

**INGENIERIA CONCEPTUAL PARA EL DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE DE  
GAS DOMICILIARIO EN EL CORREGIMIENTO DE YARIMA**

**VIVIANA MARCELA BAYONA CÁRDENAS  
MARCELA LAGOS COLMENARES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA  
2012**

**INGENIERIA CONCEPTUAL PARA EL DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE DE  
GAS DOMICILIARIO EN EL CORREGIMIENTO DE YARIMA**

**VIVIANA MARCELA BAYONA CÁRDENAS  
MARCELA LAGOS COLMENARES**

**Proyecto de grado para optar el título de  
Ingeniero de petróleos**

**Director  
Julio Cesar Pérez Angulo  
Ing. de petróleos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA**

**2012**

A Dios por regalarme sabiduría e iluminar mi camino, por su infinita bondad y amor.  
A mis padres, quienes son mi inspiración y apoyo, por la motivación constante que me ha  
permitido hacer realidad este proyecto.  
A mis hermanos quienes siempre estuvieron dispuestos a ayudarme y con su ejemplo me  
hicieron una persona perseverante y responsable.  
A mi sobrinito Santiago quien me reconforta con sus cortas pero grandes palabras.  
A todos aquellos que nunca dudaron de mis capacidades.

*MARCELA*

A Dios y a la Virgen que me permitieron cumplir el sueño de realizar mi carrera profesional.

A mi madre que es mi mayor consejera y mi apoyo incondicional.

A mi padre con cariño, quien apoya siempre mis decisiones.

A mi hermanita Valentina quien me impulsa a seguir en busca de mis ideales.

Y a mi novio Danilo.

*VIVIANA*

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este proyecto expresan sus agradecimientos a:

Julio Cesar Pérez Angulo, Ingeniero de Petróleos, por aceptar dirigir este proyecto y guiarnos en el desarrollo del mismo.

Emiliano Ariza León, Ingeniero de Petróleos, por su aporte para la realización de este proyecto.

Campo Escuela Colorado, por facilitarnos información técnica para el proyecto.

Corregidor de Yarima, por su colaboración en cuanto a la inspección de actividades realizadas para la obtención de datos estadísticos acerca del corregimiento.

A familiares y amigos, por su apoyo y colaboración constante.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	
1. ZONA URBANA DEL CORREGIMIENTO DE YARIMA	22
1.1 GENERALIDADES DEL CORREGIMIENTO	22
1.1.1 Contexto social	23
1.1.2 Economía	24
1.1.3 Servicios públicos	25
1.2 ANTECEDENTES DEL SERVICIO DOMICILIARIO DE GAS	25
1.3 SITUACION ACTUAL	27
1.3.1 Riesgos	31
1.3.2 Pozo C-48: Gas de suministro actual	33
2. MARCO LEGAL-AMBIENTAL PARA DISTRIBUCION Y COMERCIALIZACION DEL GAS.	35
2.1 NORMATIVIDAD	35
2.1.1. Marco jurídico regulatorio	36
2.1.1.1 Ley 142 de 1994	36
2.1.1.2 Res CREG067-1995	36
2.1.1.3 Res CREG057-1996	36
2.1.1.4 Res CREG045-2002	36
2.1.1.5 Res CREG072-2002	36
2.1.1.6 Res CREG011-2003	36
2.1.2. Marco jurídico técnico	36
2.1.2.1 DECRETO 1180 DE 2003	36
2.1.2.2 NTC 2505	36
2.1.2.3. NTC 3808	37
2.1.2.4 NTC 3949	37

2.1.2.5 NTC 3728	37
2.1.2.6 NTC 1746	37
2.1.2.7 NTC 2576	37
2.2 CRITERIOS AMBIENTALES	37
2.2.1 Marco Jurídico Asociado con Proyectos de Distribución de Gas Natural	39
2.2.1.1 LEY 99 DE 1993	39
2.2.1.2 DECRETO 1753 DE 1994	39
2.2.1.3. DECRETO 1728 de 2002	39
2.3 CONVENIO UIS-ECOPETROL.	41
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE DE GAS DOMICILIARIO	43
3.1 DISTRIBUCION DE GAS NATURAL EN COLOMBIA	43
3.1.1 Clasificación y características de los gases	45
3.1.2 Usos del gas natural	45
3.1.3 Calidad del gas natural de Colombia	46
3.2 REDES EXTERNAS	48
3.2.1 Componentes	48
3.2.1.1 Red troncal	48
3.2.1.2 Anillos de distribución	48
3.2.1.3 Acometida domiciliaria	48
3.2.1.4 Derivación	48
3.2.2 Instalación	49
3.2.2.1 Termofusión a tope	49
3.2.2.1.1 Uniones a tope (errores usuales)	49
3.2.2.1.2 Uniones a tope (bien realizados)	50
3.2.2.2 Termofusión a socket.	50
3.2.2.2.1 Uniones a Socket (errores usuales)	50
3.2.2.2.2 Uniones a Socket (bien realizada)	51
3.2.2.3 Fusión con Silleta.	51
3.2.2.3.1 Uniones Con Silla (errores usuales)	52
3.2.2.3.2 Uniones con Silla (bien realizada)	52

3.3 REDES INTERNAS	53
3.3.1 Gasodomésticos	53
3.3.2 Centros de medición para instalaciones tipo casa	55
3.3.3 Construcción de redes internas.	55
3.3.3.1 Selección del material	56
3.3.3.2 Conexión de los artefactos a gas	56
3.3.3.3 Puesta en servicio	57
3.4 MATERIALES	58
3.4.1 Tuberías	58
3.4.1.1 Tubería de polietileno	58
3.4.1.2 Tubería de acero	58
3.4.2 Válvulas	59
3.4.2.1 Válvula principal	59
3.4.2.2 Válvula de acometida	59
3.4.2.3 Válvula de corte	59
3.4.2.4 Válvula de paso	60
3.4.3 Reguladores	60
3.4.4 Medidores	60
3.4.5 Accesorios para tubería de polietileno	62
3.5 ECUACIONES FUNDAMENTALES DE FLUJO	63
3.5.1 Ecuación general de flujo	63
3.6 MÉTODOS DE SOLUCIÓN	66
3.6.1 Método de HARDY CROSS	67
3.6.2 Método de RENOUARD	70
3.6.3 Método de teoría lineal	71
4. DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE DE GAS DOMICILIARIO.	73
4.1 GAS DE SUMINISTRO	73
4.1.1 Alternativa 1: Gas de Campo Colorado sin tratamiento	77
4.1.1.1 Transporte	78
4.1.1.2 City Gate	78

4.1.2 Alternativa 2: Gas de Campo Colorado con tratamiento	79
4.1.2.1 Transporte	79
4.1.2.2 City Gate	80
4.1.3 Alternativa 3: Gas producido por el pozo C-48	80
4.2 RED DE TRANSPORTE DE GAS DOMICILIARIO	80
4.2.1 Procedimiento general del diseño	80
4.2.1.1 Recopilación de la información	81
4.2.1.2 Actualización del plano	81
4.2.1.3 Ubicación City Gate	81
4.2.1.4 Trazado de la tubería Troncal y de los anillos de distribución	81
4.2.1.5 Procesamiento de la información	81
4.2.1.6 Corrida del software	82
4.2.1.7 Análisis de resultados	82
4.2.2 Simulación del diseño	82
4.2.2.1 Gravedad específica	82
4.2.2.2 Temperatura de flujo	83
4.2.2.3 Temperatura base	83
4.4.2.4 Presión base	83
4.4.2.5 Eficiencia de flujo	83
4.4.2.6 Caudal usado en el diseño	84
4.4.2.7 Ecuación de flujo utilizada	86
5. ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO	88
5.1 COSTO DE LA RED DE TRANSPORTE DE GAS DOMICILIARIO PARA EL CORREGIMIENTO DE YARIMA	88
5.1.1 Red de transporte de gas domiciliario.	88
5.1.2 Costos de acometida y medidor.	93
5.1.3 Costo de instalación de red interna.	93
5.1.4 Costos anuales de administración, operación y mantenimiento (AO&M)	94

5.1.5 Costo total del proyecto para cada alternativa	95
5.2 PROYECCION DE LA DEMANDA DE GAS NATURAL A 20 AÑOS	96
5.3 TARIFA	96
5.4 ANALISIS DE RENTABILIDAD	99
6. CONCLUSIONES	100
7. RECOMENDACIONES	102
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	105

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>TABLA 1:</b> Información proyecto red de gas 2001	26
<b>TABLA 2:</b> Normas legales y ambientales vigentes para proyectos de distribución de gas combustible por red	39
<b>TABLA 3:</b> Aplicaciones del Gas Natural	46
<b>TABLA 4:</b> Especificaciones de calidad del gas natural	47
<b>TABLA 5:</b> Capacidad de medidores de gas con base en la NTC 2728.	61
<b>TABLA 6:</b> Composición Gas Natural	73
<b>TABLA 7:</b> Propiedades fisicoquímicas del gas producido por C.E.C a 60°F y 14,65 psia.	75
<b>TABLA 8:</b> Lapsos de tiempo de cocción de alimentos en el Corregimiento de Yarima	84
<b>TABLA 9:</b> Caudal Total para cada vivienda	85
<b>TABLA 10:</b> Cantidad de material por Km para la canalización de la tubería de Polietileno (PE80) en Concreto	89
<b>TABLA 11:</b> Cantidad de material por Km, para la canalización de la tubería de polietileno (PE80) en tableta	90
<b>TABLA 12:</b> Cantidad de material por Km, para la canalización de la tubería de polietileno (PE80) en Zona verde	91
<b>TABLA 13:</b> Costos unitarios para las UC de tubería en polietileno	92
<b>TABLA 14:</b> Costos de canalización	92
<b>TABLA 15:</b> Costos de Medidor y Acometida	93
<b>TABLA 16:</b> Cantidad de material por red interna	94
<b>TABLA 17:</b> Costo de red interna	94

<b>TABLA 18:</b> Costo total del proyecto para cada alternativa.	95
<b>TABLA 19:</b> Cálculo de Usuarios Vinculados	97
<b>TABLA 20:</b> Proyección demanda de Gas Natural hasta el año 2031	98
<b>TABLA 21:</b> Proyección de ingresos hasta el año 2031	98

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1:</b> Porcentaje material construcción vivienda	23
<b>Figura 2:</b> Porcentaje material construcción piso vivienda	24
<b>Figura 3:</b> Conexiones ilegales	28
<b>Figura 4:</b> Estado de los materiales	29
<b>Figura 5:</b> Pozo C-48	29
<b>Figura 6:</b> Funcionamiento de una estufa a altas presiones	30
<b>Figura 7:</b> Tanques de almacenamiento GLP	31
<b>Figura 8:</b> Proyección producción Campo Escuela Colorado	76
<b>Figura 9:</b> Generador GENERAC	77
<b>Figura 10:</b> Gasoducto	78
<b>Figura 11:</b> Consumo en horas pico del día.	84
<b>Figura 12:</b> Plano del trazado de la red de gas domiciliario para el Corregimiento de Yarima	87

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>ANEXO A:</b> Cálculos de diseño de la red domiciliaria de gas (Alternativa 1)	106
<b>ANEXO B:</b> Cálculos de diseño de la red domiciliaria de gas (Alternativa 2)	124
<b>ANEXO C:</b> Sensibilización De Parámetros	142
<b>ANEXO D:</b> Tabla Factor De Demanda	148
<b>ANEXO E:</b> Formato Encuesta aplicada al Corregimiento de Yarima	149
<b>ANEXO F:</b> Costos de Administración, Operación y Mantenimiento (AO&M)	150

**TITULO: INGENIERIA CONCEPTUAL PARA EL DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE DE GAS DOMICILIARIO EN EL CORREGIMIENTO DE YARIMA\***

**AUTORES: BAYONA C. Viviana Marcela, LAGOS C. Marcela\*\***

**PALABRAS CLAVE: Gas, Redes de gas, Estudio Socio-económico, Distribución**

**DESCRIPCIÓN:**

En Colombia se han venido desarrollando proyectos de masificación de gas para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, este proyecto presenta un estudio técnico el cual involucra el diseño de la red de gas domiciliaria para el Corregimiento de Yarima, ubicado en la zona baja de San Vicente de Chucurí, un sector privilegiado debido a la abundancia de recursos energéticos a sus alrededores, pero escaso de servicios públicos domiciliarios.

Este documento presenta una breve descripción del Corregimiento de Yarima, antecedentes y situación actual del servicio de gas domiciliario, se presenta una alternativa de abastecimiento utilizando como gas de suministro el gas producido por Campo Escuela Colorado, se desarrolla todo lo relacionado con marco legal y ambiental para la distribución, seguido de los fundamentos teóricos y aspectos técnicos de diseño de redes de gas domiciliario. El diseño de la red de gas para el corregimiento de Yarima se realizó mediante una herramienta software llamada Sistema Integrado de Gas (SIG), la cual relaciona diferentes ecuaciones de flujo tales como la ecuación de Weymouth, la ecuación de Müller y la ecuación de Panhandle, con los métodos de Hardy Cross, Renouard y la teoría lineal, donde se presenta la obtención de cálculos y resultados, a partir de la ecuación de flujo de Müller y como método de solución Hardy Cross. También se realizó el estudio técnico-económico del proyecto, donde se muestran los costos totales de la red y una proyección de la demanda de gas natural en un horizonte de 20 años.

Para el Corregimiento de Yarima se recomienda esta clase de servicio de gas por red, porque es un método cómodo, económico, ecológico y confiable, además de ser un plan bandera del presente gobierno, como es el de llevar el gas natural a todos los hogares colombianos.

---

\*Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos  
Director de Proyecto: Ing. Julio César Pérez Angulo

TITLE: CONCEPTUAL ENGINEERING FOR THE DESIGN OF THE DOMICILIARY GAS TRANSPORT NETWORK IN THE YARIMA TOWNSHIP. \*

AUTHORS: BAYONA C. Viviana Marcela, LAGOS C. Marcela\*\*

KEYWORDS: Gas, Gas Network, Socio-Economic Study, Distribution.

ABSTRACT:

Colombia has been developing gas mass projects to improve the quality of life for its residents; this project presents a technical study which involves the design of the domiciliary gas network for the Yarima Township, located in the lower of San Vicente de Chucurí a privileged sector because of the abundance of energy resources around, but little public service.

This document provides a brief description of the Yarima township, history and current situation of domiciliary gas service, we present an alternative supply using how supply gas, the gas produced by the Colorado Field, develops everything about legal and environmental framework for distribution, followed by the theoretical and technical aspects of design about domiciliary gas network. The design of domiciliary gas network Yarima Township was performed by a software tool called Integrated Gas System (SIG), which relates different flow equations such as Weymouth's equation, Mueller's equation and the Panhandle's equation, with Hardy Cross, Renouard and linear theory methods, which are presented the calculations and results obtained, from Mueller's flow equation and as a solution method Hardy Cross. We also performed the technical-economic study of the project, showing the total network costs and a projection natural gas demand in a 20 years horizon.

For the Yarima Township recommend this kind of gas network service, because it is a convenient, economical, environmentally friendly and reliable system, besides being a marker plan of this government, as is to bring natural gas to every Colombian households.

---

\*Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos  
Director de Proyecto: Ing. Julio César Pérez Angulo

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad es importante el uso del Gas Natural como fuente de energía, ya que es un combustible limpio que presenta mayor utilidad, debido a sus características de combustión, economía, abundancia y seguridad.

La gestión y ejecución de la implementación de la red de Gas Natural Domiciliario en el Corregimiento de Yarima es un proyecto para beneficio de la comunidad, enfocado a la disminución de accidentes futuros, en los cuales se pueda ver involucrada la población.

El proyecto de suministro de Gas Natural Domiciliario al Corregimiento de Yarima, es una alternativa prioritaria por el grado de inconformidad social, que viven sus habitantes debido a la falta de abastecimiento de este servicio público, destacando que en el Municipio de san Vicente de Chucurí se está generando una tendencia económica representada en la explotación de hidrocarburos en este sector.

Desde hace 15 años, por falta de este servicio, la mayoría de habitantes del corregimiento de Yarima, han optado por adicionar una derivación directamente del pozo C-48 que se encuentra ubicado en el casco urbano; como consecuencia a estas indebidas prácticas, pueden generarse daños futuros tanto a la comunidad como al medio ambiente. Adicionalmente, este gas no cumple las especificaciones para consumo domiciliario, genera una combustión incompleta en los gasodomésticos, provocando un grado de contaminación mayor. Por esta razón, se presenta la necesidad de implementar una red de Gas Natural Domiciliario, minimizando riesgos en cuanto a la integridad del corregimiento.

## **1. ZONA URBANA DEL CORREGIMIENTO DE YARIMA**

En la zona baja de San Vicente de Chucurí, se sitúa el Corregimiento de Yarima su localización geográfica permite el acceso al municipio del Carmen de Chucurí, a los Corregimientos de Santo Domingo, La Explanación y el Centenario; de igual forma comunica a los municipios de Simacota y Santa Helena del Opón. Limita al sur-este con Barrancabermeja, al norte con el Centro, al sur con el río Cascajales y el municipio del Carmen, al este con el río Oponcito y el municipio de San Vicente de Chucurí y al Oeste con los ríos cascajales y la colorada. Debido a su localización territorial el clima oscila entre los 30° y 35° con tendencia a aumentar en época de verano. El corregimiento de Yarima, dista 50 Km del casco urbano de San Vicente de Chucurí, 45 Km de Barrancabermeja y 8 Km de la Troncal del Magdalena Medio. El corregimiento tiene una extensión total de 11.355,9594 Hectáreas, con un total de 1.628 habitantes, en un número total de viviendas de 375.

### **1.1 GENERALIDADES DEL CORREGIMIENTO**

Fue fundado el 15 de Agosto de 1957 por los señores Pedro Elías Ardila y Carlos Tarazona Merchán, en 1958 se comienzan a construir las primeras viviendas junto con la presencia de la compañía petrolera Troco, para adelantar estudios y posterior explotación de petróleo ubicado en algunas de las veredas del corregimiento, lo cual fue una oportunidad de crecimiento para los pobladores de la zona. En 1962 la compañía petrolera se marcha entregando sus instalaciones para la Escuela Primaria; allí mismo funcionaban además la inspección y el puesto de policía.

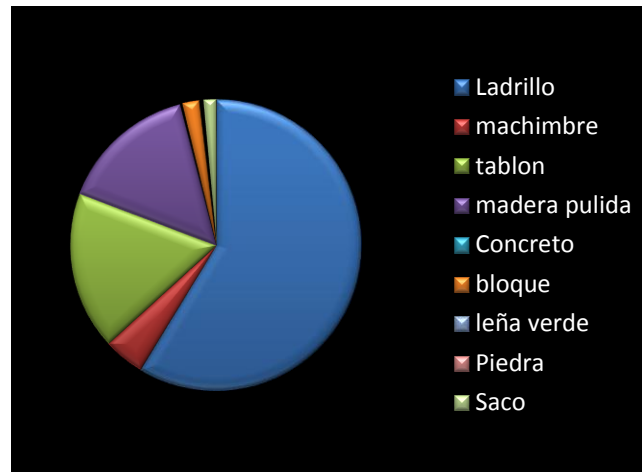
### 1.1.1 Contexto social

En esta tierra por los años 50, ingresó la compañía petrolera Troco para adelantar estudios y posterior explotación de petróleo ubicado en una de las veredas de Yarima. Con esta inserción, los habitantes vieron grandes posibilidades de progreso para la región, se llenaron de expectativas y se originó un desplazamiento de algunas zonas del país por la “bonanza petrolera”. Luego este campo es tomado por Ecopetrol.

Los habitantes del área urbana del corregimiento se distribuyen en 375 viviendas, las cuales están construidas de la siguiente manera:

**Figura 1:** Porcentaje material construcción vivienda

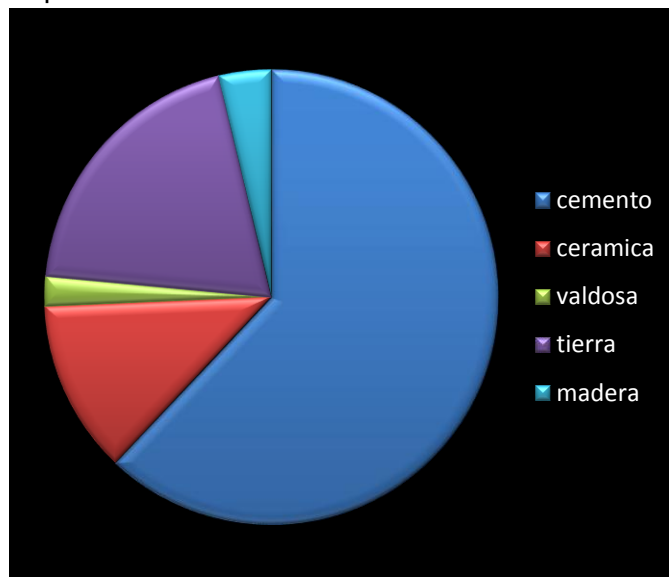
MATERIAL VIVIENDA		
Ladrillo	220	58,82%
Machimbre	17	4,55%
Tablón	66	17,65%
Madera pulida	57	15,24%
Concreto	1	0,27%
Bloque	7	1,87%
Leña verde	1	0,27%
Piedra	1	0,27%
Saco	5	1,34%



Lo anterior evidencia una situación difícil entorno a condiciones de una vivienda digna, reflejada en las calles del corregimiento que no presentan pavimentación ni distribución para la zona vehicular y peatonal, dando respuesta a la composición de los materiales del piso de las viviendas las cuales se constituyen así:

**Figura 2:** Porcentaje material construcción piso vivienda

MATERIAL PISO		
Cemento	232	62,03%
Cerámica	46	12,30%
Baldosa	8	2,14%
Tierra	74	19,79%
Madera	14	3,74%



### 1.1.2 Economía

El Corregimiento de Yarima tiene basada su economía en el cultivo de Palma y Caucho, en la zona urbana del corregimiento se encuentran diversidad de negocios dedicados a la venta de gaseosas y comestibles, pequeños negocios de misceláneas y ventas de comida que generan ingresos muy bajos; también se generan labores agropecuarias, minería y actividades relacionadas a la producción de hidrocarburos.

La economía que predomina en el corregimiento y en general en la región es una economía de enclave, en donde se cultiva palma de aceite que sale hacia otros municipios para ser procesada y que en Yarima genera empleo por medio de la contratación por cooperativas. La otra fuente económica es la madera, la cual es extraída de las veredas y transportada hacia el Centro Poblacional en donde es transformada y luego transportada a otras partes de la región.

### **1.1.3 Servicios públicos**

El Corregimiento de Yarima solo cuenta con el servicio de electricidad y alumbrado público. Los servicios públicos como el agua y el gas, no se han podido implementar en la localidad debido a los malos manejos de la administración pública; en algunos casos los proyectos han llegado hasta la instalación de redes para suministro, pero no se han ejecutado, deteriorándose toda la infraestructura ya montada con el tiempo; en otros casos la calidad de los materiales usados para construcción, no cumplen con las especificaciones requeridas dentro de las normas técnicas.

En la actualidad en el corregimiento se está desarrollando un proyecto para abastecer la población con el servicio público de acueducto y alcantarillado, este se encuentra en la segunda fase de desarrollo, y se espera mejorar la calidad de vida de la comunidad, debido a que el agua recolectada no es potable, es agua proveniente de aljibes y aguas lluvia, por esta razón se presentan problemas de salud como son, enfermedades diarreicas, poliparasitismo intestinal, paludismo, gastroenteritis, hepatitis tipo A, entre otras.

