dependiendo del tipo de medidor utilizado, adicional a las recomendaciones del fabricante.
	6.2	Proteccion a la sobrepresión
	6.3	Control de ruido. Los niveles de ruido generados por una estación de regulación no deben ²² : <ul style="list-style-type: none"> • Producir frecuencias superiores a 500 Hz e intensidades mayores a 85 dBA, Medidor a 1m de la fuente • Ocasionar fatiga acústica en la tubería y en determinados componentes.
	6.4	Diseño de tubería y análisis de esfuerzos
ASME B16.5		<i>Pipe flanges and flanged fittings.</i>
ASME B31.8		<i>Gas transmission and distribution piping systems</i>

²² Norma Técnica Colombiana NTC 3949. Gasoductos. Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte y redes de distribución de gases combustibles. p.16

4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la metodología para el diseño de la ERM es necesario concretar una serie de actividades ordenadas para obtener un resultado favorable. A continuación, se indican:

- Identificación del usuario final:
 - Tipo de localidad
 - Localidad clase 1
 - Localidad clase 2
 - Localidad clase 3
 - Localidad clase 4
- Identificación de los riesgos en seguridad industrial y ambiente
 - Niveles de ruido permitidos
 - Identificación del nivel de riesgo de las sustancias que se utilizaran en la estación
- Definición del tipo de ERM
 - Tipo *City Gate*
 - estaciones de distribución
 - estaciones industriales

La selección de la localidad puede indicar directamente el tipo de ERM. Por ejemplo, para una Localidad Clase 3 o 4 se pueden usar estaciones industriales o City Gates.

- Datos para el diseño
 - Características del gas a suministrar
 - A futuro, se podrá usar otro tipo de gas combustible en la estación?
 - Presión máxima de operación del gas. Este dato lo deberá entregar la empresa distribuidora de gas o el transportador.

- Presión mínima de operación del gas. Este dato lo deberá entregar la empresa distribuidora de gas o el transportador.
- Presión de salida a la línea de distribución interior requerida.
- Características de los consumos y sus modulaciones detallados según rangos horarios.
- Caudales horarios de gas. Valores máximos y mínimos
- Datos de diseño de Ingeniería
 - Número de líneas de regulación y configuración de la ERM
 - Se requiere unidad modular tipo skid o se construirá en sitio
- Características de los sistemas
 - Filtración
 - Calentamiento
 - Control de presión
 - Medición
 - Sistemas de control por sobre presión a la entrada y a la salida
- Diseño Mecánico
 - Especificación de materiales
 - Protección contra la corrosión
- Disponibilidad de fuente de energía
 - Neumática
 - Eléctrica
 - No hay disponibilidad

5. CONCLUSIONES

- Debido a la masificación del uso de gas natural como fluido combustible a nivel nacional es una buena oportunidad para promover la venta de este tipo de soluciones, como lo son las estaciones de regulación y medición; esto en apoyo de las empresas distribuidoras o directamente de las empresas transportadoras.
- Para el desarrollo de esta metodología así como para el diseño de este tipo de soluciones es indispensable entender cada uno de los procesos involucrados (operaciones unitarias), para así asegurar una operación estable y limpia, tanto en la ERM como en los usuarios finales. Así mismo, de esta forma se asegura la implementación de la mejor solución.
- Es necesario conocer cada equipo involucrado en la estación con la finalidad de seleccionar la mejor solución y la mejor tecnología. Esta consideración es vital en el momento de la selección del medidor debido a que esta etapa es la que determinará los volúmenes suministrados y la cantidad de gas a facturar.
- El trabajo cercano con los diferentes proveedores ayudará eficientemente en la emisión de las hojas de datos para el dimensionamiento y selección de los diferentes equipos así como para el proceso de compra; a su vez es información a consolidar en el dossier de entrega.
- La implementación dentro de una empresa de este tipo de soluciones es una buena oportunidad para promover la venta de equipos de su representación y consolidar una buena base instalada al interior de un cliente.

6. RECOMENDACIONES

- Antes de iniciar el plan de diseño, se recomienda acercarse a las normas y estándares nacionales e internacionales para asegurarse de que el diseño cumpla con lo establecido.
- Apoyarse con los diferentes proveedores de instrumentación para el dimensionamiento y selección de los equipos. Con esto se optimiza el tiempo del proyecto, enfocándose en las tareas más relevantes. Es importante mencionar que es importante conocer sobre la instrumentación para tener una base de criterio para la aceptación de la solución propuesta por el vendedor.
- Realizar un enfoque mas exhaustivo en las diferentes soluciones paquetizadas que se pueden trabajar en el sector de transporte y distribución de gas combustible, por ejemplo las unidades de aire propanado.

BIBLIOGRAFÍA

AVILA, Guillermo. Diseño técnico-económico de una estación de gas natural para industrias con opción de acceder a doble red de suministro. Trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga,2011.

CORTES, Cesar Augusto. Parámetros de diseño para estaciones de recibo y entrega de gas natural. Trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga,2005.