## **1.2 ANTECEDENTES DEL SERVICIO DOMICILIARIO DE GAS**

En la administración municipal 2001-2003 del municipio de San Vicente de Chucuri se implemento un plan piloto de gas domiciliario para abastecer al Corregimiento de Yarima con gas natural, por razones desconocidas el proyecto fue modificado utilizando como suministro gas propano; se construyó una planta de GLP de 4154 galones, la red de distribución y las instalaciones a los usuarios.

Dentro del Programa de Ordenamiento Territorial se encuentra la siguiente información:

**TABLA 1:** Información proyecto red de gas 2001

<b>PROYECTO</b>	Instalación red domiciliaria del gas natural en el corregimiento de Yarima.								
<b>OBJETIVO</b>	Instalar la red domiciliaria del gas en el corregimiento Yarima.								
<b>ESTRATEGIA-E2</b>	COMPONENTE URBANO								
<b>RESPONSABLES</b>	Secretaria de planeación Empresa Privada Secretaria de obras públicas.								
<b>COSTOS</b>	\$250.000.000								
<b>FUENTES DE FINANCIAMIENTO</b>	I.C.N, Regalías, Cofinanciación.								
<b>ACTIVIDADES O SUBPROYECTOS</b>	CORTO PLAZO			MEDIANO PLAZO			LARGO PLAZO		
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Estudios técnicos.</b>	X								
<b>Diseño de red.</b>		X							
<b>Instalación de la red.</b>		X	X						
<b>Monitoreo y control.</b>	X	X	X						
<b>INSTRUMENTOS DE GESTIÓN</b>	- Cooperación entre participantes								
<b>INSTRUMENTOS JURÍDICOS</b>	- Ley 388-/97 - Ley 99 /93 - Res. 1756 /99. CAS			- Ley 60 /93 - Decreto 1507-/98 - Acuerdo Municipal P.O.T.					

Fuente: POT

Los pobladores del corregimiento pagaron por la conexión de este servicio un monto aproximado de \$ 55.000 y nunca se realizó la distribución de gas, quedando inconcluso el proyecto.

### 1.3 SITUACIÓN ACTUAL

Ahora, después de 10 años de haber sido abandonado el proyecto, se pueden observar las condiciones precarias en las que se encuentran todos los materiales, equipos, accesorios, tuberías y acometidas. Los Yarimenses debido a la necesidad de suministro de gas en sus viviendas y el alto costo de los cilindros, optaron por utilizar el gas del pozo que se encuentra dentro del casco urbano del corregimiento para abastecerse. Según sus pobladores se escuchaban sonidos particulares (zumbidos) en el pozo cerrado; pero después de iniciar las conexiones ilegales se notó la disminución progresiva de dichos sonidos, una posible razón a este hecho es que el trabajo de cierre solo se realizó para la ZONA B del pozo, quedando activa la ZONA C (gasífera), donde se presenta alta producción de gas seco, por tal razón el pozo estuvo en estado de sobrepresión y al iniciar el suministro ilegal de éste, la presión se estabilizó, por lo tanto los sonidos desaparecieron.

Desde hace 15 años los habitantes del corregimiento realizan conexiones ilegales para abastecerse, estas se pueden observar en las calles, junto a las cuerdas de electricidad tipo aérea, enterrada, ajustada en las fachadas de las casas, postes de electricidad, árboles y postes artesanales. El gas que llega a las viviendas es transportado por mangueras de caucho (en las que comúnmente se transporta agua), las cuales no cumplen con ningún tipo de Norma Técnica; los accesorios para realizar las uniones son parches en caucho, diferentes tipos de plásticos y cintas. Las presiones a las cuales llega gas a los gasodomésticos son elevadas, véase la figura 6.

El pozo que se encuentra ubicado dentro del casco urbano es denominado COLORADO 48, propiedad de ECOPETROL. El combustible es tomado del anular del pozo y para abastecerse de manera más eficiente los habitantes instalaron un separador, de donde se distribuye el gas hacia los consumidores, el cual no se encuentra en condiciones óptimas, ni cumple con la normatividad mínima necesaria.

**Figura 3:** Conexiones ilegales



**Figura 4:** Estado de los materiales



**Figura 5:** Pozo C-48



**Figura 6:** Funcionamiento de una estufa a altas presiones



Fuente: Autor

Con el paso del tiempo, las nuevas construcciones y proyectos realizados en el corregimiento han obligado a excavación en diferentes sectores, motivo por el cual la mayor parte de la red de distribución instalada hace 10 años ha sido destruida, y el restante se encuentra deteriorada. Los sistemas de acometida instalados para suministro de GLP en las viviendas se observan con altos niveles de corrosión, problemas de oxidación y pitting en tuberías, en algunos casos los medidores han sido hurtados y los que aun existen no se encuentran en condiciones óptimas de uso. Los tanques de almacenamiento de GLP no cumplen con las norma de distanciamiento mínimo entre viviendas cercanas, estos 2 tanque poseen una capacidad de 2.077 GLNS cada uno, según la Res. 80505 de MME la distancia mínima entre los tanques y cualquier construcción o lindero de predios vecinos debe ser de 7,6 m; las puertas del cerramiento se deben abrir siempre hacia el exterior, en este caso la puerta abre hacia los dos lados; deben ser manipulables desde el interior y provistas de un sistema de accionamiento sin necesidad de usar llaves, incumpléndose nuevamente otro punto de la norma debido a que la puerta de la estación contenedora de gas se cierra con un candado y el sistema de accionamiento es mediante una llave.

**Figura 7:** Tanques de almacenamiento GLP



Fuente: Autor

**1.3.1 Riesgos.** Son muchos los riesgos que se pueden generar debido a las malas prácticas a las cuales acude la comunidad para la obtención del gas natural:

Una de estas es la forma como proceden los habitantes a realizar las perforaciones en el separador para distribuir el combustible, práctica en la cual se puede generar chispa y al entrar en contacto con el gas, se presente explosión; así mismo, debido a que el separador se encuentra cercano a una zona vulnerable esto permitiría la propagación de un posible incendio.

La red ilegal de distribución aérea pasa junto a cables de electricidad que transportan cargas considerables de energía; el corregimiento de Yarima presenta alteraciones de clima, por ende se pueden generar tormentas eléctricas, estas condiciones son aptas para ocasionar alteraciones en la red de gas ilegal, que al hacer contacto con la alta descarga eléctrica iniciaría un incendio

En el corregimiento hay viviendas construidas en diferentes tipos de materiales y un porcentaje considerable se encuentra fabricado en madera, éste es altamente inflamable y capaz de arder fácilmente, al estar expuesta a temperaturas elevadas durante periodos de tiempo prolongados a la acción del fuego, experimenta una descomposición química generando gases inflamables que comenzaran a arder, la red de gas para este tipo de viviendas es de alto riesgo ya que si se presenta una fuga del mismo, en contacto con chispa se originaría una situación difícil de controlar. El gas proveniente del pozo no posee regulación de presión, puede presentarse que mientras el gasodoméstico se encuentre en funcionamiento, un bache de gas con presión mayor llegue a éste, produciendo una llama de gran tamaño, provocando un posible accidente con las personas que se encuentren a su alrededor.

Este gas de suministro no cumple con las especificaciones para consumo domiciliario, debido a que el material usado para las instalaciones no se rige con ningún tipo de norma técnica y tampoco cumple con las mínimas condiciones de calidad, es decir no es técnicamente segura; además no hay confiabilidad de suministro a mediano y largo plazo ya que este es un gas anular que en cualquier momento puede dejar de producir.

### 1.3.2 Pozo C-48: Gas de suministro actual



El pozo C-48 se localiza en área urbana del Corregimiento de Yarima (barrio Gaitán). Cuenta con una profundidad total de 7039 pies, tiene dos arenas productoras importantes denominadas arena B, productora de petróleo y agua, y una arena C productora de gas.

El pozo se dejó como productor de la zona B pero fue cerrado por alta producción de agua. En 1980 se rehabilitó como productor de gas quedando en producción, luego el pozo fue cerrado ya que nunca se instaló línea de disparo. En 1987 se presenta un memorando para la eliminación del escape de gas del pozo, el cual dice que éste presenta escapes de gas a través de la brida del revestimiento lo que se constituía un

peligro potencial de incendio para la comunidad, para esto se proponen trabajos de eliminación de los escapes. Se presentan 2 oportunidades de aprovechamiento del pozo, una como productor de gas y otra como productor de agua para Yarima, a esta última el Departamento de ingeniería de ECP respondió que no considera conveniente ni adecuada la utilización de este pozo para suministro de agua potable teniendo en cuenta su carácter gasífero y el mal estado mecánico.

En la actualidad los habitantes realizan conexiones ilegales directamente del cabezal del pozo e instalaron un separador de donde distribuyen el servicio de gas a cada una de las viviendas del Corregimiento, debido a estas conexiones los Yarimenses están expuestos a altos niveles de riesgo, pues ni este pozo ni la distribución que se realiza cumple con especificaciones ni normas establecidas de calidad.

## **2. MARCO LEGAL-AMBIENTAL PARA DISTRIBUCION Y COMERCIALIZACION DEL GAS.**

Todos los procesos involucrados en llevar a cabo la construcción de una red de distribución de gas domiciliario y la comercialización del mismo, deben estar ceñidos a unas normas y leyes que rigen todos los aspectos relacionados con este propósito. Tanto para materiales utilizados en la elaboración de diferentes equipos y accesorios, como para los criterios que se han de tener en cuenta para el diseño de la red, así como para la calidad del gas combustible a ser distribuido, algunas de las normas nacionales e internacionales son:

- NTC: Normas Técnicas Colombianas.
- ASME: American society of mechanical engineers
- ANSI: American national standard institute
- ASTM: American society for testing and materials
- API: American petroleum institute
- MSS: Manufacturer's Standardization Society of the valve and fittings industry
- NFPA: National Fire Protection Association

### **2.1 NORMATIVIDAD**

Existe gran cantidad de normas técnicas y resoluciones emanadas de entidades competentes, en el caso específico de nuestro país, estas normas son dictadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC, la cual es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor.

**2.1.1. Marco jurídico regulatorio:** se establecen las siguientes normas:

**2.1.1.1 Ley 142 de 1994:** Ley de Servicios Públicos Domiciliarios.

**2.1.1.2 Res CREG067-1995 :** Por la cual se establece el Código de Distribución de Gas Natural por red.

**2.1.1.3 Res CREG057-1996:** Por la cual se establece el régimen tarifario para distribución de gas natural por red.

**2.1.1.4 Res CREG045-2002:** Por la cual se establece la metodología de cálculo y ajuste para la determinación de la tasa de retorno que se utilizará en las fórmulas tarifarias de la actividad de distribución de gas combustible por redes para el próximo periodo tarifario.

**2.1.1.5 Res CREG072-2002:** Por la cual se establece la metodología para clasificar las personas prestadoras de los servicios públicos de acuerdo con el nivel de riesgo y se definen los criterios, metodologías, indicadores, par metros y modelos de carácter obligatorio que permiten evaluar su gestión y resultados.

**2.1.1.6 Res CREG011-2003 :** Por la cual se establecen los criterios generales para remunerar las actividades de distribución y comercialización de gas combustible y las fórmulas generales para la prestación del servicio público domiciliario de distribución de gas combustible por redes de tubería.

## **2.1.2. Marco jurídico técnico**

**2.1.2.1 DECRETO 1180 DE 2003:** Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la Licencias Ambientales. Se deroga el artículo 3º del decreto 698 de 2000 y el decreto 1728 de 2002.

**2.1.2.2 NTC 2505:** Instalación para suministro de gas en edificaciones residenciales y comerciales.

**2.1.2.3. NTC 3808:** Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles.

**2.1.2.4 NTC 3949:** Estaciones de regulación para redes de transporte y distribución de gas combustible.

**2.1.2.5 NTC 3728:** Redes de distribución urbana de gas

**2.1.2.6 NTC 1746:** Tubos y accesorios termoplásticos para la conducción de gas a presión.

**2.1.2.7 NTC 2576:** Válvulas y mecanismos termoplásticos de corte accionados manualmente para sistemas de distribución de gas.

## **2.2 CRITERIOS AMBIENTALES**

El ordenamiento jurídico ambiental del país se desprende de la constitución política de 1991, en la cual se establecen las obligaciones del estado y los ciudadanos en la protección de riquezas naturales y culturales de la nación, también hace referencia a la participación ciudadana en la decisiones ambientales de los proyectos.

La ley 99 de 1993, crea el Ministerio del Medio Ambiente y define la organización del Sistema Nacional Ambiental, fijando la Licencia Ambiental como Instrumento de planificación y Gestión Ambiental de Los Proyectos.

Para cumplir con los lineamientos estipulados en la ley 99 de 1993 y sus decretos reglamentarios (1753 de 1994, 1728 de 2002, 1180 de 2003) se elabora un estudio de impacto ambiental (E.I.A) el cual incluye en su contenido:

- Síntesis del proyecto: Consideraciones generales sobre el proyecto a desarrollar, quién desarrolla el proyecto, localización, actividades programadas, efectos ambientales previstos, proyección de operación etc.
- Marco legal y ambiental por el cual se rigen todas las actividades encaminadas a la ejecución del proyecto.
- Objetivos generales y específicos del proyecto y del Estudio de Impacto Ambiental.
- Descripción técnica del proyecto: Características de diseño y urbanismo de la planta del proyecto, elemento a manejar (tipo de combustible y propiedades), equipos y materiales utilizados y sus especificaciones.
- Descripción del área de influencia del proyecto.
- Establecimiento de la línea base ambiental: Caracterización del área de influencia del proyecto en cuanto a los componentes físico (geología, hidrología, vegetación, fauna, etc), atmosférico (calidad del aire, nivel de ruido, olor, etc), socio-económico (infraestructura de servicios, estratos, población circundante y futura, flujo vehicular, uso del suelo, etc).
- Evaluación ambiental: Cualifica y cuantifica el grado de afectación negativa y positiva que genera el proyecto sobre los componentes anteriormente citados.
- Plan de Manejo Ambiental: Descripción detallada de los impactos generados por el proyecto, junto con las medidas de mitigación, compensación, y/o corrección a tomar y los programas de manejo de los impactos.
- Plan de Contingencia: Análisis y evaluación de los riesgos que se pueden presentar durante las fases de construcción y operación del proyecto, evaluación de amenazas y factor de vulnerabilidad del entorno. Establecimiento de procedimientos operativos, equipos y sistemas de seguridad a instalar, y manual de funciones en caso de presentarse un siniestro.

## 2.2.1 Marco Jurídico Asociado con Proyectos de Distribución de Gas Natural

**2.2.1.1 LEY 99 DE 1993:** Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA)

**2.2.1.2 DECRETO 1753 DE 1994:** Sobre Licencias Ambientales. Art. 35 sobre modificación de Licencias.

**2.2.1.3. DECRETO 1728 de 2002:** Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la Licencia Ambiental.

**TABLA 2:** Normas legales y ambientales vigentes para proyectos de distribución de gas combustible por red.

ASPECTO FUNDAMENTAL	NORMA	DESCRIPCION DE LA NORMA	ENTIDAD
PREVENCIÓN DE DESASTRES	Dec, Ley 919 de 1989	Se organiza el sistema de atención de desastres.	Planeación Municipal
	Res. 1016 de 1989	Reglamenta la organización y desarrollo de un plan de emergencia teniendo en cuenta las tres ramas: preventiva, pasiva o estructural y activa o control de emergencia.	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social
	Dec, 1295 de 1994	Organización, administración del sistema de riesgos profesionales, funcionamiento y contenido de programas de salud ocupacional.	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social
	Dec. 1281 de 1994	Reglamenta las actividades de alto riesgo.	
GENERACIÓN	Ley 09 de 1979	Código sanitario Nacional: Reglamentación para la generación y manejo y disposición de residuos sólidos.	Ministerio de Salud
	Res. 541 de 1994	Reglamenta el cargue, descargue transporte, almacenamiento y	Ministerio del Medio

<b>DE RESIDUOS</b>		disposición final de escombros, materiales como concreto y agregados sueltos de construcción.	Ambiente
	Dec. 605 de 1996	Residuos sólidos.	Ministerio de Desarrollo
<b>GENERACION DE RUIDO</b>	Res. 8321 de 1983	Control de emisiones de ruido previniendo afectación de la salud y bienestar de personas.	Ministerio de Salud
<b>USOS DEL SUELO</b>	Dec Ley 2811 de 1974	Parte VII: De la tierra y los suelos. Del suelo agrícola y no agrícola.	
<b>CRUCES ESPECIALES, CRUCE AEREO DE CORRIENTES DE AGUA</b>	Dec. 1449 de 1997	Sobre franjas protectoras de nacimientos de cuerpos de agua, zona de aislamiento de corrientes de agua.	Ministerio de Agricultura.
<b>EMISIONES ATMOSFÉRICAS</b>	Dec. 02 de 1982	Normas sobre el aire.	Ministerio de la salud.
	Dec. 948 de 1995 Dec.1697 (Modificación parcial del dec. 948 de 1995)	Sobre la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.	Ministerio Medio Ambiente
	Ley 306 de 1996	Protección de la capa de ozono.	Congreso de la República
	Res. 619 de 1977	Emisiones atmosféricas de fuentes fijas.	Ministerio Medio Ambiente
	Res. 623 de 1998	Reglamenta la calidad del combustible.	Ministerio Medio Ambiente
<b>ESPACIO PÚBLICO</b>	Ley 09 de 1998.	Artículo 8: Defensa del espacio público.	Planeación Municipal
	Dec 1504 de 1998	Reglamentación del espacio publico en los planes de ordenamiento territorial.	Planeación Municipal

<b>PAISAJE</b>	Dec 1715 de 1978	Protección del paisaje.	Ministerio de Agricultura.
	Ley 140 de 1994	Descontaminación visual y de integridad del medio ambiente.	Congreso de la Republica
<b>FAUNA</b>	Dec 2811 de 1974	Parte 10. Titulo I. Protección y conservación de la fauna.	
	Des 1608 de 1978	Preservación, conservación, restauración y fomento de la fauna silvestre.	
	Ley 84 de 1989	Estatuto nacional de protección de los animales.	
<b>FLORA Y BOSQUES</b>	Dec Ley 2811 1974	Parte VIII: De los bosques y aprovechamientos forestales y reforestación.	

Fuente: Autor

### 2.3 CONVENIO UIS-ECOPETROL.

El Campo Escuela, Campo Colorado, uno de los proyectos más grandes entre el sector productivo y la academia colombiana, consolidó el 1 de Junio de 2006 la entrega oficial de parte de la estatal petrolera Ecopetrol a la Universidad Industrial de Santander, la cual será la administradora y operadora de este importante centro, que se perfila como uno de los pilares científicos y tecnológicos más importantes del país en materia de hidrocarburos.

El 25 de Enero de 2006 la Empresa Colombiana de Petróleos – ECOPETROL y la Universidad Industrial de Santander, firmaron el Convenio Interadministrativo de Cooperación Empresarial con fines científicos y tecnológicos por medio del cual, la compañía estatal petrolera hace entrega a la UIS del Campo Colorado, localizado en la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM), al sureste del municipio de Barrancabermeja (Santander) y al sur del Campo La Cira-Infantas; dando paso a una

alianza estratégica para el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología traducida en el establecimiento de un Campo Escuela, que se constituye en la primera experiencia nacional en materia de interacción academia - empresa en el sector hidrocarburos.

Como resultado de esta alianza, la UIS verá fortalecido su accionar institucional al contar con un Campo Escuela desde el cual puede desplegar con mayor energía sus propuestas en las áreas de investigación y formación, mientras que ECOPETROL consolida su política de desarrollo e innovación tecnológica y de formación de funcionarios y del personal de operación de la industria petrolera al establecer un escenario propicio para la generación de nuevas técnicas y posibilidades de mejoramiento de la producción de crudo en el país.

Con esta entrega del Campo Colorado, ECOPETROL hace un voto de confianza en el proyecto educativo de la UIS y refleja la conciencia que tiene de contribuir y apoyar la mejor formación del talento colombiano como única posibilidad con la que cuenta el país para el mejor aprovechamiento de sus recursos.

### **3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y TÉCNICOS PARA DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE DE GAS DOMICILIARIO**

En el presente capítulo, se darán a conocer generalidades del gas natural en Colombia, algunas de sus características y los aspectos teóricos y técnicos a tener en cuenta para la elaboración de la red de gas domiciliario.

#### **3.1 DISTRIBUCION DE GAS NATURAL EN COLOMBIA**

La utilización de gas natural como combustible doméstico, se inició en Colombia hacia 1921, en los campamentos de la Tropical Oil Company, históricamente referenciada como “La Troco”. En efecto, el gas era llevado por mangueras hasta rudimentarias cocinas que consistían en tubos metálicos con múltiples perforaciones, conocidos como quemadores de “llama entera”, ya que no tenían válvulas de control y por lo tanto permanecían siempre encendidos. Estos primeros intentos de utilización del gas natural, estaban circunstanciados a los campos de producción, puesto que no se vislumbraba la posibilidad de su comercialización y mucho menos la necesidad de expedir normas y regulaciones que garantizaran la seguridad y los derechos de los usuarios. Fue necesario que pasaran más de 50 años para que se diera comienzo, en 1977 a la distribución de gas natural con una concepción comercial de negocios. La compañía de distribución de gas natural Gases del Caribe S.A., perteneciente al Grupo Colgas y para entonces la mayor distribuidora de gas propano (GLP) de la costa norte de Colombia, inició en la urbanización Villa Tarel, de la Ciudad de Barranquilla, lo que se denominó el primer Plan Piloto para la distribución de gas domiciliario. Puesto que no existía experiencia alguna sobre gasoductos urbanos, para la construcción de la infraestructura se tomó como propio el código Mexicano “Ramales y Redes de Distribución construidos con tuberías de polietileno de alta densidad”, para el sistema tarifario se hizo un sencillo acuerdo de márgenes con el Ministerio de Minas y Energía y para los aspectos legales, se tomaron por analogía algunos artículos del Código de Petróleos, Decreto Ley 1056 de 1953, especialmente en lo relacionado con servidumbres y obligaciones con el Estado.

Debido a la escasez de GLP que venía presentándose, se brindó una posibilidad a la comunidad de recibir el suministro en forma similar a los demás servicios públicos, y al bajo costo del servicio, el éxito del proyecto fue inmediato. Consecuentemente el Grupo Colgas bajo la dirección del Dr. Hernando Gonzales Barona inició la constitución de empresas para llevar a cabo proyectos similares en Bucaramanga, Neiva, Cartagena y Riohacha, en consideración a su cercanía a los campos productores.

Se desarrollaron entonces fases para la masificación del gas en Colombia:

En la primera fase el servicio llegó a las principales ciudades de la Costa Atlántica, desde Montería hasta Riohacha, Neiva y los municipios del Sur del Huila, Bucaramanga y su área metropolitana, Barrancabermeja y los municipios de su área de influencia, Villavicencio y finalmente la capital de la República. Esta fase inició en 1977 y se extendió hasta la expedición de la Ley 142 de Julio 11 de 1994, en donde se atendieron más de 1.5 millones de usuarios localizados en los principales centros urbanos del país.

En la fase intermedia se expidió el decreto 408 del 03 de Marzo de 1993 por medio del cual se aprobaron las estrategias para el desarrollo del plan de gas, complementario del programa de “Gas para el Cambio” que se había diseñado en 1986. Como resultado se enfocó la distribución de gas hacia los consumidores industriales y a los núcleos poblacionales importantes.

Después de creadas las áreas exclusivas, e iniciada la operación de las empresas distribuidoras en dichas áreas, en la última fase se creó la Empresa Colombiana de Gas, Ecogas, mediante la ley 401 del 20 de Agosto de 1997. A partir de entonces, el transporte de gas hacia el interior del país dejó de ser competencia de Ecopetrol, siendo asumido por Ecogas en virtud del recibo de la infraestructura de transporte de gas de propiedad de Ecopetrol y de los contratos de BMOT.

La producción, el transporte y la distribución y comercialización de gas en Colombia han traído como consecuencia la constitución y el desarrollo de industrias productoras de bienes y servicios, generando empleo y bienestar en gran parte del territorio nacional, y mejorando el nivel de vida de nuestros conciudadanos.

### **3.1.1 Clasificación y características de los gases**

Los gases combustibles se clasifican, de acuerdo con la Norma UNE 60.002, en familias:

- **Familia primera:** Gas manufacturado (gas ciudad), aire propanado o butanado de bajo índice de Wobbe, aire metanado.
- **Familia segunda:** Gas natural. Aire propanado o butanado de alto índice de Wobbe.
- **Familia tercera:** Butano comercial, propano comercial.

Las características de los gases serán aquellas que los identifiquen para su utilización como combustibles y, entre otras, la de composición química, poder calorífico superior (P.C.S.), poder calorífico inferior (P.C.I.), índice de Wobbe y de combustión, densidad, olor, toxicidad, corrosión y humedad.

### **3.1.2 Usos del gas natural**

El gas natural se encuentra, al igual que el petróleo, en yacimientos en el subsuelo, por lo tanto, su composición, su gravedad específica, su peso molecular y su poder calorífico son diferentes en cada yacimiento. El rango de variación del poder calorífico está entre 900 y 1400 BTU/PC.

El gas natural se utiliza como materia prima o como combustible en los sectores industrial, petroquímico, termoeléctrico, doméstico, comercial y de transporte terrestre. Sus principales usos por sector son los siguientes:

**TABLA 3.** Aplicaciones del Gas Natural

<b>SECTOR</b>	<b>USOS</b>	
<b>Industrial</b>	-Refinerías de petróleo -Industria del vidrio -Minas de ferróníquel -Industria alimenticia -Hierro y acero	-Pulpa y papel -Industria del Cemento -Cerámica -Industria textil
<b>Petroquímico</b>	-Urea -Alcoholes -MTBE -Etileno -ETC	-Nitrato de amonio -Aldehídos -Acetileno -Polietileno
<b>Termoeléctrico</b>	-Turbogeneradores -Calderas (turbinas de vapor) -Plantas de ciclo combinado	-Plantas de ciclo “STIG” -Plantas de cogeneración -Plantas de trigeneración.
<b>Doméstico y comercial</b>	-Cocinas -Secadoras de ropa -Refrigeración y acondicionamiento de aire.	-Calentadores de agua -Calefacción -Restaurantes -Hoteles
<b>Transporte</b>	-GNV -Gas Natural Vehicular comprimido en reemplazo de la gasolina motor.	

Fuente: [www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co)

### 3.1.3 Calidad del gas natural de Colombia

Mediante la Resolución CREG 071 de 1999 se adoptó el Reglamento Único de Transporte del Gas Natural -RUT-. El Gas Natural entregado al Transportador por el Agente, en el Punto de Entrada del Sistema de Transporte y por el Transportador en el Punto de Salida, deberá cumplir con las especificaciones de calidad indicadas en la siguiente tabla.

**TABLA 4.** Especificaciones de calidad del gas natural.

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>SISTEMA INTERNACIONAL</b>	<b>SISTEMA INGLÉS</b>
<b>Máximo poder calorífico bruto (GHV) (Nota 1)</b>	42.8 MJ/m <sup>3</sup>	1.150 BTU/ft <sup>3</sup>
<b>Mínimo poder calorífico bruto (GHV) (Nota 1)</b>	35.4 MJ/m <sup>3</sup>	950 BTU/ft <sup>3</sup>
<b>Contenido de Líquido (Nota 2)</b>	Libre de líquidos	Libre de líquidos
<b>Contenido total de H2S máximo</b>	6 mg/m <sup>3</sup>	0.25 grano/100PCS
<b>Contenido total de azufre máximo</b>	23 mg/m <sup>3</sup>	1.0 grano/100PCS
<b>Contenido CO2, máximo en % volumen</b>	2%	2%
<b>Contenido N2, máximo en % volumen</b>	3	3
<b>Contenido de inertes máximo en % volumen (Nota 3)</b>	5%	5%
<b>Contenido de oxígeno máximo en % volumen</b>	0.1%	0.1%
<b>Contenido máximo de vapor de agua</b>	97 mg/m <sup>3</sup>	6.0 Lb/MPCS
<b>Temperatura de entrega máximo</b>	49°C	120°F
<b>Temperatura de entrega mínimo</b>	7.2 °C	45°F
<b>Contenido máximo de polvos y material en suspensión (Nota 4)</b>	1.6 mg/m <sup>3</sup>	0.7 grano/1000 pc

Fuente: Documento CREG-062, 25 de Julio de 2008.

**Nota 1:** Todos los datos sobre metro cúbico ó pie cúbico de gas están referidos a Condiciones Estándar.

**Nota 2:** Los líquidos pueden ser: hidrocarburos, agua y otros contaminantes en estado líquido.

**Nota 3:** Se considera como contenido de inertes la suma de los contenidos de CO2, nitrógeno y oxígeno.

**Nota 4:** El máximo tamaño de las partículas debe ser 15 micrones.

## **3.2 REDES EXTERNAS**

Son las líneas secundarias operadas a media presión, se derivan de los tanques de almacenamiento de GLP, en el caso de distribución de este combustible, o del City Gate si se distribuye gas natural, hasta las instalaciones individuales (domesticas, comerciales o industriales). La máxima presión presentada en los diseños finales y preliminares es de 30 psi y la mínima presión es de 18,5691 psi.

**3.2.1 Componentes.** Una red de distribución de gas domiciliario cuenta con:

**3.2.1.1 Red Troncal.** Conjunto de tuberías y accesorios debidamente articulados que constituyen el sistema de distribución a través del cual circula el gas domiciliario por vías y zonas públicas de los Municipios. La función de la red troncal es conducir el gas desde la estación receptora hasta los anillos de distribución. Se utiliza tubería de polietileno de media - alta densidad. Los diámetros usados comúnmente varían entre 1 y 4 pulgadas.

**3.2.1.2 Anillos De Distribución.** Parte de las líneas secundarias conformadas por accesorios y tuberías y forman mallas o anillos.

**3.2.1.3 Acometida Domiciliaria.** Sistemas de tuberías para el suministro de gas a uno o varios usuarios desde las líneas primarias o secundarias hasta la válvula de corte individual de consumo, inclusive.

**3.2.1.4 Derivación.** Hace referencia a cualquier prolongación de la red prevista inicialmente.

**3.2.2 Instalación.** Para realizar unión de tubería puede usarse uno de los siguientes métodos:

**3.2.2.1 Termofusión a Tope.** Es la unión entre tubos o entre tubo y accesorio enfrentados con extremos de igual diámetro y RDE (Relación Diámetro Espesor). Se utiliza una plancha calentadora para producir la plastificación del material, luego se retira dicha herramienta y se unen los extremos aplicando una presión adecuada al tipo de unión que se esté realizando. Los parámetros básicos son: temperatura de la plancha calentadora, tiempo de calentamiento y presión (de calentamiento y de unión).

**3.2.2.1.1 Uniones a tope (errores usuales)**



Mal alineado



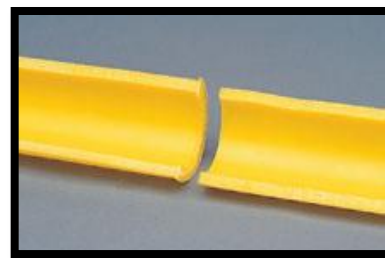
Con ranuras o vacíos entre tubos



Fundido a baja presión



Demasiada presión y temperatura



Fundido casi frío poco tiempo y poca temperatura

### 3.2.2.1.2 Uniones a tope (bien realizados)



Tubo completo con unión óptima

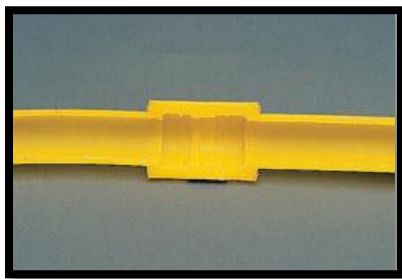


Tubo partido en dos con unión óptima

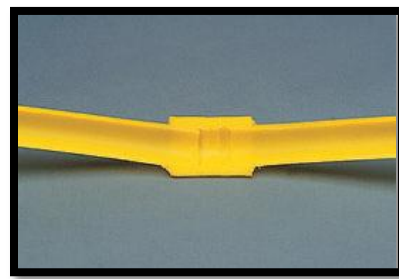
**3.2.2.2 Termofusión a socket.** Realizada entre un accesorio con extremo hembra y un tubo. Las Tuberías y accesorios de tamaños menores de 2", se unen rápido manualmente. Al unir Tuberías y accesorios de 3", o más, es necesario tener herramienta para sostener y hacer adecuadamente la respectiva unión.

Involucra el calentar el socket interior del accesorio y la superficie exterior del extremo de la tubería de manera simultánea. Después de que el correspondiente fundimiento se ha generado, los dos componentes son unidos. Los materiales fundidos fluyen juntamente y se enfrían convirtiéndose en un lazo integro y fuerte.

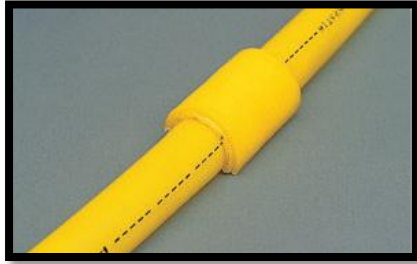
### 3.2.2.2.1 Uniones a socket (errores usuales)



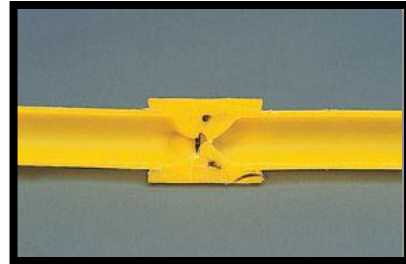
Tubo no entra bien en el accesorio



Mala alineación



Reborde externo no completo



No uso el calibrador de profundidad

### 3.2.2.2.2 Uniones a socket (bien realizada)



**3.2.2.3 Fusión con Silleta.** El procedimiento de fusión para silletas es un requerimiento especial para extender las líneas de redes principales y de servicios en los sistemas de distribución de gas. El procedimiento involucra el derretimiento de una sección común en la superficie de la tubería y en la silleta, y en la unión de estas partes fundidas. Se realiza entre el tubo y un accesorio sobreponiendo el accesorio al tubo.

Es recomendable utilizar una herramienta de aplicación para hacer la unión con silla. Todas las variables que se utilizan para dicha operación son controladas más fácilmente si se usa una herramienta, que cuando se hace manualmente.

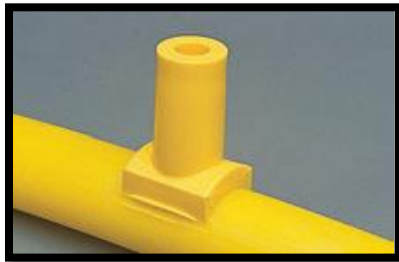
### 3.2.2.3.1 Uniones con silla (errores usuales)



Mala alineación



Demasiado calentamiento



Falta de calentamiento



Falta de raspado

### 3.2.2.3.2 Uniones con silla (bien realizada)



### 3.3 REDES INTERNAS

Las redes internas son las encargadas de llevar el combustible desde el anillo de distribución hasta los diferentes tipos de gasodomésticos ubicados en los hogares, industrias o locales comerciales. Para servir la instalación, la tubería de polietileno enterrada por medio de un elevador (el cual es un accesorio mecánico diseñado para tal fin), a la tubería de acero galvanizada tipo pescado, especial para conducción de gas.

**3.3.1 Gasodomésticos.** Los aparatos a gas se clasifican en categorías, según los gases que puedan utilizar, manteniendo inalterables las condiciones de funcionamiento correcto.

- **Categoría I:** Son aparatos concebidos únicamente para la utilización de los gases de una sola familia y eventualmente los gases de un solo grupo, a las presiones de alimentación correspondientes.
- **Categoría II:** Son aparatos diseñados para utilizar gases de dos familias con las presiones de alimentación correspondientes. Se admite el cambio de inyectores en los quemadores y eventuales pilotos según las instrucciones del fabricante, así como el reglaje de la admisión de aire primario.
- **Categoría III:** Son aparatos concebidos para la utilización de cualquiera de los gases de las tres familias para las presiones de alimentación previstas. Se admite el cambio de inyectores de los quemadores y eventuales pilotos según las instrucciones del fabricante.

La adaptación de los aparatos de utilización de gas, ya en uso y previstos en la homologación para ser adaptados a las características de un gas de distinta familia se hará de acuerdo con las instrucciones del fabricante, verificando la categoría del aparato y la existencia de la contraseña de homologación en la placa de características. Una vez adaptado el aparato se realizarán las siguientes comprobaciones:

- Boquilla de conexión
- Aspecto de las llamas
- Potencia de los quemadores
- Dispositivos de seguridad

Todos los artefactos a gas que se instalen han de cumplir con las Normas Técnicas Colombianas correspondientes y los Reglamentos Técnicos emitidos por la autoridad competente; en este último caso deberán disponer del respectivo certificado de conformidad. Para las cocinas, calentadores y todos los artefactos a gas considerados en el diseño y por ende en la construcción de la red, se cumplirán, además de las NTC aplicables, las siguientes medidas de seguridad:

- Todo artefacto a gas llevará asociado una válvula de paso de fácil identificación y acceso que permita suspender o restituir, según se requiera, el servicio de gas.
- Los artefactos a gas, en general, deben poseer válvula con enclavamiento que impida su operación accidental.
- Las cocinas mixtas tendrán ambientes aislados entre ambos servicios (energía eléctrica y gas).
- En caso que las cocinas (tanto las sólo a gas como las mixtas) y los calentadores posean piloto, éste tendrá una protección que impida el paso del gas al ambiente en el evento que aquél se apague.
- Los artefactos a gas tendrán una placa con información visible del tipo de gas para el cual fueron diseñados e información suficiente sobre su operación y calibración, además de la información exigida por las autoridades competentes, tales como el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y la Superintendencia de Industria y Comercio.

**3.3.2 Centros de medición para instalaciones tipo casa.** El centro de medición se instalará en la fachada de la vivienda, dentro de un compartimiento de paredes incombustibles denominado nicho, (incluido el lagrimal con corta goteras), que le sirve de protección a todos los elementos que lo conforman. El nicho puede ser una caja prefabricada en concreto o metálica; también puede construirse en mampostería en la parte frontal de los muros o empotrados en ellos. Las paredes del nicho serán pulidas, libres de aristas y no incluirán instalaciones eléctricas o de otros servicios.

Se dispondrá de un sistema de protección que puede consistir en una puerta provista de bisagras soldadas a un marco de hierro en ángulo, debidamente protegido interna y externamente con pintura anticorrosiva. La puerta puede ser en malla ondulada metálica que permita una buena ventilación e impida la acumulación de gas, en caso de escapes; llevará un sistema de cerramiento con tornillo de seguridad; además de una manija que permita su fácil apertura. El sitio de ubicación del nicho será de fácil acceso para la lectura del medidor y de dimensiones tales que permita la realización de trabajos de mantenimiento, control, inspección, reparación y reposición. Su ubicación ofrecerá seguridad contra inundaciones, incendios, golpes de vehículos (especialmente cuando se encuentra cerca a garajes), actos de vandalismo y protección contra la humedad excesiva, agentes corrosivos y, en general, de cualquier factor que pueda producir el deterioro acelerado de los centros de medición. Se conservará un distancia mínima de cincuenta (50) centímetros con respecto a tableros eléctricos, tanto horizontal como verticalmente.

**3.3.3 Construcción de redes internas.** El diseño debe ser sucedido por la correcta construcción de la red para gas, teniendo en cuenta no sólo la calidad de los materiales utilizados, sino los procedimientos establecidos para el almacenamiento, manejo y uso. Para iniciar la construcción de un proyecto, es necesario tener aprobados los diseños por la empresa operadora y haber solicitado la asistencia técnica necesaria, dentro de la vigencia del proyecto.

Para la realización de la asistencia técnica, el personal de la empresa operadora exigirá mantener permanentemente en la obra una copia del proyecto debidamente aprobado. La empresa operadora no asume responsabilidad alguna por las instalaciones que se adelanten unilateralmente por el constructor de las redes de gas, sin la verificación previa del asistente técnico designado.

**3.3.3.1 Selección del material.** Antes de iniciar la construcción de la red, el constructor o instalador someterá a la aprobación de la empresa operadora, los materiales que utilizará, con el fin de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos para cada uno de ellos. A juicio del asistente técnico se podrán solicitar muestras para someterlas al análisis técnico correspondiente

**3.3.3.2 Conexión de los artefactos a gas.** La conexión de los artefactos a gas se efectuará de acuerdo con lo aprobado en el diseño, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No se acepta la conexión de artefactos a gas con mangueras plásticas o de otros materiales sintéticos que sean permeables a los mercaptanos.
- La conexión de artefactos a gas accionados por motor se efectuará mediante manguera de acero flexible; otros artefactos a gas podrán ser conectados mediante tubería de cobre flexible o rígido siempre y cuando éstos se encuentren inmovilizados.
- La conexión de la tubería flexible o el conector no podrá estar en contacto con los productos de la combustión o partes calientes de los artefactos a gas.
- No se permite la conexión directa de más de dos artefactos a gas a una salida de gas a través de tuberías flexibles.
- Los calentadores de agua a paso directo tendrán por encima de ellos un espacio libre mínimo de cuarenta (40) centímetros y la parte superior de los mismos, por

donde tienen la salida los productos de la combustión, estará por lo general a una altura de uno con ochenta (1,80) metros sobre el nivel del piso.

- Cuando en un mismo recinto, además del artefacto para cocción se instale otro artefacto a gas de mayor altura, se debe guardar una distancia mínima de 0.40 m entre la partes más cercanas de los quemadores, a no ser que se intercale una pantalla auto extingible para evitar que se afecte el buen funcionamiento del otro artefacto por los vapores o productos de la combustión procedentes del artefacto a gas de cocción.
- La distancia mínima vertical desde los gabinetes a las cocinas será de 760 mm.

**3.3.3.3 Puesta en servicio.** Es el proceso de cargar con combustible gaseoso una tubería que estaba llena de aire; requiere que dentro de la tubería no se generen mezclas inflamables, para lo cual se podrán utilizar diferentes métodos para la gasificación, incluyendo la utilización de gases inertes. Durante el proceso de gasificación, las mezclas extraídas del sistema de tuberías no serán liberadas en espacios confinados. La gasificación de una instalación interna se hace por una de las salidas para conexión de los artefactos a gas, en donde se conecta un quemador para la evacuación de la mezcla gas-aire. La gasificación culmina cuando la llama del quemador es uniforme, momento en el cual se garantiza que en la tubería no queda mezcla de aire y gas, sólo gas.

Una vez gasificada la red, se procede a la conexión y verificación de la operación de los artefactos, en función del tipo de gas suministrado. Para cada artefacto que se va a instalar se comprobará el cumplimiento de los requisitos mínimos de seguridad y calidad, relacionados con su fabricación e instalación. Cuando el artefacto a gas no está calibrado para el tipo de gas que se va a suministrar, se efectuará el ajuste correspondiente que garantice su correcto funcionamiento. Esta operación sólo podrá ser ejecutada por personal técnico calificado del fabricante o de su representante comercial. Se comprobará la hermeticidad del centro de medición y de sus conexiones, con el gas suministrado a la presión de servicio y utilizando agua jabonosa o detectores de combustibles gaseosos.

### 3.4 MATERIALES

En el diseño de redes para transporte de gas domiciliario se usan los siguientes materiales:

**3.4.1 Tuberías.** En la industria del gas, tanto por su tamaño, como por la diversidad de sus necesidades se requiere de tuberías de distintos materiales con amplios rangos de aplicabilidad. Es así como encontramos tuberías de acero, hierro dulce, cobre y plástico, con rangos de aplicabilidad q van desde presiones cercanas a la atmosférica, hasta presiones del orden de 1600 psig, o aun superiores.

**3.4.1.1 Tubería de polietileno.** Podrá utilizarse tubería de polietileno, fabricada según especificaciones de la norma NTC-1746, en aquellos casos en que la red de gas vaya enterrada, en especial en primeros pisos de viviendas unifamiliares, respetando siempre la profundidad mínima especificada en la NTC-2505.

**3.4.1.2 Tubería de acero.** Normalmente el tubo de acero se fabrica a partir de banda de acero laminada en caliente y soldada longitudinal y helicoidalmente. En las instalaciones internas, residenciales y comerciales, con presión máxima de trabajo de 300 psi, se utilizará tubería de acero calibre 40. Las tuberías de acero deben estar siempre conformadas por tramos rectos y nunca curvadas ni dobladas. Cualquier desviación de flujo debe ser producida mediante accesorios. Las derivaciones deben hacerse en forma lateral y nunca de la parte inferior de la tubería.

Las tuberías de acero también se prueban de manera similar a las de polietileno; para su uso en sistemas de gas pueden instalarse expuestas al ambiente, donde es más fácil su mantenimiento. Para evitar la corrosión externa, puede estar embebida en estructuras de concreto o instalaciones bajo tierra. Cuando las tuberías y accesorios de acero quedan bajo tierra, o en general en contacto con medios corrosivos debe protegerse

revistiéndolas con materiales resistentes a la corrosión, eliminando previamente toda presencia de oxido. Para tal efecto puede utilizarse materiales bituminosos, fibra de vidrio o cintas plásticas que brinden un aislamiento adecuado. Cualquier daño al revestimiento durante el transporte o la instalación de tuberías o accesorios deberá cambiarse de forma inmediata.

**3.4.2 Válvulas.** Las válvulas a utilizar en el sistema de distribución deben proporcionar mediante una fácil operación el bloqueo total del paso del gas o el flujo del mismo en el instante en que se requiera. Debe garantizar un cierre hermético bajo las condiciones de operación. Las válvulas utilizadas comúnmente, son válvulas de bola, las cuales garantizan un cierre hermético bajo las condiciones de operación. Estas válvulas son de acero, y constan de un cuerpo que en su interior contiene una esfera taladrada, obteniéndose la estanqueidad mediante juntas sintéticas apoyadas sobre asientos metálicos. Con el propósito de seleccionar las instalaciones, se requiere dotarlas con válvulas de accionamiento manual ubicadas en los siguientes puntos:

**3.4.2.1 Válvula principal.** Localizada en la propiedad, accesible desde el exterior, debidamente identificada y señalizada, que permite interrumpir el flujo de gas a la instalación común de una edificación.

**3.4.2.2 Válvula de acometida.** Ubicada en el centro de medición, fácilmente accesible que permita la interrupción del flujo a un número igual de usuarios al que sirve dicho centro. Cuando el suministro de gas se efectúa en una sola etapa de regulación, la válvula de acometida es la misma principal.