Norma Técnica Colombiana NTC 3728. Gasoductos. Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas.

Norma Técnica Colombiana NTC 3838. Gasoductos. Presiones de Operación Permisibles Para el Transporte, Distribución y Suministro de Gases Combustibles.

Norma Técnica Colombiana NTC 3949. Gasoductos. Estaciones de Regulación de Presión Para Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas Combustible.

ORTIZ, Juan Manuel. Diseño y operación de sistemas de medición de gas. Publicaciones Universidad Industrial de Santander, 2013.

PEREZ Martha Ilce y CALDERÓN Zuly. Orientaciones prácticas para la elaboración exitosa de trabajos de grado en ingeniería, Primera Edición, Bucaramanga: División de publicaciones UIS, Agosto de 2011. 191 pág.

Anexo A. Hojas de Datos.

A.1. Hoja de datos para selección de válvulas reguladoras o válvulas de control

Specification Forms for Process Measurement and Control
 Instruments, Primary Elements and Control Valves

© ISA S20

	PROJECT _____ UNIT _____ P.O. _____ ITEM _____ CONTRACT _____ MFR SERIAL* _____	DATA SHEET ____ of ____ SPEC _____ TAG _____ DWG _____ SERVICE _____
--	--	--

1	Fluid _____					Crit Pres PC _____
2	Flow Rate _____	Units	Max Flow	Norm Flow	Min Flow	Shut-Off
3	Inlet Pressure _____					
4	Outlet Pressure _____					
5	Inlet Temperature _____					
6	Spec Wt/Spec Grav/Mol Wt _____					
7	Viscosity/Spec Heats Ratio _____					
8	Vapor Pressure P_v _____					
9	*Required C_v _____					
10	*Travel _____	%				0
11	Allowable/** Predicted SPL _____	dBA	/	/	/	-
12						
13	Pipe Line Size & Schedule _____	In	Out	53	*Type _____	
14	Pipe Line Insulation _____			54	*Mfr & Model _____	
15				55	*Size _____ Eff Area _____	
16	*Type _____			56	On/Off _____ Modulating _____	
17	*Size _____ ANSI Class _____			57	Spring Action Open/Close _____	
18	Max Press/Temp _____			58	*Max Allowable Pressure _____	
19	*Mfr & Model _____			59	*Min Required Pressure _____	
20	*Body/Bonnet Matl _____			60	Available Air Supply Pressure:	
21	*Liner Material/ID _____			61	Max _____ Min _____	
22	End In _____			62	*Bench Range _____/_____	
23	Connection Out _____			63	Act Orientation _____	
24	Flg Face Finish _____			64	Handwheel Type _____	
25	End Ext/Matl _____			65	Air Failure Valve _____ Set at _____	
26	*Flow Direction _____			66		
27	*Type of Bonnet _____			67	Input Signal _____	
28	Lub & Iso Valve _____ Lube _____			68	*Type _____	
29	*Packing Material _____			69	*Mfr & Model _____	
30	*Packing Type _____			70	*On Incr Signal Output Incr/Decr _____	
31				71	Gauges _____ By-pass _____	
32	*Type _____			72	*Cam Characteristic _____	
33	*Size _____ Rated Travel _____			73		
34	*Characteristic _____			74	Type _____ Quantity _____	
35	*Balanced/Unbalanced _____			75	*Mfr & Model _____	
36	*Rated C_v _____ F_L _____ X_T _____			76	Contacts/Rating _____	
37	*Plug/Ball/Disk Material _____			77	Actuation Points _____	
38	*Seat Material _____			78		
39	*Cage/Guide Material _____			79	*Mfr & Model _____	
40	*Stem Material _____			80	*Set Pressure _____	
41				81	Filter _____ Gauge _____	
42				82		
43	NEC Class _____ Group _____ Div _____			83	*Hydro Pressure _____	
44				84	ANSI/FCI Leakage Class _____	
45				85		
46				86		
47				87		
48				88		
49				89		
50				90		
51				91		
52				92		

Rev	Date	Revision	Orig	App

*Information supplied by manufacturer unless already specified. ISA FORM S20.50, Rev. 1