**3.4.2.3 Válvula de corte.** Permite el control de suministro de gas a cada instalación individual, a la entrada del medidor de gas. Para centros de medición individual, la válvula de corte es la misma válvula de acometida y válvula principal.

**3.4.2.4 Válvula pe paso.** Permite el flujo o suspensión del servicio a cada artefacto de consumo, en cada una de las salidas de gas de la instalación individual.

**3.4.3 Reguladores.** La función de los reguladores es limitar y estabilizar la presión; los equipos de medición, tuberías y artefactos requieren una presión máxima permisible, y además que esta sea estable, estos son ubicados en las viviendas y sus características dependen del consumo total de gas de estas. Para la elección del regulador se debe tener en cuenta los combustibles que vaya a manejar. Cuando la presión de suministro de gas en la línea de servicio es mayor que la máxima presión de operación permisible para los artefactos de consumo, se requiere la instalación de un regulador de presión, con capacidad adecuada para suplir las necesidades específicas del sistema, en función del esquema de suministro seleccionado. La capacidad del regulador debe ser determinada por el máximo consumo esperado cuando todos los artefactos funcionen en forma simultánea.

Los reguladores de presión para uso domiciliario deben cumplir con lo estipulado en la NTC 3293, para lo cual el regulador debe ser compacto, de fácil ajuste, con respuestas rápidas a los cambios de presión, cargado por soporte o por un regulador piloto, con una presión máxima de trabajo de 8.61 bar (125 psig) y equipado con la válvula de seguridad con venteo directamente a la atmósfera. Para su selección se debe tener en cuenta los combustibles que vaya a manejar. Todos los reguladores de servicio residencial deberán ser ajustados en fábrica para 18 mbar (180mm wc) en instalaciones funcionando con gas natural y preferiblemente las conexiones, tanto de entrada como de salida, deberán ser del tipo NPT.

**3.4.4 Medidores.** Los medidores de gas son dispositivos que registran el volumen de gas consumido, estos deben seleccionarse con la capacidad requerida para la máxima y mínima presión de operación prevista en el sistema y la máxima caída de presión permisible. Para la medición de volúmenes de gas en instalaciones individuales, en

locales destinados a usos domésticos, comerciales, se pueden utilizar medidores de tipo volumétrico o de tipo de velocidad.

En los medidores tipo volumétrico, el mecanismo de medida desplaza un volumen constante de gas de forma cíclica, registrándose el mismo en el totalizador mientras exista consumo. Son medidores de tipo volumétrico los de diafragma, también llamados de paredes deformables y los pistones rotativos. Los medidores de tipo de velocidad se basan en que el caudal de gas es proporcional a la velocidad. Integrando el caudal se obtiene el volumen de gas consumido en un periodo determinado. Son medidores de tipo de velocidad los de turbina. El medidor volumétrico de gas debe garantizar la correcta medida del volumen de gas que está circulando.

Los medidores se denominan con la letra G, seguida de un número que indica su caudal nominal. Los medidores domiciliarios de flujo serán mínimo del tipo G 1.6 y los de tipo comercial mínimo del tipo G 4. En la tabla 5 se presenta la capacidad de algunos tipos de medidores de gas.

**TABLA 5.** Capacidad de medidores de gas con base en la NTC 2728.

<b>MEDIDOR DE GAS</b>	<b>CAUDAL MÁXIMO (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>LIMITE SUPERIOR (m<sup>3</sup>/h)</b>
<b>0.6</b>	1.0	0.016
<b>1.0</b>	1.6	0.016
<b>1.6</b>	2.5	0.016
<b>2.5</b>	4.0	0.025
<b>4.0</b>	6.0	0.040
<b>6.0</b>	10.0	0.060
<b>10.0</b>	16.0	0.100
<b>16.0</b>	25.0	0.160
<b>25.0</b>	40.0	0.250

<b>40.0</b>	65.0	0.400
<b>65.0</b>	100.0	0.650
<b>100.0</b>	160.0	1.000

Nota: Caudal basado en una gravedad específica de 1.

El medidor domiciliario debe cumplir las siguientes especificaciones técnicas según la NTC 2728.

- Distancia entre ejes de los conductos de entrada y salida igual a 130 mm.
- Rosca de los conductos de entrada y salida del tipo métrica de referencia M26\*1.5.
- Mecanismo Medidor:

El odómetro o mecanismo de registro de consumo de gas debe ser integrado a la carcaza para evitar fugas de gas. Deberá ser del tipo digital con lectura en metros cúbicos, con mínimo de cuatro cifras enteras y tres decimales perfectamente identificados. La carcaza deberá ser de lámina de aluminio o acero resistente a la corrosión y el diafragma deberá ser tipo seco, preformado, fabricado en tela recubierta de caucho sintético vulcanizado, resistente a la deformación y a la acción de hidrocarburos líquidos.

**3.4.5 Accesorios para tubería de polietileno.** Los accesorios destinados para el uso de conducción de gas deben cumplir los requisitos de la NTC 1746 y adicionalmente deben especificarse bajo las siguientes normas:

- Accesorios de Polietileno para unión por fusión a tope: Fabricado bajo norma NTC 3409.
- Accesorios de Polietileno del Tipo Campana (para tubería de tamaño controlado por diámetro exterior) fabricados bajo norma NTC 3410.
- Accesorios de Polietileno para unión por electrofusión: Fabricados bajo la norma ASTM-F 1055.

### 3.5 ECUACIONES FUNDAMENTALES DE FLUJO

En el diseño de redes de distribución de gas, una vez calculado el volumen que se debe distribuir, se debe calcular la presión de inyección que se requiere en la entrada de la red, con esta presión se pueden determinar las presiones en cada uno de los nodos de la malla y los diámetros que se deben utilizar en la tubería, conociendo los caudales necesarios en cada nodo.

**3.5.1 Ecuación general de flujo.** Jonson y Berward desarrollaron una ecuación, a partir de un balance de energía (la energía del gas a la entrada de una sección de tubería es igual a la energía del gas a la salida, más la energía perdida por el gas como consecuencia de la resistencia a fluir).

Para simplificar esta ecuación se hicieron diferentes suposiciones tales como:

- Fluido newtoniano.
- Flujo monofásico.
- Flujo estable a lo largo de la tubería.
- La temperatura del gas es constante.
- La tubería es horizontal.
- La compresibilidad del gas es constante.
- No hay transferencia de calor entre el gas y los alrededores.
- Los cambios de energía cinética del gas entre la entrada y la salida son despreciables.
- No existe etapa de compresión durante el paso a través de la tubería.

La ecuación general de flujo es:

$$Q_h = 1.6156 \frac{T_b}{P_b} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) * D^5}{GE * T_f * L * f}}$$

Donde:

$Q_h$ : Tasa de flujo,  $ft^3/h$  a  $T_b$  y  $P_b$ .

$T_b$  : Temperatura base ( $^{\circ}R$ ), normalmente  $520^{\circ}R$ .

$P_b$  : Presión base, psia.

$P_1$ : Presión de entrada al sistema, psia.

$P_2$ : Presión de salida al sistema, psia.

D: Diámetro interno de la tubería, in.

GE: Gravedad específica del gas.

$T_f$  : Temperatura promedio del gas en el sistema en condiciones de flujo,  $^{\circ}R$

L: Longitud de la tubería, millas

f : Coeficiente de fricción

E: Eficiencia

Se puede observar en la ecuación que la capacidad de la tubería se incrementa con el aumento del diámetro y disminuye con el aumento de su longitud, manteniendo todas las demás variables constantes.

La gran mayoría de las ecuaciones de flujo que en la actualidad existen se basan en la ecuación anterior y lo único que cambia es como se determina el coeficiente de fricción.

Para algunos autores este coeficiente de fricción depende del diámetro interno de la tubería y su rugosidad, y para otros depende principalmente del número de Reynolds. Relaciones cuyo coeficiente de fricción es función del número de Reynolds.

**MÜELLER:** 
$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 3,35 \times Re^{0,130}$$

**WEYMOUTH:** La ecuación de Weymouth está en función del diámetro.

$$f = \frac{0,008}{d^{0,333}}$$

Si se sustituye en la ecuación general se obtiene:

$$Q = 433,5 * \frac{T_b}{P_b} * E * \left[ \frac{P^2 - P^2}{(s * g) * L_m * T_{prom} * Z_{prom}} \right]^{0,5} * d^{2,667}$$

**PANHANDLE A:** El factor de fricción puede expresarse en función del número de Reynolds, así:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 6,872 \times N \times Re^{0,0730}$$

Si se sustituye en la ecuación general se obtiene:

$$Q = 435,87 * \frac{T_b^{1,0788}}{P_b} * E * \left[ \frac{P^2 - P^2}{(s * g)^{0,853} * L_m * T_{prom} * Z_{prom}} \right]^{0,5392} * d^{2,6182}$$

**PANHANDLE B:** El factor de fricción puede expresarse en función del número de Reynolds, así:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 16,49 \times N \times Re^{0,01961}$$

Si se sustituye en la ecuación general se obtiene:

$$Q = 737 * \frac{T_b^{1,02}}{P_b} * E * \left[ \frac{P^2 - P^2}{(S * g)^{0,961} * L_m * T_{prom} * Z_{prom}} \right]^{0,51} * d^{2,53}$$

### 3.6 METODOS DE SOLUCIÓN

Para calcular la caída de presión para una sola tubería se requiere únicamente de la aplicación de la ecuación de flujo recomendable; pero, en el caso de distribución de gas por redes las tuberías están interconectadas, por esta razón el gas puede fluir desde el nodo fuente hasta los nodos de consumo por distintas vías y a diferentes tasas de flujo. El flujo de gas en cada tramo de tubería debe cumplir con la ecuación de flujo de gas y como en cada nodo salen diferentes tramos, la presión en el nodo debe satisfacer al mismo tiempo las ecuaciones de flujo de todos los tramos que salen de él.

Para solucionar una red, se deben determinar las presiones en cada uno de los nodos y las tasas y direcciones de flujo de sus tramos. Entonces el problema de resolver redes de gas consiste en calcular las presiones en los nodos a partir de una presión conocida y los flujos en los tramos, o por el contrario, calcular los flujos en los tramos a partir de un caudal y de las presiones en los nodos. Existen diferentes tipos de problemas, en el análisis de redes de gas:

- Desarrollar planes para reforzar una red existente de distribución de gas.
- Determinar el efecto de nuevas tasas de flujo agregadas a un sistema de distribución de gas en operación.
- Estudiar el efecto de las válvulas y reguladores de presión en tuberías existentes.
- Tendido y calculo de diámetros de tuberías para una nueva distribución.

El problema de simulación de estado estable de redes de gas consiste en resolver un sistema dado de ecuaciones algebraicas no lineales. En esta parte del capítulo se describirán brevemente algunos de los procedimientos empleados en el cálculo de redes de gas.

**3.6.1 Método de HARDY CROSS.** Es el método más conocido para resolver redes de gas y es el más sencillo. Proviene de una aplicación directa de las leyes de Kirchoff. Este método requiere asumir tasas de flujo iniciales en cada sección de tubería de acuerdo con la primera ley de Kirchoff. Generalmente está asociado al sistema de ecuaciones cuyas incógnitas son los factores de corrección de los flujos en los tramos ( $\Delta Q$ ).

Cualquier desbalance en la caída de presión alrededor de cada una de las mallas elementales se arregla con el cálculo de una corrección de la tasa de flujo para cada malla. La pérdida de carga total ( $h$ ), para una cierta longitud de tubería ( $L$ ) y una pérdida de carga unitaria ( $\alpha$ ) es igual a:

$$h = \alpha * L * Q^n$$

Donde la resistencia de la tubería ( $r$ ) es:

$$r = \alpha * L$$

Y por lo tanto:

$$h = r * Q^n$$

Dependiendo de la ecuación que se utilice, el exponente  $n$  varía entre 1.75 y 2.0.

El procedimiento para cerrar redes de gas se basa en el cálculo de un ajuste ( $\Delta Q_o$ ) para un caudal de flujo ( $Q_o$ ) previamente asignado, de tal manera que la nueva tasa de flujo, en el tramo referido, será:

$$Q_n = Q_o + \Delta Q_o$$

Donde:

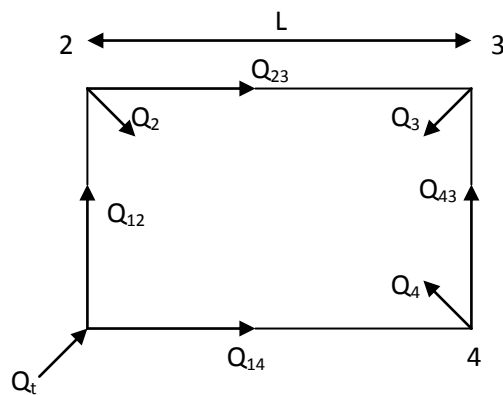
$Q_n$  = Caudal corregido

$\Delta Q_o$  = Es la corrección

$Q_o$  = Es el caudal original asignado al tramo.

Supongamos que una red se introduce una tasa de flujo ( $Q_t$ ), destinada a irrigar el sistema y descargar por los nodos 2,3 y 4 de modo que:

$$Q_t = Q_2 + Q_3 + Q_4$$



Se escoge una distribución inicial del gas en el sistema  $Q_{12}$ ,  $Q_{23}$ ,  $Q_{43}$  y  $Q_{14}$  y con base en esto se calcula el factor de corrección del caudal ( $\Delta Q_o$ ).

En todo nodo se debe cumplir la primera ley de Kirchoff:

$$Q_t = Q_{12} + Q_{14}$$

$$Q_{14} = Q_4 + Q_{43}$$

$$Q_{12} = Q_2 + Q_{23}$$

$$Q_3 = Q_{23} + Q_{43}$$

La nueva tasa de flujo en cada tramo será el caudal anterior, más el valor algebraico que resulte de la corrección ( $Q_1 + \Delta Q_o$ ) como aparece a continuación:

$$Q_n = Q_o + \Delta Q_o$$

$$Q_{12}' = Q_{12} + \Delta Q_0$$

$$Q_{23}' = Q_{23} + \Delta Q_0$$

La pérdida de carga total con el caudal corregido será igual a:

$$h = r * Q^n$$

$$h = r * (Q_0 + \Delta Q_0)^n$$

$$h = r * (Q_0^n + \frac{n * Q_0^{n-1}}{1!} \Delta Q_0 + \dots + \Delta Q_0^n)$$

Y dado que  $\Delta Q_0$  es un valor pequeño, el tercer término y los demás podrán despreciarse y el valor de h se expresará en la forma:

$$h = r * (Q_0^n + n * \Delta Q_0 * Q_0^{n-1})$$

La sumatoria de las pérdidas de carga en la red será entonces:

$$h = r * Q_0^n + n * \Delta Q_0 * r * Q_0^{n-1}$$

Para que cumpla con la segunda ley de Kirchoff, la suma algebraica de las pérdidas de carga debe ser igual a cero ( $\sum h = 0$ ), de tal manera que:

$$0 = \sum_{i=1}^n r * Q_0^n + n * r * \sum_{i=1}^n Q_0^{n-1} * \Delta Q_0$$

$$\Delta Q_0 = - \frac{\sum_{i=1}^n r * Q_0^n}{n * \sum_{i=1}^n r * Q_0^{n-1}}$$

O también:

$$\Delta Q_0 = - \frac{\sum_{i=1}^n r_i * Q_i^n}{n * \sum_{i=1}^n r_i * Q_i^{n-1}}$$

### 3.6.2 Método de RENOUARD

Este método supone que si:

$$h = r * Q_n$$

$$h' = n * r * Q^{n-1}$$

La ecuación de la segunda ley de Kirchoff puede escribirse de la siguiente forma:

$$0 = \sum_{i=1}^n h + \Delta Q_0 \sum_{i=1}^n h' \quad (*)$$

Siendo:

$$h = (\Delta P^2) = K^{-2} * Q^2 * L$$

$$h' = (2) * K^{-2} * Q * L$$

Y para una red reducida a un sistema equivalente:

$$h = Q_i^2 * L_i$$

$$h' = (2) * Q_i * L_i$$

De donde, sustituyendo en la ecuación (\*) y despejando resulta:

$$\Delta Q_0 * \sum_{i=1}^n Q_i * L = - \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^2 * L}{2}$$

Renouard considera que:  $\Delta Q_0 = X_i$  y lo aplica a mallas colindantes, por lo cual:

$$X_i * \left( \sum_{i=1}^n Q_i * L_i \right) - X_j * \left( \sum Q_j * L_j \right) = - \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^2 * L}{2}$$

Donde  $X_i$  es la corrección del flujo ( $\Delta Q_0$ ) para una malla  $i$  y  $X_j$ , el ajuste del caudal en la malla colindante  $j$ . Este procedimiento lleva al establecimiento de un sistema de tantas ecuaciones como mallas existan en la red, cuya solución entrega de una sola vez, los ajustes del caudal en cada uno de los tramos. En los tramos comunes el ajuste del caudal se hace corrigiendo con a diferencias de los ( $\Delta Q_0$ ) entre el valor de la malla respectiva y la adyacente.

**3.6.3 Método de teoría lineal.** Presenta grandes ventajas respecto al método de Hardy Cross, debido a que trabaja con ecuaciones lineales y no requiere de suposiciones iniciales.

Se aplica la primera ley de Kirchoff para cada nodo:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0$$

Para cada ecuación planteamos:

$$\sum_{i=1}^n \frac{Q_i^2 * L_i}{K_i^2}$$

Para todos los  $Q$  iniciales se supone un valor de 1 y se linealizan las ecuaciones haciendo:

$$N_i = \frac{Q_i * L_i}{K_i^2}$$

Se resuelve el sistema cuyas ecuaciones tienen las formas:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0$$

Para cada malla:

$$\sum_{i=1}^n Q_i * N_i = 0$$

Hasta que la diferencia  $(Q_i)^{t+1}$  y  $(Q_i)^t$  sea menor a la tercera cifra decimal o 0,0009. Utilizando cualquiera de las ecuaciones de flujo podemos obtener los valores de presión en cada uno de los nodos.

Se utilizan en el sistema de ecuaciones en función de los caudales en los tramos de la red. Trabajar con ecuaciones lineales, no requiere aproximación inicial y siempre presenta convergencia. Aunque es también un proceso iterativo, no requiere tanteos para una aproximación inicial, porque a las incógnitas se les asigna un valor de 1 para inicializar la solución; sin embargo, se debe hacer suposición con respecto a la dirección del flujo en cada uno de los tramos de la red.

Este método es muy utilizado con el sistema de ecuaciones que tiene como incógnitas los caudales en los tramos, es decir, que existe un número mayor de ecuaciones. Cuando se conocen los consumos o aportes en los nodos, habrá  $(N_{j-1})$  ecuaciones de continuidad linealmente independientes que tendrán como incógnitas los caudales en los tramos. Al mismo tiempo habrá L ecuaciones de energía, expresadas en este caso en función de los caudales en los tramos de las mallas; las incógnitas estarán elevadas a una potencia diferente de 1, y por tanto son no lineales.

#### 4. DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE DE GAS DOMICILIARIO.

Para el diseño de la red de gas domiciliario del Corregimiento de Yarima, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

##### 4.1 GAS DE SUMINISTRO

El gas de suministro para la red de transporte de gas domiciliario será el producido por Campo Colorado, este gas no cumple con las condiciones de calidad del gas natural exigidas para ser transportado, pero si posee características óptimas para uso en gasodomésticos como estufas, con un valor de poder calorífico neto real de 1.246,36 BTU/PC.

El Gas Natural proveniente de Campo Colorado posee la siguiente composición y propiedades fisicoquímicas:

**TABLA 6:** Composición Gas Natural

COMPONENTE	% MOLAR
Oxigeno	1,1343
Nitrógeno	3,2016
Dióxido de Carbono	0,1809
Metano	71,3043
Etano	9,2495
Propano	6,4220
i-Butano	1,5400
n-Butano	2,8778
Neo-Pentano	0,0445
i-Pentano	1,0006

<b>n-Pentano</b>	1,0070
<b>2,2-Dimetilbutano</b>	0,0252
<b>Ciclopentano+ 2,3-Dimetilbut</b>	0,0910
<b>Isohexano</b>	0,3154
<b>3-Metilpentano</b>	0,1636
<b>n-Hexano</b>	0,3643
<b>2,2-Dimetilpentano</b>	0,0079
<b>Metilciclopentano</b>	0,1262
<b>Isoheptano</b>	0,0633
<b>Benceno</b>	0,0591
<b>3,3-Dimetilpentano</b>	0,0060
<b>Ciclohexano</b>	0,0973
<b>2,3-Dimetilpentano</b>	0,0208
<b>3-Metilhexano</b>	0,0712
<b>1t,3-Dimetilciclopentano</b>	0,0174
<b>3-Etilpentano</b>	0,0173
<b>IsoOctano</b>	0,0264
<b>n-Heptano</b>	0,1141
<b>Metilciclohexano</b>	0,1194
<b>1,1,3-Trimetilciclopentano</b>	0,0055
<b>Etilciclopentano + 2,5 Dimeti</b>	0,0124
<b>1t,2c,3-Trimetilciclopentano</b>	0,0066
<b>Tolueno</b>	0,0486
<b>2-Metilheptano</b>	0,0281
<b>1t,etil3 metilciclopentano</b>	0,0444
<b>1t,2-Dimetilciclohexano</b>	0,0076
<b>n-Octane</b>	0,0301
<b>t-1,3-Dimetilciclohexano</b>	0,0121
<b>1c,4-Dimetilciclohexano</b>	0,0081
<b>Paraf inas</b>	0,0154
<b>2,3Dimetilheptano</b>	0,0019
<b>o-Xileno</b>	0,0071
<b>Etilciclohexano</b>	0,0082
<b>1,1,3-Trimetilciclohexano</b>	0,0091
<b>Etilbenceno</b>	0,0065
<b>m,p-Xileno</b>	0,0281
<b>3-Metiloctano</b>	0,0052
<b>n-Nonano</b>	0,0158

<b>Mesitileno</b>	0,0201
<b>Decanos</b>	0,0063
<b>Undecanos</b>	0,0031
<b>Dodecano</b>	0,0009
<b>Tridecano+</b>	0,0005

Fuente: Campo Escuela Colorado

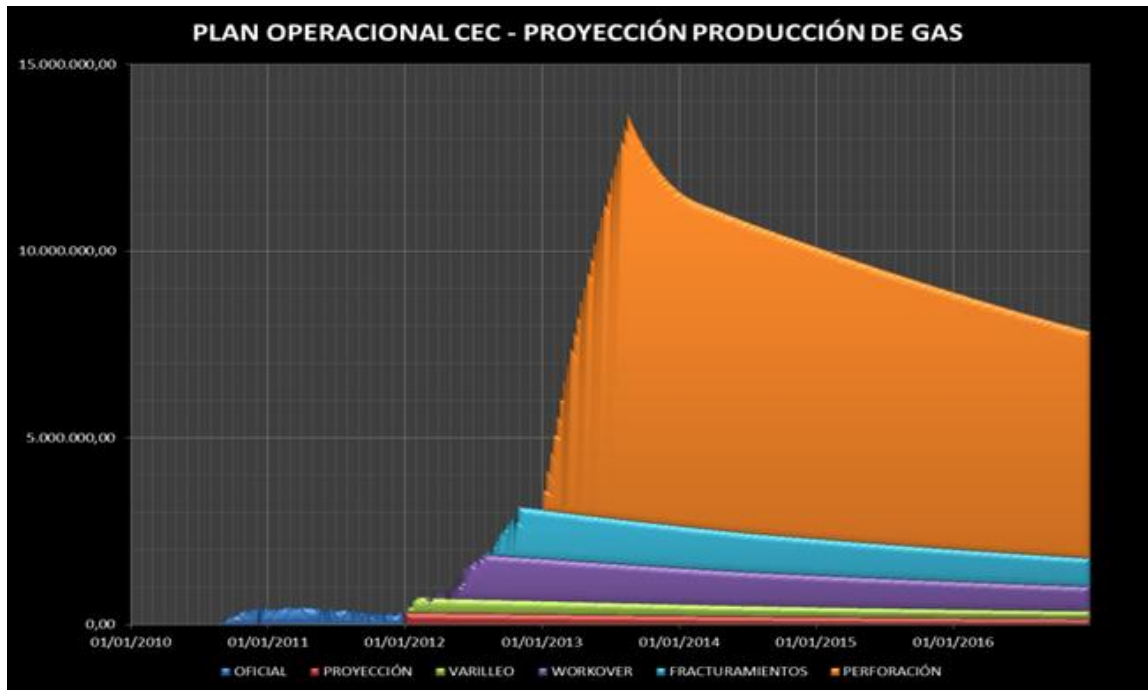
**TABLA 7.** Propiedades fisicoquímicas del gas producido por C.E.C a 60°F y 14,65 psia.

<b>PROPIEDADES FISICOQUIMICAS</b>	<b>UNIDAD</b>	
<b>IGHV Poder Calorífico Superior Volum. Id.</b>	BTU/PC	1.369,59
<b>RGHV Poder Calorífico Superior Volum. Re.</b>	BTU/PC	1.376,36
<b>INHV Poder Calorífico Neto Volum. Ideal</b>	BTU/PC	1.246,36
<b>RNHV Poder Calorífico Neto Volum. Real</b>	BTU/PC	1.246,36
<b>Densidad Ideal</b>	lbm/pc	0,0891
<b>Densidad Real</b>	lbm/pc	0,0896
<b>Gravedad Especifica</b>	N/A	0,8402
<b>GPM Volumen estimado de líquidos 100% de licuefacción del propano</b>	Gal/1000 pc	4,748
<b>Factor de compresibilidad</b>	N/A	0,9951
<b>Peso Molecular</b>	N/A	33,935
<b>Indice de Wobbe</b>	N/A	1.494,1606

Fuente: Campo Escuela Colorado

Campo Escuela proyecta parte de la producción de gas para autogenerar energía, con 5 generadores, los cuales fueron diseñados para usar como combustible el gas producido por Campo Escuela Colorado, tomando como muestra principal para la construcción de los mismos el gas a la salida del scrubber. En la figura 8 se puede observar la proyección de producción de gas de Campo Escuela Colorado, de acuerdo a la producción promedio actual de 300 KPCD, si se toma parte de la producción con fines de abastecer la red domiciliaria con 6,63 KPCD de gas, donde la producción restante de 293,4 KPCD es destinada para la alimentación de 5 generadores de electricidad para Campo Escuela Colorado, los cuales trabajarán, cada uno con eficiencia de 25%, consumo de 22,08 KPCD de gas y consumo total diario de 110,4 KPC.

**Figura 8:** Proyección producción Campo Escuela Colorado.



Fuente: Campo Escuela Colorado.

Campo Escuela Colorado proyecta un aumento de producción de gas por medio de diferentes operaciones de workover, fracturamientos y perforación. Como se puede observar en la figura 8, con la perforación de nuevos pozos se obtendrá una producción máxima de aproximadamente 13.600 KPCD a mediados del año 2013 y a finales del año 2016, se mantendrá una producción de alrededor de 8.000 KPCD. Esta proyección de producción de gas, garantiza el suministro de gas domiciliario para el Corregimiento de Yarima a corto plazo y así mismo, supe el consumo de gas para los 5 generadores dispuestos en Campo Colorado para la autogeneración de energía, con un gran excedente de gas para disponer en proyectos futuros de Campo Escuela, los cuales puedan generar mayores ingresos.

**Figura 9:** Generador GENERAC.



Fuente: Campo Escuela Colorado

En la figura 9 se observa uno de los generadores que fabricados para utilizar en el proyecto de Campo Escuela, este es marca GENERAC, y está instalado dentro del complejo de Campo Colorado; estos generadores fueron diseñados especialmente para trabajar con el gas producido por Campo Escuela Colorado.

#### **4.1.1 Alternativa 1: Gas de Campo Colorado sin tratamiento.**

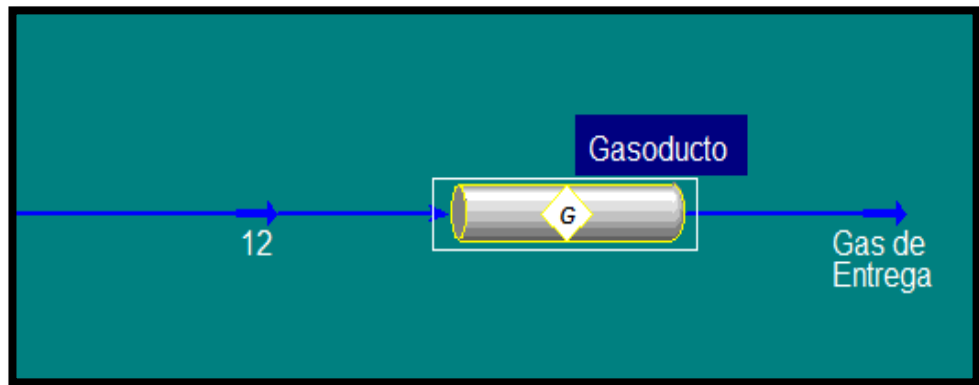
La primera posible alternativa de suministro, es abastecer la red de gas domiciliario con el gas anteriormente mencionado, véase tabla 6, debido a que el costo de tratamiento es elevado, y la producción total del campo, no alcanza a cubrir los gastos para la implementación de dicho sistema, y en el corregimiento, los pobladores hacen uso de estufas especiales para uso de este tipo de gas.

#### 4.1.1.1 Transporte

El gas natural va a ser transportado desde la Estación de Bombeo Campo Colorado, por este motivo debe construirse un gasoducto que comunique la Estación de bombeo con el Corregimiento de Yarima cuya distancia es 3,58 km; dicho gasoducto tendrá las siguientes especificaciones:

- Tubería: Polietileno MDPE-PE80
- Diámetro: 2 in
- Presión de entrega: 30 psia
- Temperatura de entrega: 20°C

**Figura 10:** Gasoducto



Fuente: Aspen HYSYS (Autor)

#### 4.1.1.2 City Gate

La presión de llegada del gas es de 30 psi, por lo tanto, no es requerido un regulador de presión. La red estará diseñada para transportar gas natural desde un punto de control con coordenadas 1246907.79 N y 1040670.12 E, donde se ubica el sistema de odorización y las válvulas de entrada y de salida.

#### **4.1.2 Alternativa 2: Gas de Campo Colorado con tratamiento.**

La segunda posible alternativa de suministro, es realizar un tratamiento previo al gas, que consiste en la implementación de una planta que realiza dos procesos: Deshidratación del gas mediante el uso de TEG, operando a una  $P= 1000$  psia y  $T= 100^{\circ}\text{F}$ , y refrigeración mecánica para controlar el punto de rocío de hidrocarburos y el poder calorífico; además se implementa el uso de un regulador de presión el cual logra disminuir la presión de entrega de 1200 a 140 psia, procesos que convierten el gas, en un gas apto para venta, con una cantidad de agua de 3,6 lbs/ MMPC, poder calorífico de 1148 BTU/PC, punto de rocío por hidrocarburos de  $22,5^{\circ}\text{F}$ , peso molecular de 20,13218 lb/mol, gravedad específica de 0,69507.

El principal problema radica en el costo de implementación de la planta de tratamiento, que se calcula, es alrededor de \$USD 3.200.000, valor que indica que no es viable el tratamiento de dicho gas pues la producción actual y la esperada dentro de los próximos 5 años, es muy baja.

##### **4.1.1.1 Transporte**

El gas natural va a ser transportado desde la Estación de Bombeo Campo Colorado, por este motivo debe construirse un gasoducto que comunique la Estación de bombeo con el Corregimiento de Yarima cuya distancia es 3,58 km; dicho gasoducto tendrá las siguientes especificaciones:

- Tubería: Polietileno HDPE-PE100
- Diámetro: 2 in
- Presión de entrega: 140 psia
- Temperatura de entrega:  $20^{\circ}\text{C}$

#### **4.1.1.2 City Gate**

La presión de llegada del gas es de 140 psia, por lo tanto, se requiere un regulador de presión, que disminuya este valor hasta 30 psia que es la presión que maneja la troncal. La red estará diseñada para transportar gas natural desde el City Gate compuesto por válvulas de control, reguladores, medidores, sistema de odorización y separadores, con coordenadas 1246907.79 N y 1040670.12 E.

#### **4.1.3 Alternativa 3: Gas producido por el pozo C-48.**

Otra posible alternativa de suministro, es el gas producido por el Pozo C-48, debido a que no se cerró la zona de la arena C y actualmente se sigue produciendo gas de forma irregular; pero esta alternativa de suministro no es confiable ya que este gas no es apto para la distribución y consumo en el Corregimiento, debido a que no se presentan datos de reservas, no existe ningún tipo de control, ni monitoreo al pozo y constituye un problema de alto riesgo para la integridad de los habitantes del corregimiento, gracias a las instalaciones irregulares y uso de material no apto para esta clase de servicio.

## **4.2 RED DE TRANSPORTE DE GAS DOMICILIARIO**

El desarrollo técnico del proyecto fue desarrollado en fases determinadas, en donde se analizaron cada una de las variables a tener en cuenta en el diseño.

**4.2.1 Procedimiento general del diseño.** A continuación se describe el procedimiento a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto.

**4.2.1.1 Recopilación de la información:** En este caso se llevó a cabo un recorrido completo por todo el corregimiento de Yarima para obtener información precisa en cuanto a: número de viviendas y lotes por manzana del corregimiento, número de viviendas a construir por cada lote y nuevas áreas posiblemente a poblarse en el corregimiento, ubicación y evaluación de los consumos energéticos de comercios. Registrar el material de las calzadas y de los andenes para obtener un buen trazado de la red.

**4.4.1.2 Actualización del plano.** Obtención del plano actualizado del corregimiento de Yarima.

**4.4.1.3 Ubicación City Gate.** Después de obtener el plano actualizado del corregimiento de Yarima, se estableció el lugar óptimo para la ubicación del City Gate.

**4.4.1.4 Trazado de la tubería Troncal y de los anillos de distribución.** Se realizó el trazado de la tubería sobre el plano ya actualizado del Corregimiento de Yarima, en donde se tuvo en cuenta:

- Topografía del terreno.
- Las vías principales y secundarias.
- Las características del terreno, como tierra, asfalto, concreto, empedrado.
- Posibles consumos en urbanizaciones futuras.
- Obtención de mínimas longitudes posibles para el trazado tanto de la troncal como de los anillos, para disminuir los costos de la red.

**4.4.1.5 Procesamiento de la información.** Con la información obtenida se procede a aplicar los principios teóricos del diseño de redes de distribución domiciliaria de gas

natural. Luego de esto se hizo un estudio de las variables requeridas por el software de diseño, como son:

- Presión base.
- Temperatura base.
- Gravedad específica del gas.
- Eficiencia de flujo.
- Temperatura de flujo.
- Caudal utilizado para el diseño.
- Longitudes entre tramos, entre otros.

**4.4.1.6 Corrida del software.** Se escogió la ecuación de flujo de Müller la cual es la más adecuada para el diseño, el método de solución a utilizar fue Hardy Cross y todas las variables requeridas por el software; con esto se obtuvo la mejor distribución de flujo en el sistema, la presión en cada uno de los nodos y los diámetros de tubería por tramo.

**4.4.1.7 Análisis de resultados.** Se realizó el análisis de los resultados en tablas y gráficas, en donde se registran los datos de longitudes, diámetro, caudal, entrega y presión (Véase el anexo A, B y C).

**4.4.2 Simulación del diseño.** El software de diseño de redes utilizado fue SIG, Sistema Integrado de Gas, en ambiente Windows. A continuación se explican las variables utilizadas:

**4.4.2.1 Gravedad específica:** Se define como la relación entre el peso molecular de un gas cualquiera y el peso molecular del aire, ambos, a condiciones estándar (60°F,

14,7psi). En la alternativo 1, se utilizó la gravedad específica de 0.8402, registrada en la cromatografía realizada por el Instituto Colombiano del Petroleó ICP-Ecopetrol S.A, en febrero 29 de 2012 (Véase la tabla 6 y tabla 7).En la alternativa 2, se utilizó la gravedad específica de 0,69507, la cual corresponde al gas a condiciones RUT.

**4.4.2.2 Temperatura de flujo:** Se estableció tomando como referencia la temperatura mínima registrada del municipio, 21°C.

**4.4.2.3 Temperatura base:** Corresponde a las condiciones base, referencia o estándar, 60°F.

**4.4.2.4 Presión base:** Corresponde a las condiciones base, referencia o estándar, 14,7 psi.

**4.4.2.5 Eficiencia de flujo:** Es un factor que permite establecer las limitaciones del sistema por variables que no incluye la ecuación, tales como material de la tubería y estado de las mismas. Dicho factor tiene un valor máximo de 1, es de resaltar que las perdidas por fricción están relacionadas directamente con la rugosidad absoluta que para el caso de las tuberías de polietileno es aproximadamente igual 0,000005.

La eficiencia de flujo está relacionada con las pérdidas por fricción, las cuales de acuerdo a su relación con la rugosidad son despreciables, por tal motivo dentro de las consideraciones de diseño se ha establecido un factor de eficiencia de flujo de 0,98, que nos permite tener un margen de seguridad.

**4.4.2.6 Caudal usado en el diseño:** Para calcular el consumo de gas combustible en una vivienda, se debe tener en cuenta de que el hecho, que se consuma una determinada cantidad de gas en la misma, no significa que se consuma a una tasa constante durante las 24 horas del día.

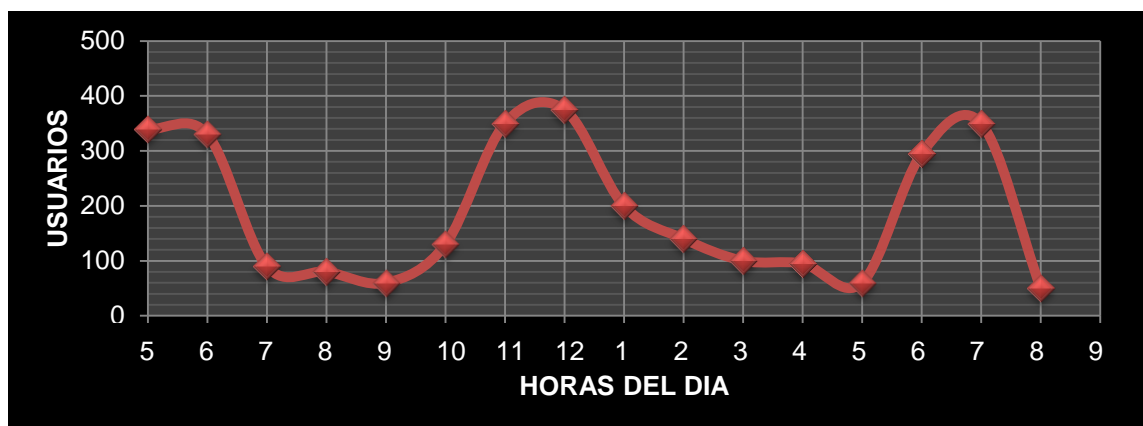
Existirán lapsos de tiempo, por cierto muy cortos, comparados con la duración del día, en los cuales se va a consumir la mayor parte del gas. Estos lapsos de tiempo de los cuales se habla corresponden para el sector residencial a las horas del día destinadas a la preparación de alimentos como son el desayuno, almuerzo y comida.

**TABLA 8:** Lapsos de tiempo de cocción de alimentos en el Corregimiento de Yarima

LAPSO	DE	A
Desayuno	5:30 a.m	6:30 a.m
Almuerzo	11:00 a.m	12:30 p.m
Comida	6:30 p.m	7:20 p.m

Fuente: Autor

**Figura 11:** Consumo en horas pico del día.



De los tres periodos de más consumo de gas durante el día se establece que el mayor consumo es el de la hora de almuerzo que abarca desde las 11:00 a.m hasta las 12:30 p.m. Con base en lo anterior se determina que el promedio de consumo diario en el Corregimiento de Yarima es de 3,5 horas.

Para determinar el caudal de consumo por vivienda se ha desarrollado el siguiente procedimiento:

- Se establece el consumo energético de los diferentes gasodomésticos (BTU/H).
- Se establece un porcentaje de uso de los diferentes gasodomésticos de acuerdo al número total de viviendas.
- Teniendo como referencia la tabla de factor de demanda (Véase anexo D), para los determinados gasodomésticos, se determina el consumo por número de viviendas.
- Se determina el consumo energético promedio por vivienda.
- Luego se determina el volumen de gas natural consumido por vivienda (pcd).

**TABLA 9:** Caudal Total para cada vivienda

<b>GASODOMESTICO</b>	<b>CAUDAL (BTU/HR)</b>	<b>USO (%)</b>	<b>FACTOR DE DEMANDA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
<b>Un Quemador</b>	5200	0,813008%	0,14	5,918699187
<b>Dos Quemadores</b>	12000	26,829268%	0,14	450,7317073
<b>Tres Quemadores</b>	18000	21,680217%	0,14	546,3414634
<b>4 Quemadores</b>	40300	59,891599%	0,14	3379,084011
<b>TOTAL</b>				4382,075881
<b>Caudal Calculado BTU/HR</b>	4382,075881			
<b>Factor De Seguridad</b>	20%			
<b>Total Corregido BTU/HR</b>	5258,491057			

Por medio de una conversión de unidades se lleva el consumo de BTU/H a PCD, para lo cual se tiene en cuenta la siguiente propiedad:

**Poder calorífico del GN:** 1000 BTU/P

Se obtiene el consumo residencial de 0,000018 MMPCD, tomando 3,5 horas al día.

**4.4.2.7 Ecuación de flujo utilizada:** El software de diseño utilizado permite la selección de una ecuación de flujo entre un grupo de ecuaciones. Para el diseño en referencia se ha escogido la ecuación de Müller.

El método de solución empleado es Hardy Cross.

**Figura 12:** Plano del trazado de la red de gas domiciliario para el Corregimiento de Yarima



## 5. ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO

En este capítulo se presenta un estudio detallado acerca de los costos de la red de gas domiciliario para el Corregimiento de Yarima y un análisis de proyección, en un horizonte de 20 años, en donde se involucran variables como aumentos poblacionales y demanda proyectada.

### 5.1 COSTO DE LA RED DE TRANSPORTE DE GAS DOMICILIARIO PARA EL CORREGIMIENTO DE YARIMA

Para el Corregimiento de Yarima, el costo del proyecto se analiza para las dos alternativas teniendo en cuenta, costos de tratamiento de gas de suministro, gasoducto, City Gate y costos de la red de transporte de gas domiciliario. A continuación se calcularán los costos de la red de transporte de gas domiciliario en base a la construcción de la red externa e interna, incluyendo acometida y medidor.

**5.1.1 Red troncal y anillos.** De acuerdo a la resolución CREG 011 de 2003, donde se establecen los criterios generales para remunerar actividades de distribución y comercialización de gas combustible, y las formulas generales para la prestación del servicio domiciliario de distribución de gas combustible por redes de tuberías, véase las tablas 10, 11 y 12, donde se establecen las unidades constructivas que se deben tener en cuenta para la realización de redes de gas domiciliaria y los costos unitarios para las mismas, se tiene:

**TABLA 10.** Cantidad de material por Km para la canalización de la tubería de Polietileno (PE80) en Concreto:

TUBERIA DE POLIETILENO EN CALZADA CONCRETO	UC	TPE1CO	TPE3/4CO
	Unidad	TPE 1"	TPE 3/4"
<b>A. SUMINISTROS</b>			
Tubería X" PE IPS	ML	1030	1030
Tapón X" PE IPS	UN	1	1
Tee X" PE IPS	UN	4	4
Unión X" PE IPS	UN	7	7
Poliválvula X" PE IPS	UN	1	1
Reducción X" X X" PE IPS	UN	4	4
Codo X" PE IPS	UN		
Silleta X" X X" PE IPS	UN		
Silleta X" X X" PE IPS	UN		
Cinta De Señalización	ML	1010	1010
<b>B. OBRA CIVIL</b>			
ANCHO(m)		0,3	0,3
PROFUNDIDAD(m)		0,63	0,62
Rotura y reposición de concreto simple (e=0,10 mts)	M3	24	24
Rotura y reposición de concreto 3000 psi (e=0,20 mts)	M3	0	0
Excavación en tierra o recebo, tape, compactación y limpieza	M3	123,42	121,08
Suministro de recebo	M3	62,4	62,4
Instalación de tubería de polietileno	M3	1000	1000
Excavación en roca, tape, compactación y limpieza	M3	3,78	3,72
Perforación neumática en concreto	ML	200	200
Perforación neumática en 3" 4" 6"	ML	0	0
Construcción de cajas para poliválvulas en mampostería		0	0
Suministro e instalación de cajas prefabricadas para poliválvulas	UN	1	1
Prueba neumática y gasificación para redes de distribución	ML	1000	1000
Señalización con plaquetas	UN	30	30

Fuente: CREG.

**TABLA 11:** Cantidad de material por Km, para la canalización de la tubería de polietileno (PE80) en tableta.

TUBERIA DE POLIETILENO EN CALZADA DE TABLETA	UC	TPE1TA	TPE3/4TA
	Unidad	TPE 1"	TPE 3/4"
<b>A. SUMINISTROS</b>			
Tubería X" PE IPS	ML	1030	1030
Tapón X" PE IPS	UN	1	1
Tee X" PE IPS	UN	4	4
Unión X" PE IPS	UN	7	7
Poliválvula X" PE IPS	UN	1	1
Reducción X" x X" PE IPS	UN	4	4
Codo X" PE IPS	UN		
Silleta X" x X" PE IPS	UN		
Silleta X" x X" PE IPS	UN		
Cinta de señalización	ML	1010	1010
<b>B. OBRA CIVIL</b>			
ANCHO(m)		0,3	0,3
PROFUNDIDAD(m)		0,63	0,62
Rotura y reposición de tableta, baldosín y gravilla	M3	150	150
Excavación en tierra o recebo, tape, compactación y limpieza	M3	90,72	89,28
Suministro de recebo	M3	39	39
Instalación de tubería de polietileno	M3	1000	1000
Excavación en roca, tape, compactación y limpieza	M3	3,78	3,72
Perforación neumática en tableta, baldosín y gravilla (Hasta 2")	ML	500	500
Perforación neumática en 3" 4" 6"	ML		
Construcción de cajas para poliválvulas en mampostería			
Suministro e instalación de cajas prefabricadas para poliválvulas	UN	1	1
Prueba neumática y gasificación para redes de distribución	ML	1000	1000
Señalización con plaquetas	UN	30	30

Fuente: CREG.