A.2. Hoja de datos para selección de indicadores locales de presión

DATA SHEET FOR PRESSURE GAUGE			
GENERAL	1	Tag Number	
	2	Service	
	3	Location	Line No.
	4	PID No.	
	5		
	6	Quantity	
PROCESS	7	Fluid	State
	8	Max. Pressure	Max. Temperature
	9	Oper. Pressure	Oper. Temperature
	10	Oper. Spec. Gravity	Oper. Viscosity
	11	Pulsation	Vibration
	12		
GAUGE	13	Type	
	14	Instrument Range Min.	Max.
	15	Case Type	Case Material
	16	Dial Size	Dial Color
	17	Dial Material	
	18	Dial Scale Type	Scale Range Type
	19	Nominal Accuracy	
	20	Mounting	Enclosure
	21	Ring Construction	Ring Material
	22	Blow-Out Protection	
	23	Lens Material	
	24	Pressure Element Type	
	25	Pressure Element Material	
	26	Socket Material	
	27	Process Connection	
	28	Connection Location	
29	Movement Material	Movement Style	
30	Max. Stop	Min. Stop	
31	Liquid fill		
32			
DIAPHRAGM SEAL	33	Seal Type	
	34	Process Connection	
	35	Rating	
	36	Diaphragm Material	
	37	Upper Housing Material	
	38	Lower Housing Material	
	39	Fill Fluid	
	40	Capillary Material	
	41	Capillary Type	Capillary Length
	42	Flushing Connection	
	43	Connection to Instrument	
OPTIONS	44	Syphon Type	Material
	45	Snubber Type	Material
	46	Movement Damping	
	47	Mounting Brackets	Material
	48	Manifold	Throttle Screws
CERTIFICATES	49	Material	
	50	Calibration	
	51	Hydrotest	
MISC.	52	Manufacturer	
	53	Model	
	54		

A.3. Hoja de datos Medidor de flujo tipo Ultrasónico

		FLOW METER				SHEET	OF	DATE
		NO	BY	DATE	REVISION			
Project:								
GENERAL	1	Tag Number						
	2	Service						
	3	Compliance						
PROCESS CONDITION	4	Line Pressure						
	5	Process Temperature						
	6	Fluid Process						
	7	Natural gas composition range						
	8	Flow rate						
	9	Pipeline diameter						
METER TUBE	10	Size						
	11	Outer End Flange						
	12	Flow conditioner element						
	13	Number of Section						
METER SPECIFICATIONS	14	Type						
	15	Size						
	16	Flange						
	17	Ansi Class						
	18	Number of path						
	19	Body Material						
	20		Type					
	21		Approval					
	22		Outputs					
	23		Port					
	24		Protocol					
	25		Endlosure					
	26		Accuracy					
	27		Repeatability					
28		Velocity Range						
29		Ambient Temp Range Electronic						
30		Power Supply						
31		Communication Board						
MATERIAL OF CONSTRUCTION	32	Pipe						
	33	Flanges						
	34	Thredolets						
	35	Flow Conditioner						
	36	Stud						
	37	Nuts						
	38	Gaskets						
	39	Applications Software						
OPTIONS	40	Quality Material Certified						
	41	Calibration Certified						
	42	MFR And Model No.						
	42	MFR And Model No.						
NOTES:								

A.4. Hoja de datos Odorizador

	Date: Serial #: Model#: YZ Acklgmt#: Factory use Only		
NJEX Natural Gas Specification Worksheet Gas English - GE			
Important: Information contained on this sheet must be received before the order can be processed			
Name:	Shipping Address:		
Company:			
Address:			
City:	For Factory use ONLY		
State:			
Postal/Zip Code:			
Country:			
Telephone:			
Fax:			
E-Mail:			
Installation/Location:			
PO# / Req# /Work Order #			
Gas Flow Rate Information:	REQUIRED		
MMSCF/Hr (Min)	% time at min flow:		
MMSCF/Hr (Ave):	% time at ave flow:		
MMSCF/Hr (Max):	% time at max flow:		
*Maximum gas flow at which flow input reaches full scale span, ie 5 VDC, 20 ma etc..			
Odorant Information:	REQUIRED		
Odorant Blend / Name:	Density: (lb/gallon)		
Desired odorant Injection Rate: (Lb/MMCF)			
Operating Information:	REQUIRED:		
Pipeline Operating Pressure	Minimum:	Average:	Maximum:
Pipeline Operating Temperature	Minimum:	Average:	Maximum:
Pipeline Size:			
Probe Connection:	1/2" NPT	3/4" NPT	Other:
A back pressure regulator is required if pipeline pressure is below 250 psig. If pipeline pressure is ever below 75 psig, an external actuation source is required in addition. If the pipeline pressure will drop below 75 psig, what is the actuation source? _____			
Power & Signal Information:	REQUIRED:		
Available Power Supply:	120 VAC	220 VAC	SOLAR
Input Flow Signal Type: Select One:			
1-5 VDC	4-20 mA X	PPS (1-999 pulses/second)	PPM (20-99 pulses/minute)
Tank Information:	OPTIONAL: Select One		
Is a Bulk Odorant Storage tank required?: Select One	Yes	No	Fire Size Relief Valve Required? Yes No
Desired tank Size: Select One:			
20 gal	60 gal	120 gal	250 gal 500 gal 1000 gal 2000 gal
Is a secondary Containment Skid Required?: Select One			Yes No
NAME OF PERSON PROVIDING INFORMATION: _____			
Complete this form and return to: YZ Systems, Inc* 3101 Pollock Drive* Conroe, Texas USA 77303		Additional Comments:	
Phone 800-344-5399 Fax 936-788-5720			
Mweller@yzhq.com			
4/10/02			