**TABLA 12:** Cantidad de material por Km, para la canalización de la tubería de polietileno (PE80) en Zona verde.

TUBERIA DE POLIETILENO EN CALZADA DE ZONA VERDE	UC	TPE1ZV	TPE3/4ZV
	Unidad	TPE 1"	TPE 3/4"
<b>A. SUMINISTROS</b>			
Tubería X" PE IPS	ML	1030	1030
Tapón X" PE IPS	UN	1	1
Tee X" PE IPS	UN	4	4
Unión X" PE IPS	UN	7	7
Poliválvula X" PE IPS	UN	1	1
Reducción X" x X" PE IPS	UN	4	4
Codo X" PE IPS	UN		
Silleta X" x X" PE IPS	UN		
Silleta X" x X" PE IPS	UN		
Cinta de señalización	ML	1010	1010
<b>B. OBRA CIVIL</b>			
ANCHO(m)		0,3	0,3
PROFUNDIDAD(m)		0,63	0,62
Reposición de zona verde	M2	300	300
Excavación en tierra o recebo, tape, compactación y limpieza	M3	185,22	182,28
Instalación de tubería de polietileno	M3	1000	1000
Excavación en roca, tape, compactación y limpieza	M3	3,78	3,72
Perforación neumática en tableta, baldosín y gravilla (hasta 2")	ML	0	0
Perforación neumática en 3" 4" 6"	ML	0	0
Construcción de cajas para poliválvulas en mampostería			
Suministro e instalación de cajas prefabricadas para poliválvulas	UN	1	1
Prueba neumática y gasificación para redes de distribución	ML	1000	1000
Señalización con plaquetas	UN	30	30

Fuente: CREG.

Los valores que se encuentran en la tabla 13, fueron establecidos en diciembre de 2001, para tenerlos en cuenta en la ejecución de la red se deben traer los costos antes mencionados a Junio de 2012, mediante el acumulado IPC establecido por el DANE.

**TABLA 13:** Costos unitarios para las UC de tubería en polietileno.

UNIDAD CONSTRUCTIVA	DESCRIPCION	COL\$ de Dic/2001	COL\$ de JUN/2012
<b>TPE 3/4 CO</b>	Canalización tubería de 3/4" en concreto	\$ 22.539.266,00	\$ 36.382.883,18
<b>TPE 1 CO</b>	Canalización tubería de 1" en concreto	\$ 23.942.834,00	\$ 38.648.522,64
<b>TPE 3/4 TA</b>	Canalización tubería de 3/4" en anden tableta	\$ 25.390.106,00	\$ 40.984.709,11
<b>TPE 1 TA</b>	Canalización tubería de 1" en anden tableta	\$ 26.772.794,00	\$ 43.216.644,07
<b>TPE 3/4 ZV</b>	Canalización tubería de 3/4" en zona verde	\$ 8.558.706,00	\$ 13.815.463,23
<b>TPE 1 ZV</b>	Canalización tubería de 1" en zona verde	\$ 9.976.194,00	\$ 16.103.572,35

Fuente: CREG.

El costo de la canalización de la troncal y anillos es la siguiente:

**TABLA 14:** Costos de canalización

DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
<b>Canalización tubería de 3/4" en concreto</b>	ML	4278	\$ 36.383	\$ 155.628.874
<b>Canalización tubería de 1" en concreto</b>	ML	0	\$ 38.649	\$ 0
<b>Canalización tubería de 3/4" en anden tableta</b>	ML	169	\$ 40.985	\$ 6.926.416
<b>Canalización tubería de 1" en anden tableta</b>	ML	0	\$ 43.217	\$ 0
<b>Canalización tubería de 3/4" en zona verde</b>	ML	7000	\$ 13.815	\$ 96.708.243
<b>Canalización tubería de 1" en zona verde</b>	ML	823	\$ 16.104	\$ 13.258.554
			<b>TOTAL</b>	\$ 272.522.087

\*Incluido el costo de los materiales y A.I.U.

Fuente: Autor

**5.1.2 Costos de acometida y medidor.** De acuerdo con el artículo 147.1 de la resolución CREG 057 de 1996 se tiene que:

- Mt = Es el cargo del medidor, en caso de que el usuario lo compre al distribuidor, y es igual a \$40.000 a precios de diciembre 31 de 1996, actualizado anualmente por la variación del índice de precios al consumidor calculada por el DANE, acumulado al 31 de diciembre del año inmediatamente anterior al inicio de la prestación del servicio.
- At = Es el cargo promedio por acometida y es igual a \$100.000 precios de diciembre 31 de 1996, actualizado anualmente por la variación del índice de precios al consumidor calculada por el DANE, acumulada al 31 de diciembre del año inmediatamente anterior al inicio de la prestación del servicio.

Actualizando los datos con el IPC calculado por el DANE para Junio de 2012, los precios para la obra son:

**TABLA 15:** Costos de Medidor y Acometida

DESCRIPCIÓN	VALOR /\$
<b>MEDIDOR (Mt)</b>	\$ 142.000
<b>ACOMETIDA(At)</b>	\$ 356.000
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 498.000
<b>Nº USUARIOS</b>	375
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 186.750.000</b>

Fuente: Autor

**5.1.3 Costo de instalación de red interna.** A continuación se presenta los materiales y el presupuesto de las instalaciones domiciliarias del proyecto.

**TABLA 16:** Cantidad de material por red interna.

ELEMENTOS	UNIDAD	CANTIDAD
Tubería CU rígido 1/2"	ML	12
Tee CU rígido 1/2"	UN	1
Unión universal	UN	1
Codo rígido 1/2"	UN	8
Adaptadores hembra de 1/2"x1/2" CU rígido	UN	2
Adaptadores macho de 1/2"x1/2" CU rígido	UN	3
Soldadura 95,5 para CU	UN	1
Crema fundente	UN	1
Chazos plásticos de 1/4" x 1 1/2"	UN	15
Tornillos	UN	15
Válvula baja presión-gasodomésticos	UN	1
Gastop 36 cc	UN	1
Manguera para servicio	ML	1
Mano de obra+ materiales de la obra civil	UN	1

Fuente: CREG

De acuerdo a los costos de conexión domiciliaria por vivienda se obtiene que el costo de la red interna sea la siguiente:

**TABLA 17:** Costo de red interna

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Costo de red interna	UN	375	\$ 567.000	\$ 212.625.000

Fuente: Autor

**5.1.4 Costos anuales de administración, operación y mantenimiento (AO&M):** Para efectos del estudio, se ha considerado que el costo del primer año se administración,

operación y mantenimiento (AO&M) equivale al 3% del costo de la inversión (\$272.522.087). Es decir, para el primer año el costo de AO&M será aproximadamente de \$ 8.175.663. Para efecto de los cálculos de viabilidad se aplica un aumento en los costos de AO&M de 1,5%, con respecto al del año inmediatamente anterior. Se recomienda delegar las actividades de administración, operación y mantenimiento a una empresa de servicios públicos con presencia en la región, para el desarrollo de dicho proyecto.

**5.1.5 Costo total del proyecto para cada alternativa:** En la tabla 18 se muestran los costos totales del proyecto para cada alternativa de suministro, donde se involucran costos de tratamiento, gasoducto, city gate, red externa, acometidas, centros de medición, red interna, imprevistos y costos de interventoría.

**TABLA 18:** Costo total del proyecto para cada alternativa.

DESCRIPCIÓN	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
<b>PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	\$ -	\$ 5.760.000.000
<b>GASODUCTO</b>	\$ 256.000.000	\$ 300.000.000
<b>CITY GATE</b>	\$ 120.000.000	\$ 250.000.000
<b>RED EXTERNA</b>	\$ 272.522.087	\$ 272.522.087
<b>ACOMETIDA Y MEDIDOR</b>	\$ 195.000.000	\$ 195.000.000
<b>RED INTERNA</b>	\$ 212.625.000	\$ 212.625.000
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 1.056.147.087	\$ 6.990.147.087
<b>INTERVENTORIA TECNICA (6%)</b>	\$ 63.368.825	\$ 419.408.825
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	\$ 1.119.515.912	\$ 7.409.555.912

Fuente: Autor

En conclusión, la alternativa viable para implementar el proyecto de gas domiciliario para el Corregimiento de Yarima, es la alternativa 1, donde se utiliza como gas de suministro el gas producido por Campo Colorado sin tratamiento, con un costo total del proyecto de \$ 1.119.515.912.

## 5.2 PROYECCION DE LA DEMANDA DE GAS NATURAL A 20 AÑOS

Para calcular el número de usuarios progresivos hasta el año 2031 se tuvo en cuenta el porcentaje de penetración de las conexiones y la tasa anual de crecimiento de los usuarios de 5%, obtenido del POT del Municipio de San Vicente de Chucurí, donde se presenta un estudio detallado sobre el Corregimiento de Yarima.

En la tabla 20 se muestra el incremento de la demanda de gas a 20 años, en el Corregimiento De Yarima, los datos se presentan en m<sup>3</sup>/año.

## 5.3 TARIFA

De acuerdo a la Resolución CREG 021 de 2007 se acordó por medio de la empresa Proviservicios, una tarifa para distribución de Gas Natural para el Municipio de San Vicente de Chucurí de la siguiente forma:

- Cargo de Distribución: \$ 277 \$/m<sup>3</sup>
- Cargo de Comercialización: \$ 1.872 \$/factura

Teniendo en cuenta la tarifa estipulada por la CREG y el consumo mensual calculado, el usuario paga una cantidad de COL\$ 5.649.

Con base en esta tarifa mensual y el consumo en m<sup>3</sup> por usuario ya calculado, se realiza una proyección a 20 años en cuanto a ingresos para la empresa distribuidora del servicio (véase tabla 21).

**TABLA 19: Cálculo de Usuarios Vinculados**

AÑO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	CONEXIONES DE USUARIO POR AÑO	CONEXIONES DE USUARIO ACUMULADOS
1	375																				375	375
2		2																			2	377
3			2																		2	379
4				2																	2	381
5					2																2	383
6						2															2	385
7							2														2	387
8								2													2	389
9									2												2	391
10										2											2	393
11											2										2	395
12												2									2	397
13													2								2	399
14														2							2	401
15															2						2	403
16																2					2	405
17																	2				2	407
18																		2			2	409
19																			2		2	411
20																				2	2	413
ACUMULADO	375	377	379	381	383	385	387	389	391	393	395	397	399	401	403	405	407	409	411	413	413	413

**TABLA 20: Proyección demanda de Gas Natural hasta el año 2031**

TIPO DE USUARIOS	N° DE VIVIENDAS	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
<b>RESIDENCIAL</b>																					
<b>ESTRATO 1</b>	359	64758	68005	68366	68726	69087	69448	69809	70169	70530	70891	71252	71612	71973	72334	72695	73056	73416	73777	74138	74499
<b>ESTRATO 2</b>	16	2886	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>N° VIVIENDAS</b>	375	375	377	379	381	383	385	387	389	391	393	395	397	399	401	403	405	407	409	411	413
<b>TOTAL (m³/año)</b>		67644	68005	68366	68726	69087	69448	69809	70169	70530	70891	71252	71612	71973	72334	72695	73056	73416	73777	74138	74499

**TABLA 21: Proyección de ingresos hasta el año 2031**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>CARGO PROMEDIO DE DISTRIBUCION (1)</b>	\$ 18.704.916	\$ 18.804.676	\$ 18.904.435	\$ 19.004.195	\$ 19.103.955	\$ 19.203.714	\$ 19.303.474	\$ 19.403.233	\$ 19.502.993	\$ 19.602.752
<b>CARGO DE COMERCIALIZACION (2)</b>	\$ 8.424.288	\$ 8.469.217	\$ 8.514.147	\$ 8.559.076	\$ 8.604.006	\$ 8.648.935	\$ 8.693.865	\$ 8.738.794	\$ 8.783.724	\$ 8.828.654
<b>TOTAL</b>	\$ 27.129.204	\$ 27.273.893	\$ 27.418.582	\$ 27.563.271	\$ 27.707.960	\$ 27.852.650	\$ 27.997.339	\$ 28.142.028	\$ 28.286.717	\$ 28.431.406
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
<b>CARGO PROMEDIO DE DISTRIBUCION (1)</b>	\$ 19.702.512	\$ 19.802.271	\$ 19.902.031	\$ 20.001.791	\$ 20.101.550	\$ 20.201.310	\$ 20.301.069	\$ 20.400.829	\$ 20.500.588	\$ 20.600.348
<b>CARGO DE COMERCIALIZACION (2)</b>	\$ 8.873.583	\$ 8.918.513	\$ 8.963.442	\$ 9.008.372	\$ 9.053.301	\$ 9.098.231	\$ 9.143.160	\$ 9.188.090	\$ 9.233.019	\$ 9.277.949
<b>TOTAL</b>	\$ 28.576.095	\$ 28.720.784	\$ 28.865.473	\$ 29.010.162	\$ 29.154.851	\$ 29.299.540	\$ 29.444.230	\$ 29.588.919	\$ 29.733.608	\$ 29.878.297

#### **5.4 ANALISIS DE RENTABILIDAD.**

El presente proyecto es de inversión social, por esta razón, para que sea rentable para la empresa de servicios públicos que lo desarrolle, se deben gestionar recursos con los cuales se pueda subsidiar la construcción de la red de transporte de gas domiciliario del Corregimiento de Yarima, ante entidades estatales tales como la Gobernación, Fondo Nacional de Regalías, Fondo Especial de Cuota de Fomento, ECOPELROL, entre otras.

El costo que debe pagar cada usuario hace referencia a los costos de administración, operación y mantenimiento (AO&M) anualmente con el pago del servicio público, después de instalada la red de gas domiciliario (Véase anexo F). Además la administración municipal de San Vicente de Chucurí tendría que gestionar ante el Fondo Nacional de Regalías para que aporte un subsidio para el pago de la acometida, medidor y red interna, el cual ayudará a disminuir el costo de las cuotas para la instalación del gas al usuario.

## 6. CONCLUSIONES

- El proyecto de masificación del consumo de gas natural, esta sujeto al mejoramiento de calidad de vida de los Yarimenses ya que disminuye riesgos potenciales y mejora la oferta energética de los usuarios, promoviendo la seguridad y economía.
- Con la implementación del proyecto se aprovecha parte de la producción del gas de Campo Colorado beneficiando a la comunidad, desplazando otros recursos como la leña y evitando conexiones peligrosas e ilegales del pozo C-48.
- Mediante un estudio social y poblacional en el Corregimiento de Yarima, se recopiló la información necesaria para la elaboración del diseño de la red domiciliaria de gas y se obtuvieron datos exactos por manzanas, de números de viviendas, lotes, población y consumo.
- En el diseño de la red de gas domiciliario para el Corregimiento de Yarima, se realizó el rediseño y redistribución de los anillos, trazado de la troncal y ubicación de un punto de control de llegada del gas natural.
- Realizando un estudio técnico se establece que los diámetros óptimos para la red troncal y anillos son de 1" y ¾" respectivamente, brindando una presión de entrega mínima de 18,5691 psia, la cual garantiza el abastecimiento de gas natural, sin que el aumento de la demanda del mismo afecte el sistema.

- La alternativa nº 1 usando el gas de Campo Colorado sin tratamiento es la mas viable debido a que el costo total del diseño y construcción de la red de transporte de gas domiciliario en el Corregimiento de Yarima es de \$1.119.515.912, mientras que el de la alternativa nº 2 es de \$7.409.555.912 y como el número de usuarios es tan pequeño no podría invertirse una cantidad de dinero tan alta como la exigida por la alternativa nº 2.
- Para que la alternativa nº 1 pueda ser viable, este proyecto se debe tomar como una obra de interés social, donde entidades tales como la Gobernación de Santander, Fondo Nacional de Regalías, ECOPETROL entre otros, financien los costos de elaboración del mismo.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Desarrollar la ingeniería conceptual acerca del posible tratamiento que se debe realizar al gas de Campo Escuela, para que cumpla con los requerimientos establecidos de comercialización y de calidad del Gas Natural establecidos por la norma para distribución y comercialización.
- Gestionar los recursos necesarios para la ejecución del proyecto ante entidades estatales para que esta iniciativa, llegue a feliz término.
- Desarrollar un estudio mas detallado acerca del soporte técnico que debe tener el gasoducto que se construya desde Campo Escuela hasta el punto de control de llegada del gas cercano al Corregimiento de Yarima.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALCALDÍA MUNICIPAL DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ, Santander. Plan de desarrollo municipal “gobierno con sentido social” 2008-2011.
- BALLESTEROS L. Jorge E. Diseño de redes domiciliarias de gas para el Municipio de Suratá. Proyecto de grado. Universidad Industrial de Santander. 1.998.
- EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN. Guía para el diseño e instalaciones para redes de gas. Gerencia del gas. Medellín, 1994.
- GÓMEZ P. Jarbin y PUCCINI DE ORAMAS. Justty. Factibilidad para la instalación de la red de servicio de gas natural domiciliario para el municipio de San Vicente de Chucurí (Santander).
- GONZALEZ BLANCO, Maritza Isabel y RIBÓN BARRIOS, Helena Margarita. Estudio de factibilidad técnica y económica para la construcción del sistema de distribución de gas domiciliario en el municipio de Simacota, provincia comunera, del departamento de Santander. Proyecto de grado. UIS Bucaramanga 2008.
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1746. Plásticos. Tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión.
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2728. Medidores De Gas Tipo Diafragma.
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3293. Aparatos Mecánicos. Reguladores de presión para equipos que funcionan con gas.

- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3458. Higiene y Seguridad. Identificación de tuberías y servicios.
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3527. Gases de ensayo, presiones de ensayo y categorías de los artefactos a gas.
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728. Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas.
- PAVCO, Manual Técnico tubosistemas para conducción del gas.
- PEÑA LÓPEZ, Yeison Andres; JEREZ HERREÑO, Lida Marisol. "ALTERNATIVAS DE ACONDICIONAMIENTO DEL GAS NATURAL DE CAMPO ESCUELA COLORADO-CEC COMO GAS DE VENTA". Proyecto de grado en desarrollo. UIS Bucaramanga, 2012.
- PROYECTO DE NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2505 (Cuarta actualización).
- Página de internet: [www.creg.gov.co](http://www.creg.gov.co)
- Página de internet: [www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co)

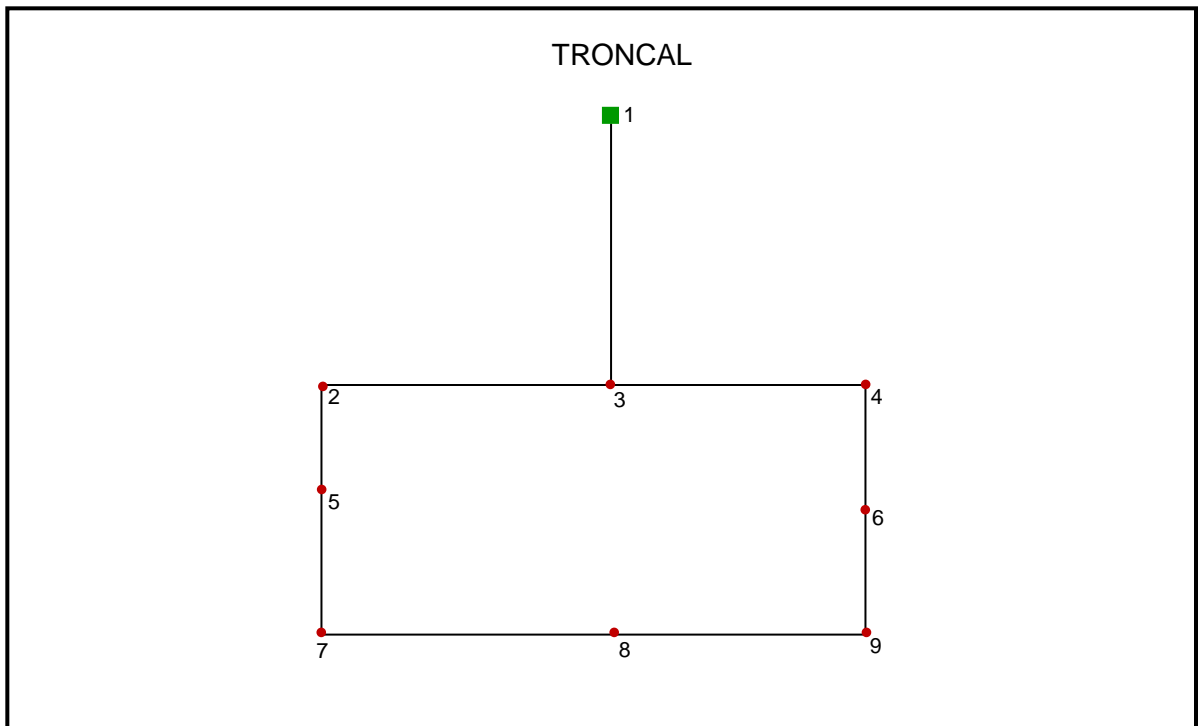
# **ANEXOS**

ANEXO A. Cálculos de diseño de la red domiciliar de gas (Alternativa 1)

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**Sistema Integrado de Gas**

**Diseño de redes domiciliarias de gas**



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.8402

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos de la red troncal

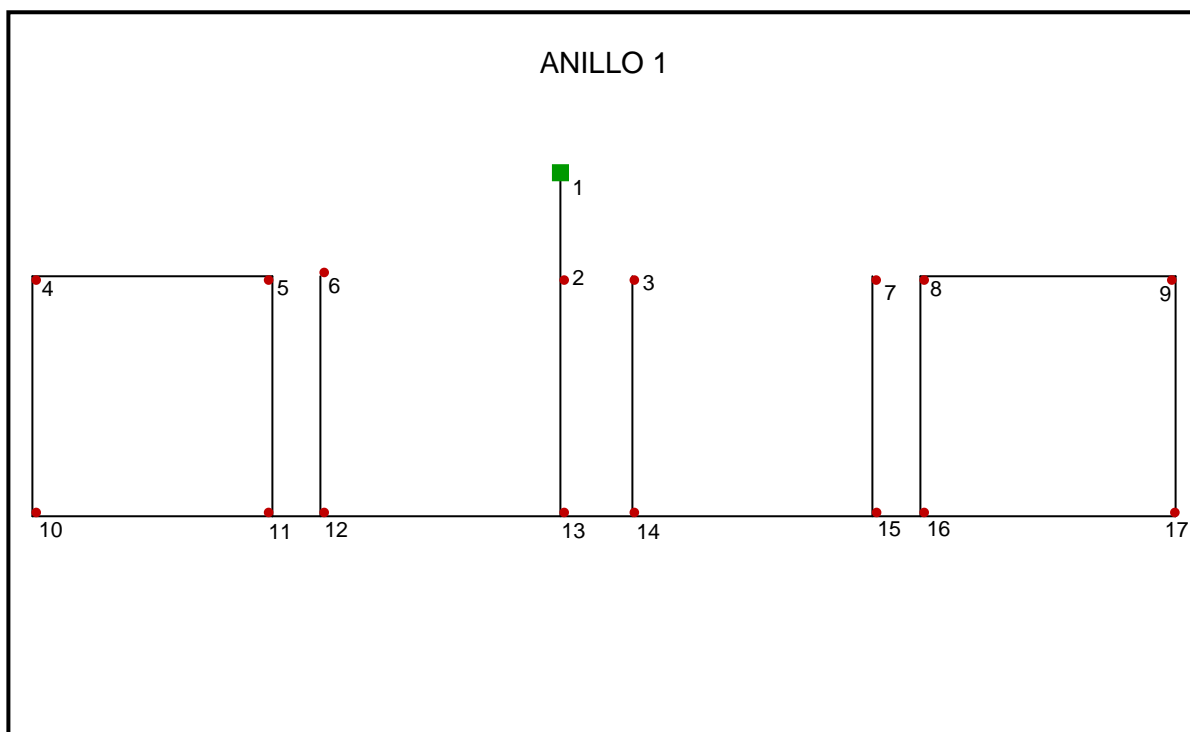
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/dia]
1 - 3	0,329063	1,0000	0,007857
3 - 4	0,317054	1,0000	0,003566
8 - 9	0,307446	1,0000	-0,000877
7 - 8	0,369896	1,0000	0,000079
5 - 7	0,182546	1,0000	0,001229
2 - 5	0,129704	1,0000	0,002255
2 - 3	0,360288	1,0000	-0,003335
4 - 6	0,067123	1,0000	0,002629
6 - 9	0,057019	1,0000	0,001921

Nodo	Entrega, [MMpc/dia]	Presión, [psia]
1	Nodo Fuente	30,0000
2	0,001079	19,1351
3	0,000956	21,3096
4	0,000938	19,1198
5	0,001026	18,7531
6	0,000708	18,8516
7	0,001150	18,5910
8	0,000956	18,5897
9	0,001044	18,7287

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.8402

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 1

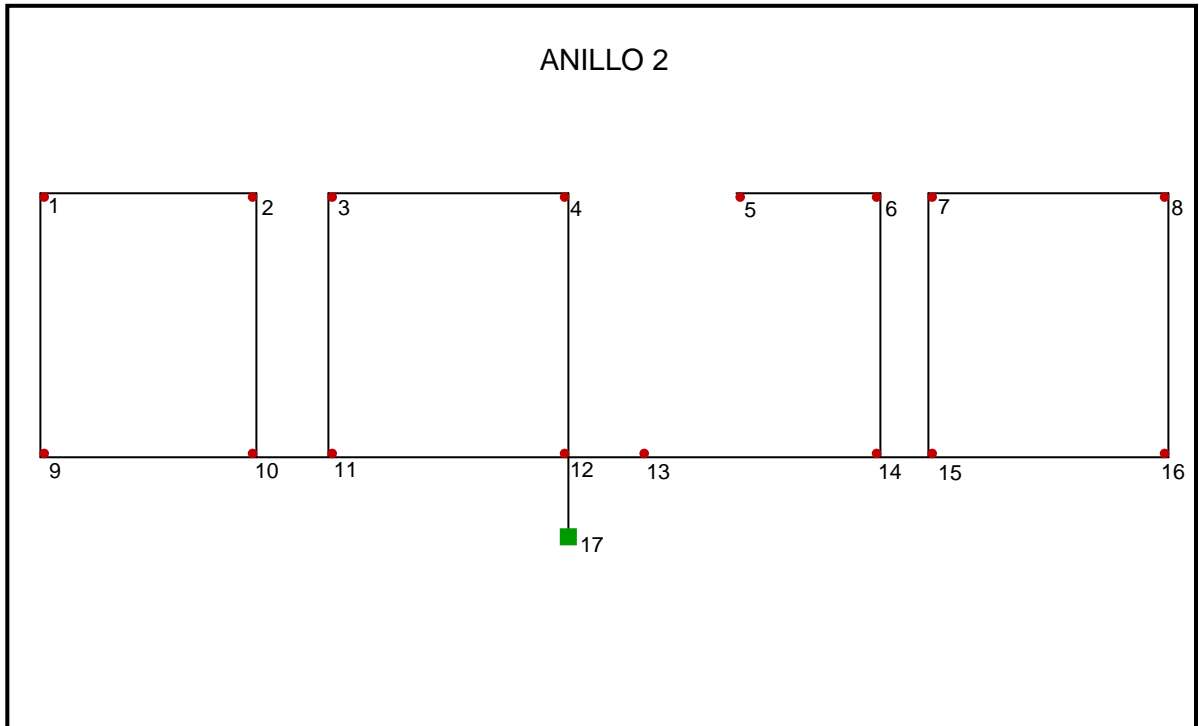
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/día]
1 - 2	0,005892	0,7500	0,000938
2 - 13	0,048675	0,7500	0,000885
13 - 14	0,011208	0,7500	0,000442
3 - 14	0,043183	0,7500	-0,000071
14 - 15	0,047232	0,7500	0,000283
7 - 15	0,055361	0,7500	0,000000
15 - 16	0,014437	0,7500	0,000212
8 - 16	0,059425	0,7500	-0,000083
16 - 17	0,047867	0,7500	0,000094
9 - 17	0,060800	0,7500	-0,000023
12 - 13	0,037522	0,7500	-0,000372
6 - 12	0,044201	0,7500	-0,000053
11 - 12	0,009278	0,7500	-0,000265
5 - 11	0,047100	0,7500	-0,000097
4 - 5	0,049992	0,7500	-0,000027
4 - 10	0,048537	0,7500	-0,000027
10 - 11	0,050183	0,7500	-0,000097
8 - 9	0,050677	0,7500	0,000030

Nodo	Entrega, [MMpc/día]	Presión, [psia]
1	Nodo Fuente	21,3100
2	0,000053	21,2987
3	0,000071	21,2106
4	0,000053	21,2020
5	0,000071	21,2021
6	0,000053	21,2042
7	0,000000	21,2028
8	0,000053	21,2005
9	0,000053	21,2004
10	0,000071	21,2021
11	0,000071	21,2031
12	0,000053	21,2045
13	0,000071	21,2158
14	0,000088	21,2110
15	0,000071	21,2028
16	0,000035	21,2013
17	0,000071	21,2004

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.8402

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 2

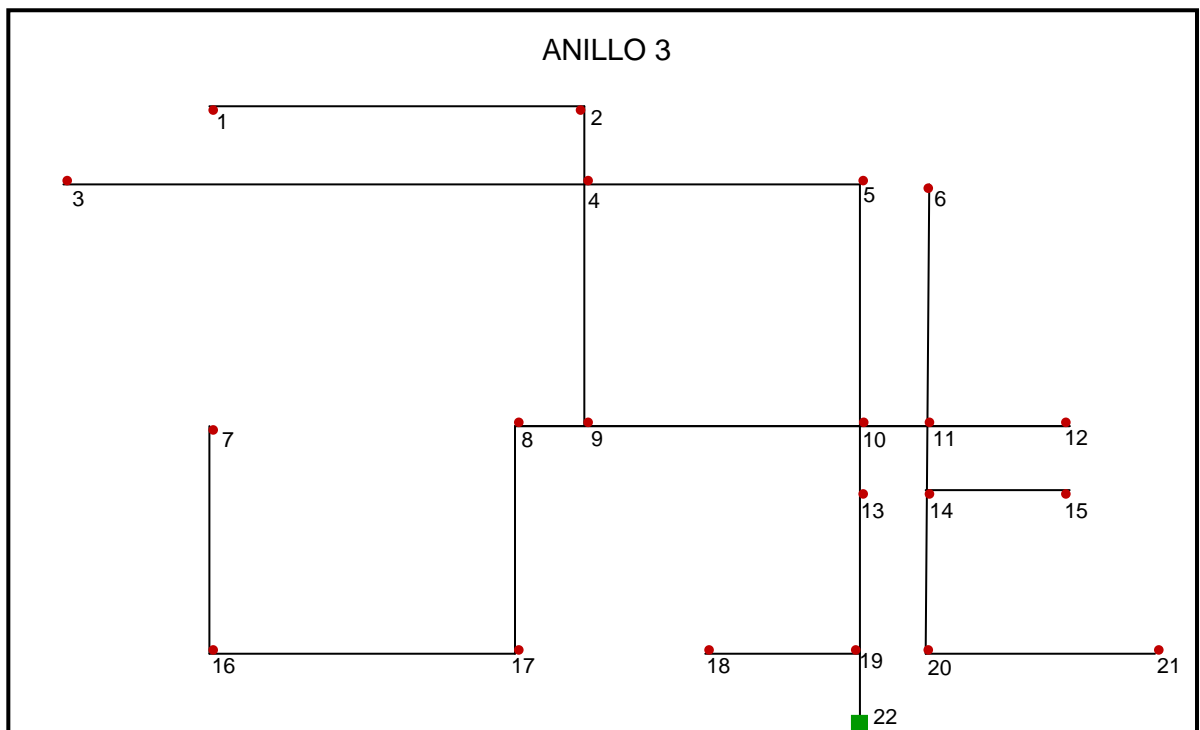
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/dia]
12 - 17	0,001616	0,7500	-0,000956
4 - 12	0,046951	0,7500	-0,000218
3 - 4	0,045752	0,7500	-0,000165
3 - 11	0,047964	0,7500	0,000076
11 - 12	0,045957	0,7500	-0,000278
12 - 13	0,009128	0,7500	0,000372
13 - 14	0,044266	0,7500	0,000301
6 - 14	0,044751	0,7500	-0,000018
5 - 6	0,023606	0,7500	0,000000
14 - 15	0,010458	0,7500	0,000248
7 - 15	0,047485	0,7500	-0,000125
7 - 8	0,051903	0,7500	0,000072
8 - 16	0,047473	0,7500	0,000018
15 - 16	0,052643	0,7500	0,000070
10 - 11	0,006450	0,7500	-0,000283
2 - 10	0,047591	0,7500	-0,000076
9 - 10	0,050511	0,7500	-0,000118
1 - 9	0,047641	0,7500	-0,000065
1 - 2	0,049710	0,7500	-0,000005

Nodo	Entrega, [MMpc/dia]	Presión, [psia]
1	0,000071	18,5734
2	0,000071	18,5750
3	0,000088	18,5777
4	0,000053	18,5808
5	0,000000	18,5732
6	0,000018	18,5732
7	0,000053	18,5698
8	0,000053	18,5691
9	0,000053	18,5739
10	0,000088	18,5757
11	0,000071	18,5770
12	0,000088	18,5863
13	0,000071	18,5832
14	0,000035	18,5732
15	0,000053	18,5716
16	0,000088	18,5691
17	Nodo Fuente	18,5900

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.8402

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 3

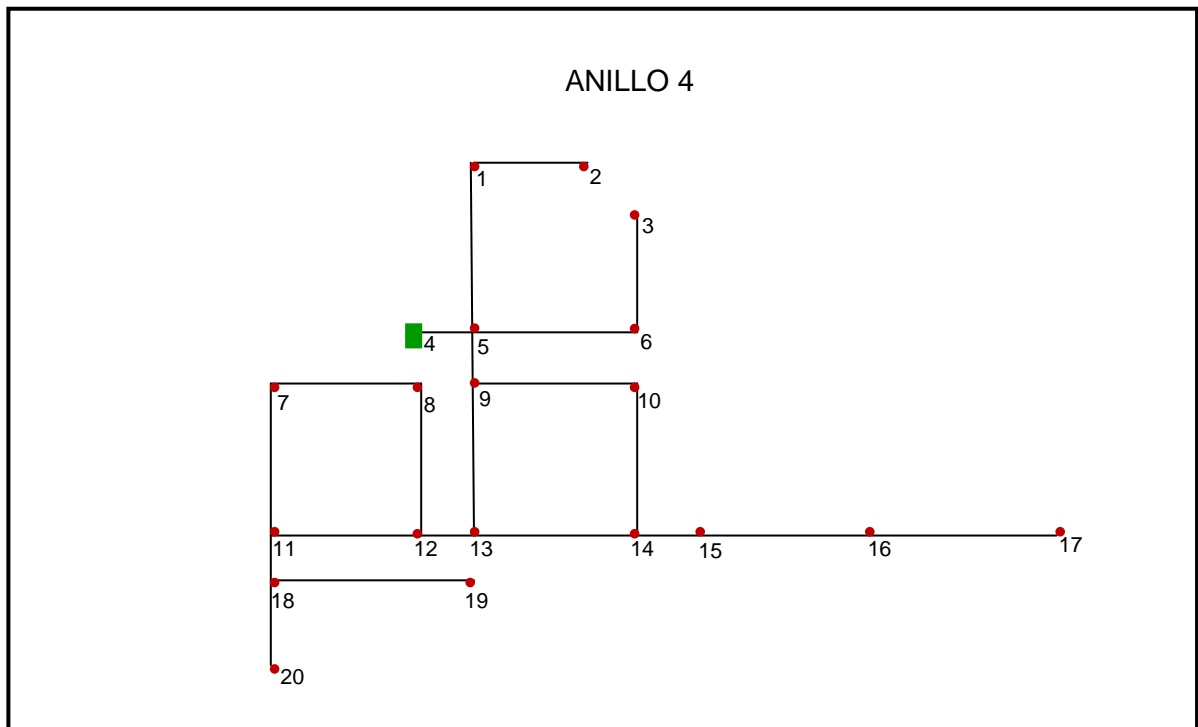
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/dia]
1 - 2	0,077201	0,7500	-0,000159
2 - 4	0,069656	0,7500	-0,000283
4 - 9	0,043674	0,7500	-0,000188
9 - 10	0,053612	0,7500	-0,000347
5 - 10	0,041971	0,7500	-0,000325
4 - 5	0,055528	0,7500	-0,000254
8 - 9	0,010875	0,7500	-0,000124
8 - 17	0,025580	0,7500	0,000106
16 - 17	0,073412	0,7500	-0,000088
7 - 16	0,050952	0,7500	-0,000018
10 - 11	0,007922	0,7500	0,000195
6 - 11	0,043861	0,7500	-0,000053
11 - 12	0,015124	0,7500	0,000035
11 - 14	0,007076	0,7500	0,000071
14 - 15	0,018488	0,7500	0,000018
10 - 13	0,005816	0,7500	-0,000903
14 - 20	0,026537	0,7500	0,000035
20 - 21	0,038176	0,7500	0,000018
13 - 19	0,026759	0,7500	-0,000920
18 - 19	0,025767	0,7500	0,000000
19 - 22	0,009780	0,7500	-0,000938
3 - 4	0,105677	0,7500	-0,000071

Nodo	Entrega, [MMpc/dia]	Presión, [psia]
1	0,000159	18,9949
2	0,000124	18,9996
3	0,000071	19,0119
4	0,000088	19,0132
5	0,000071	19,0219
6	0,000053	19,0317
7	0,000018	19,0144
8	0,000018	19,0166
9	0,000035	19,0170
10	0,000035	19,0327
11	0,000035	19,0320
12	0,000035	19,0319
13	0,000018	19,0442
14	0,000018	19,0319
15	0,000018	19,0319
16	0,000071	19,0145
17	0,000018	19,0159
18	0,000000	19,0992
19	0,000018	19,0992
20	0,000018	19,0318
21	0,000018	19,0318
22	Nodo Fuente	19,1200

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.8402

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 4

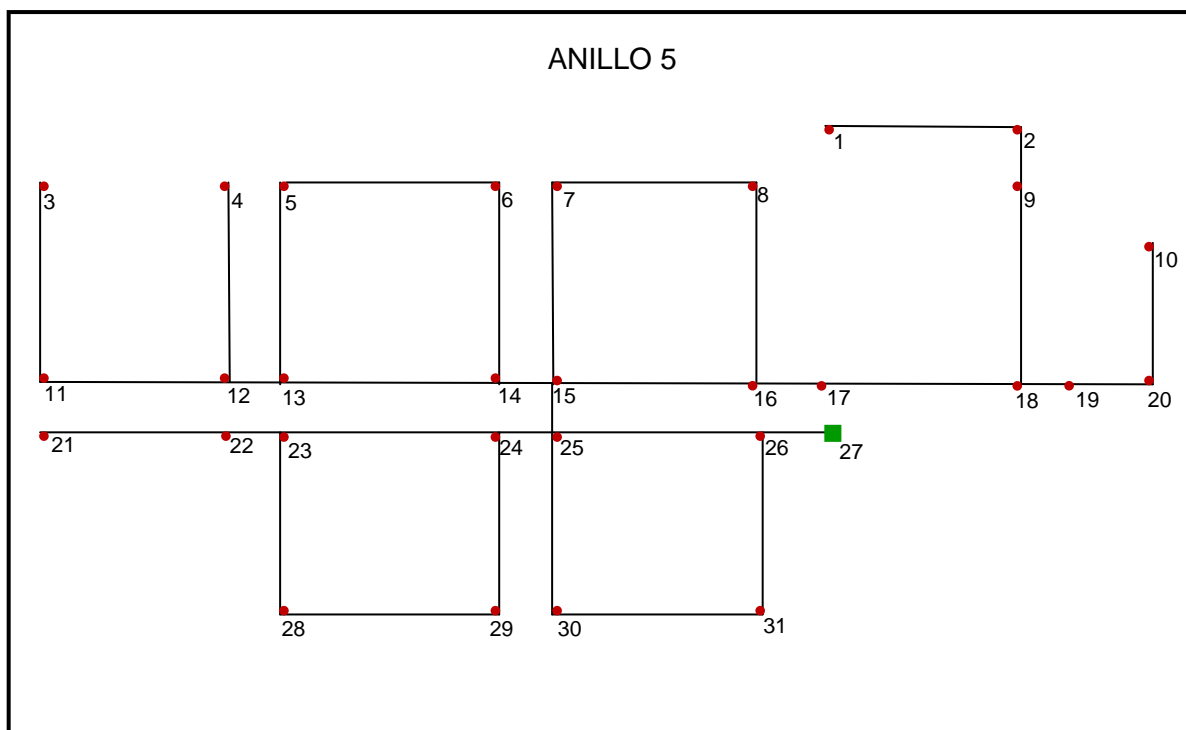
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/día]
4 - 5	0,008067	0,7500	0,000796
1 - 5	0,044599	0,7500	-0,000035
1 - 2	0,019217	0,7500	0,000000
5 - 6	0,036918	0,7500	0,000089
3 - 6	0,029664	0,7500	-0,000018
5 - 9	0,010266	0,7500	0,000619
9 - 10	0,041552	0,7500	0,000252
10 - 14	0,039202	0,7500	0,000217
13 - 14	0,041080	0,7500	0,000013
9 - 13	0,040858	0,7500	0,000332
14 - 15	0,009954	0,7500	0,000177
15 - 16	0,054940	0,7500	0,000142
12 - 13	0,009262	0,7500	-0,000248
11 - 12	0,049887	0,7500	-0,000143
7 - 11	0,044615	0,7500	-0,000019
7 - 8	0,051214	0,7500	-0,000034
8 - 12	0,041103	0,7500	-0,000069
11 - 18	0,010249	0,7500	0,000035
18 - 19	0,064678	0,7500	0,000018
18 - 20	0,025350	0,7500	0,000000
16 - 17	0,168006	0,7500	0,000071

Nodo	Entrega, [MMpc/día]	Presión, [psia]
1	0,000035	18,7162
2	0,000000	18,7162
3	0,000018	18,7156
4	Nodo Fuente	18,7290
5	0,000053	18,7164
6	0,000071	18,7156
7	0,000053	18,6915
8	0,000035	18,6917
9	0,000035	18,7066
10	0,000035	18,7001
11	0,000088	18,6916
12	0,000035	18,6941
13	0,000071	18,6955
14	0,000053	18,6955
15	0,000035	18,6947
16	0,000071	18,6920
17	0,000071	18,6899
18	0,000018	18,6915
19	0,000018	18,6915
20	0,000000	18,6915

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.8402

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 5

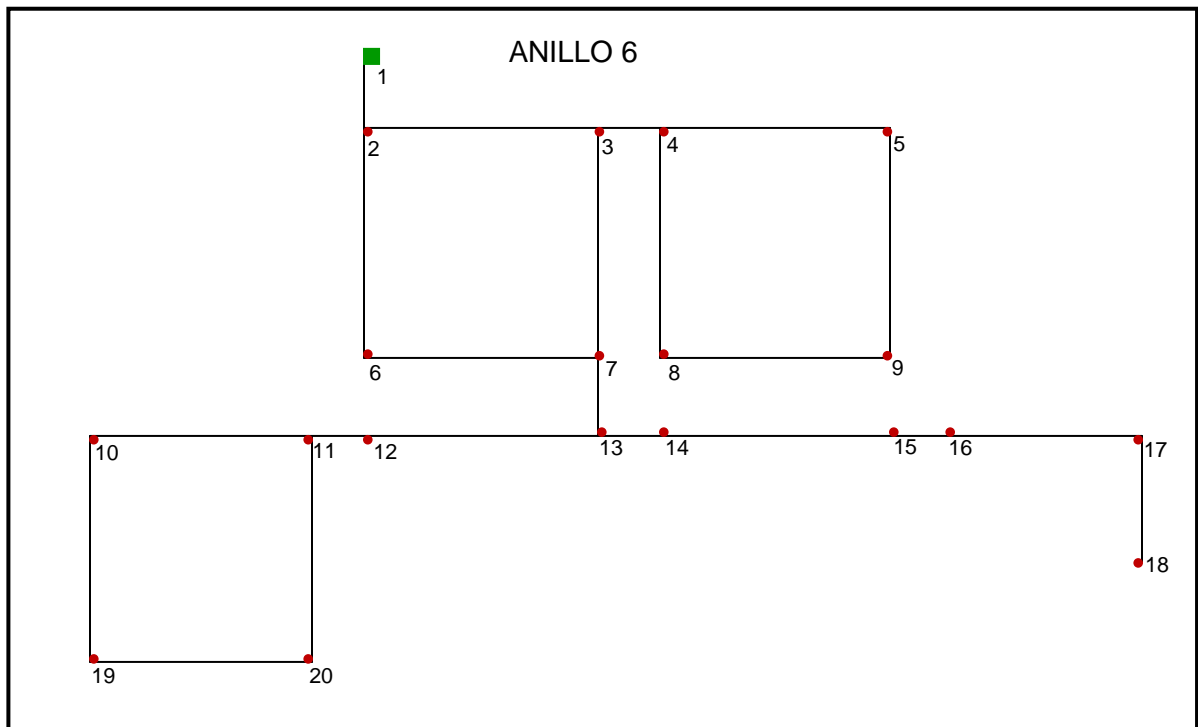
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/día]
26 - 27	0,005411	0,7500	-0,001080
25 - 26	0,043090	0,7500	-0,000617
24 - 25	0,008211	0,7500	-0,000230
23 - 24	0,041051	0,7500	-0,000019
22 - 23	0,008781	0,7500	-0,000088
21 - 22	0,040223	0,7500	-0,000053
23 - 28	0,028920	0,7500	-0,000105
26 - 31	0,032062	0,7500	0,000427
30 - 31	0,042094	0,7500	-0,000409
25 - 30	0,030427	0,7500	-0,000374
28 - 29	0,040668	0,7500	-0,000141
24 - 29	0,029348	0,7500	0,000176
15 - 25	0,008618	0,7500	-0,000708
15 - 16	0,041085	0,7500	0,000209
16 - 17	0,007642	0,7500	0,000106
17 - 18	0,048909	0,7500	0,000089
9 - 18	0,039364	0,7500	-0,000035
2 - 9	0,007342	0,7500	-0,000018
1 - 2	0,049937	0,7500	-0,000018
14 - 15	0,009042	0,7500	-0,000460
13 - 14	0,042704	0,7500	-0,000180
12 - 13	0,008104	0,7500	-0,000230
11 - 12	0,041176	0,7500	-0,000106
8 - 16	0,040139	0,7500	-0,000085
7 - 8	0,043448	0,7500	-0,000032
7 - 15	0,041085	0,7500	-0,000004
6 - 14	0,041298	0,7500	-0,000209
5 - 6	0,040963	0,7500	-0,000156
5 - 13	0,044066	0,7500	0,000103
4 - 12	0,051421	0,7500	-0,000053
3 - 11	0,048362	0,7500	-0,000053
18 - 19	0,008944	0,7500	0,000018
19 - 20	0,016841	0,7500	0,000000
10 - 20	0,013397	0,7500	0,000000

Nodo	Entrega, [MMpc/día]	Presión, [psia]
1	0,000018	19,0639
2	0,000000	19,0639
3	0,000053	19,0590
4	0,000053	19,0601
5	0,000053	19,0580
6	0,000053	19,0605
7	0,000035	19,0643
8	0,000053	19,0645
9	0,000018	19,0639
10	0,000000	19,0640
11	0,000053	19,0593
12	0,000071	19,0605
13	0,000053	19,0615
14	0,000071	19,0648
15	0,000035	19,0695
16	0,000018	19,0652
17	0,000018	19,0649
18	0,000035	19,0640
19	0,000018	19,0640
20	0,000000	19,0640
21	0,000053	19,0784
22	0,000035	19,0787
23	0,000035	19,0789
24	0,000035	19,0789
25	0,000053	19,0800
26	0,000035	19,1198
27	Nodo Fuente	19,1350
28	0,000035	19,0796
29	0,000035	19,0816
30	0,000035	19,0886
31	0,000018	19,1056

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.8402

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 6

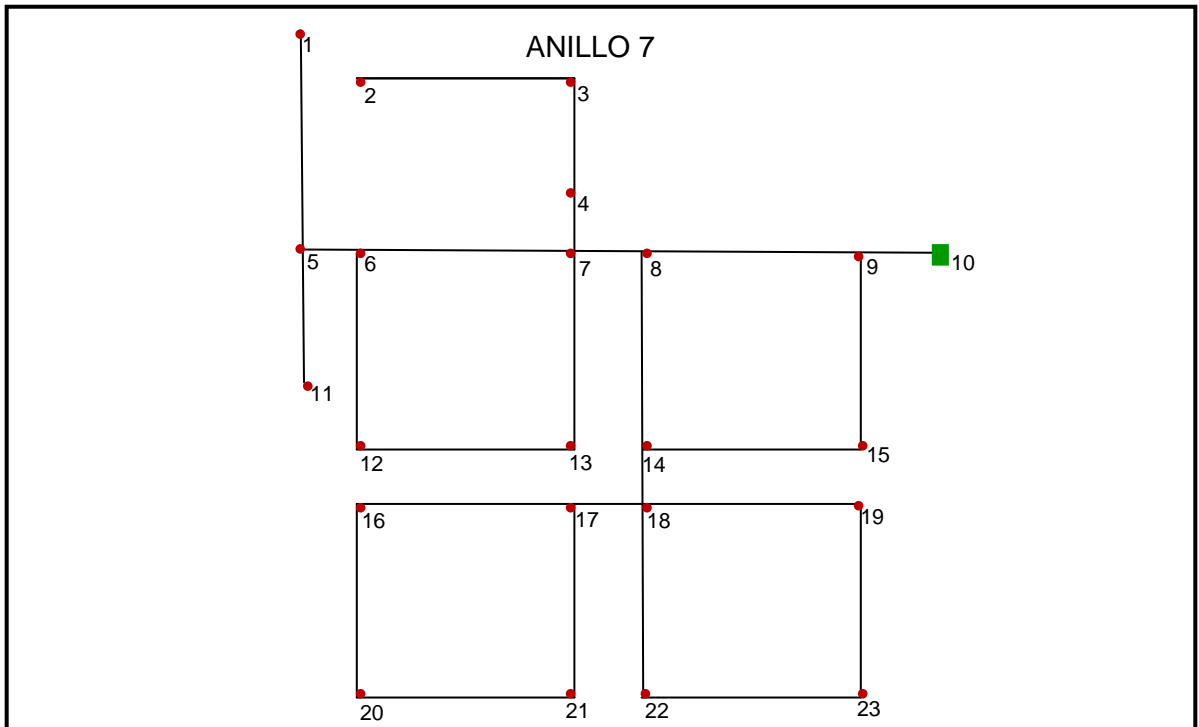
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/día]
6 - 7	0,045287	0,7500	0,000402
3 - 7	0,043112	0,7500	0,000111
2 - 3	0,045570	0,7500	0,000607
2 - 6	0,044594	0,7500	0,000473
1 - 2	0,010807	0,7500	0,001150
3 - 4	0,011098	0,7500	0,000407
4 - 8	0,042689	0,7500	0,000181
8 - 9	0,042815	0,7500	0,000075
4 - 5	0,041833	0,7500	0,000120
5 - 9	0,041659	0,7500	0,000014
7 - 13	0,007401	0,7500	0,000407
13 - 14	0,010826	0,7500	0,000124
14 - 15	0,042815	0,7500	0,000124
15 - 16	0,018205	0,7500	0,000106
16 - 17	0,043872	0,7500	0,000071
17 - 18	0,017922	0,7500	0,000018
12 - 13	0,052239	0,7500	-0,000248
11 - 12	0,010979	0,7500	-0,000230
10 - 11	0,031402	0,7500	-0,000101
10 - 19	0,025611	0,7500	0,000048
19 - 20	0,031264	0,7500	0,000013
11 - 20	0,024996	0,7500	0,000058

Nodo	Entrega, [MMpc/día]	Presión, [psia]
1	Nodo Fuente	18,5910
2	0,000071	18,5554
3	0,000088	18,5136
4	0,000106	18,5090
5	0,000106	18,5075
6	0,000071	18,5305
7	0,000106	18,5122
8	0,000106	18,5055
9	0,000088	18,5049
10	0,000053	18,4989
11	0,000071	18,4997
12	0,000018	18,5011
13	0,000035	18,5092
14	0,000000	18,5087
15	0,000018	18,5071
16	0,000035	18,5066
17	0,000053	18,5060
18	0,000018	18,5060
19	0,000035	18,4987
20	0,000071	18,4987

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.8402

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 7

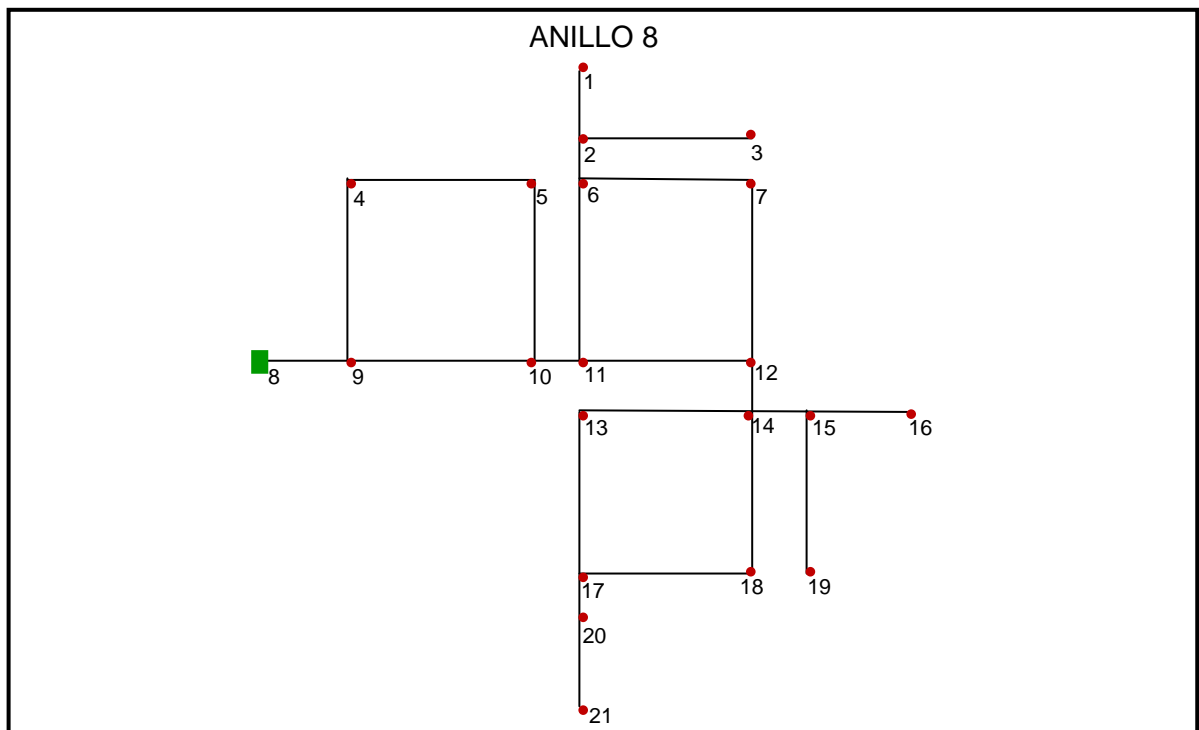
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/día]
9 - 10	0,091273	0,7500	-0,000513
8 - 9	0,042839	0,7500	-0,000280
7 - 8	0,081665	0,7500	-0,000248
6 - 7	0,039920	0,7500	-0,000064
8 - 14	0,043284	0,7500	-0,000003
14 - 15	0,043004	0,7500	-0,000197
9 - 15	0,043482	0,7500	0,000197
6 - 12	0,046529	0,7500	-0,000024
12 - 13	0,044624	0,7500	-0,000060
7 - 13	0,043144	0,7500	0,000077
4 - 7	0,006660	0,7500	-0,000053
3 - 4	0,001675	0,7500	-0,000053
2 - 3	0,042068	0,7500	0,000000
5 - 6	0,005071	0,7500	-0,000071
1 - 5	0,032484	0,7500	0,000000
5 - 11	0,031259	0,7500	0,000035
14 - 18	0,010455	0,7500	0,000195
18 - 22	0,050724	0,7500	0,000016
22 - 23	0,047687	0,7500	-0,000002
18 - 19	0,043644	0,7500	0,000073
19 - 23	0,048030	0,7500	0,000037
17 - 18	0,008930	0,7500	-0,000088
16 - 17	0,038807	0,7500	0,000001
16 - 20	0,055655	0,7500	-0,000001
20 - 21	0,039903	0,7500	-0,000019
17 - 21	0,052267	0,7500	0,000055

Nodo	Entrega, [MMpc/día]	Presión, [psia]
1	0,000000	18,6724
2	0,000000	18,6728
3	0,000053	18,6728
4	0,000000	18,6728
5	0,000035	18,6724
6	0,000018	18,6724
7	0,000053	18,6728
8	0,000035	18,6853
9	0,000035	18,6936
10	Nodo Fuente	18,7530
11	0,000035	18,6723
12	0,000035	18,6725
13	0,000018	18,6729
14	0,000000	18,6853
15	0,000000	18,6894
16	0,000000	18,6841
17	0,000035	18,6841
18	0,000018	18,6843
19	0,000035	18,6837
20	0,000018	18,6841
21	0,000035	18,6841
22	0,000018	18,6843
23	0,000035	18,6843

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.8402

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 8

Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/día]
8 - 9	0,003338	0,7500	0,000659
9 - 10	0,038059	0,7500	0,000378
5 - 10	0,060604	0,7500	0,000158
4 - 5	0,037206	0,7500	0,000210
4 - 9	0,060632	0,7500	-0,000228
10 - 11	0,008115	0,7500	0,000518
6 - 11	0,061123	0,7500	-0,000139
6 - 7	0,037206	0,7500	0,000045
7 - 12	0,061441	0,7500	0,000010
11 - 12	0,046374	0,7500	0,000344
12 - 14	0,008219	0,7500	0,000319
17 - 18	0,050980	0,7500	-0,000030
13 - 17	0,041824	0,7500	0,000059
14 - 18	0,040854	0,7500	0,000047
13 - 14	0,052678	0,7500	-0,000094
14 - 15	0,006867	0,7500	0,000124
15 - 16	0,023518	0,7500	0,000053
15 - 19	0,045753	0,7500	0,000035
17 - 20	0,011029	0,7500	0,000053
20 - 21	0,021666	0,7500	0,000035
2 - 6	0,009579	0,7500	-0,000076
1 - 2	0,015596	0,7500	-0,000035
2 - 3	0,043758	0,7500	0,000035

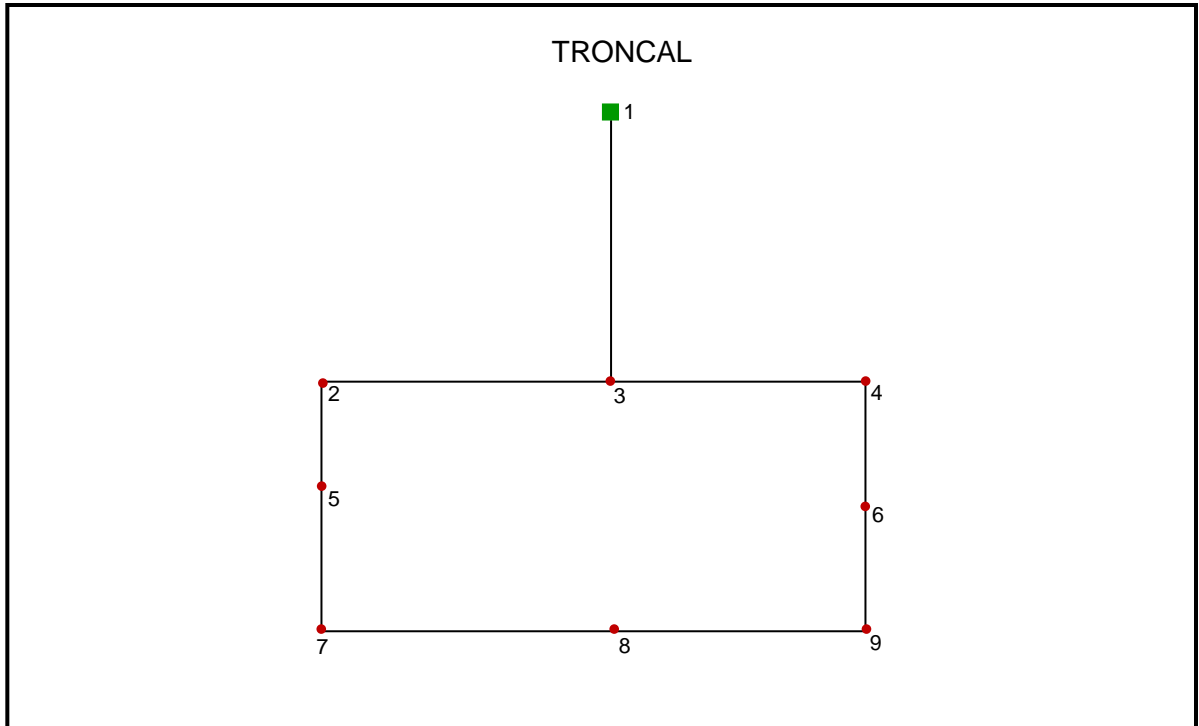
Nodo	Entrega, [MMpc/día]	Presión, [psia]
1	0,000035	18,8258
2	0,000005	18,8259
3	0,000035	18,8257
4	0,000018	18,8426
5	0,000052	18,8384
6	0,000018	18,8260
7	0,000035	18,8258
8	Nodo Fuente	18,8520
9	0,000053	18,8483
10	0,000018	18,8345
11	0,000035	18,8290
12	0,000035	18,8258
13	0,000035	18,8225
14	0,000053	18,8237
15	0,000035	18,8234
16	0,000053	18,8233
17	0,000035	18,8233
18	0,000018	18,8235
19	0,000035	18,8233
20	0,000018	18,8233
21	0,000035	18,8232

ANEXO B. Cálculos de diseño de la red domiciliar de gas (Alternativa 2)

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Sistema Integrado de Gas

Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.69507

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos de la red troncal

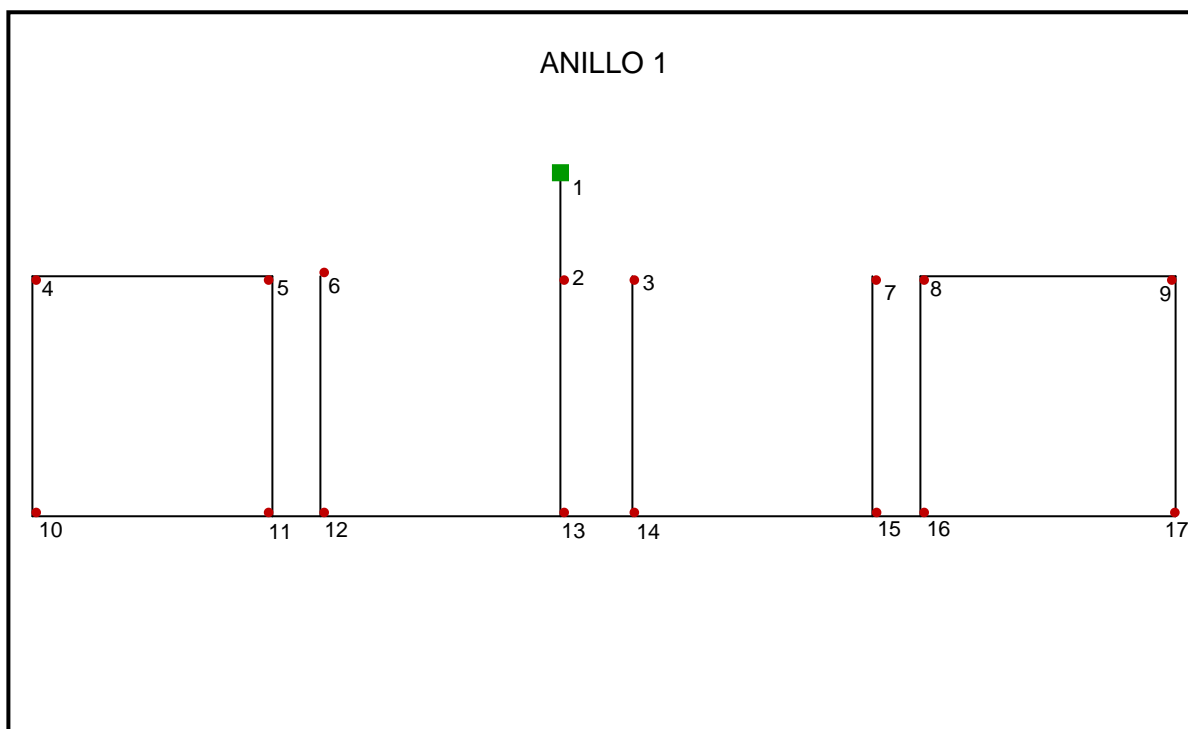
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/día]
1 - 3	0,329063	1,0000	0,007857
3 - 4	0,317054	1,0000	0,003566
8 - 9	0,307446	1,0000	-0,000877
7 - 8	0,369896	1,0000	0,000079
5 - 7	0,182546	1,0000	0,001229
2 - 5	0,129704	1,0000	0,002255
2 - 3	0,360288	1,0000	-0,003335
4 - 6	0,067123	1,0000	0,002629
6 - 9	0,057019	1,0000	0,001921

Nodo	Entrega, [MMpc/día]	Presión, [psia]
1	Nodo Fuente	30,0000
2	0,001079	21,4095
3	0,000956	23,0461
4	0,000938	21,3981
5	0,001026	21,1280
6	0,000708	21,2004
7	0,001150	21,0092
8	0,000956	21,0082
9	0,001044	21,1101

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.69507

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 1

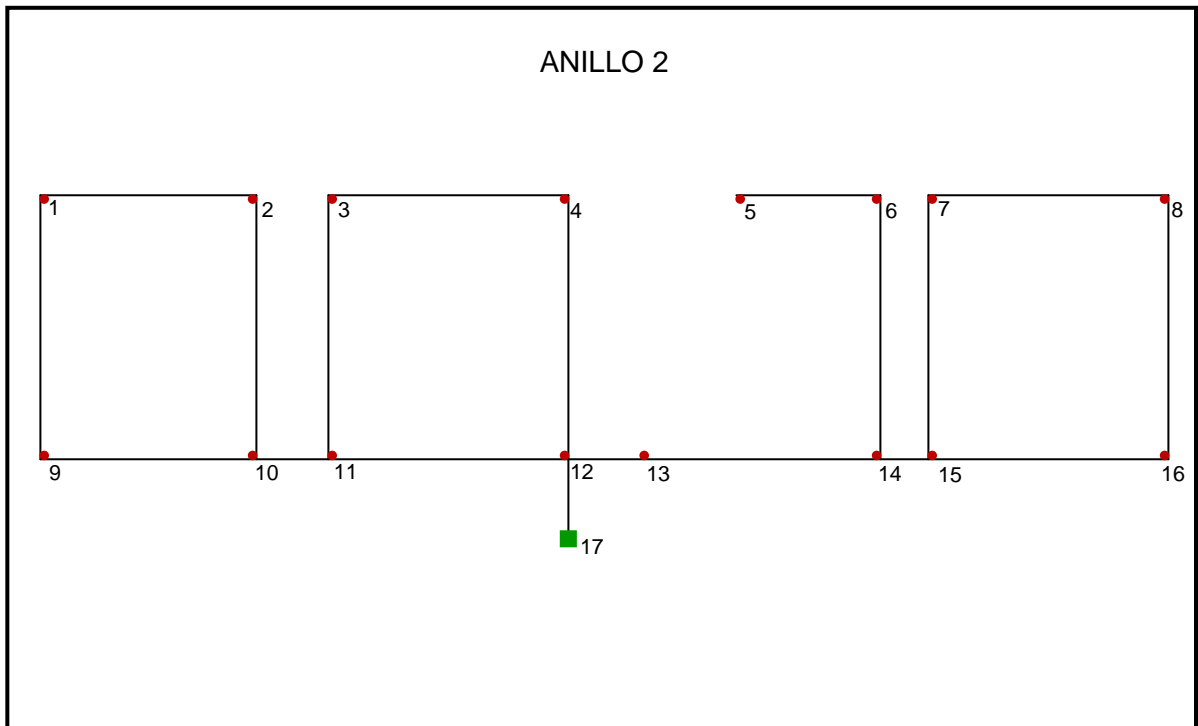
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/dia]
1 - 2	0,005892	0,7500	0,000938
2 - 13	0,048675	0,7500	0,000885
13 - 14	0,011208	0,7500	0,000442
3 - 14	0,043183	0,7500	-0,000071
14 - 15	0,047232	0,7500	0,000283
7 - 15	0,055361	0,7500	0,000000
15 - 16	0,014437	0,7500	0,000212
8 - 16	0,059425	0,7500	-0,000083
16 - 17	0,047867	0,7500	0,000094
9 - 17	0,060800	0,7500	-0,000023
12 - 13	0,037522	0,7500	-0,000372
6 - 12	0,044201	0,7500	-0,000053
11 - 12	0,009278	0,7500	-0,000265
5 - 11	0,047100	0,7500	-0,000097
4 - 5	0,049992	0,7500	-0,000027
4 - 10	0,048537	0,7500	-0,000027
10 - 11	0,050183	0,7500	-0,000097
8 - 9	0,050677	0,7500	0,000030

Nodo	Entrega, [MMpc/dia]	Presión, [psia]
1	Nodo Fuente	23,0460
2	0,000053	23,0374
3	0,000071	22,9700
4	0,000053	22,9635
5	0,000071	22,9635
6	0,000053	22,9652
7	0,000000	22,9640
8	0,000053	22,9623
9	0,000053	22,9622
10	0,000071	22,9635
11	0,000071	22,9643
12	0,000053	22,9654
13	0,000071	22,9740
14	0,000088	22,9703
15	0,000071	22,9640
16	0,000035	22,9629
17	0,000071	22,9622

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.69507

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 2

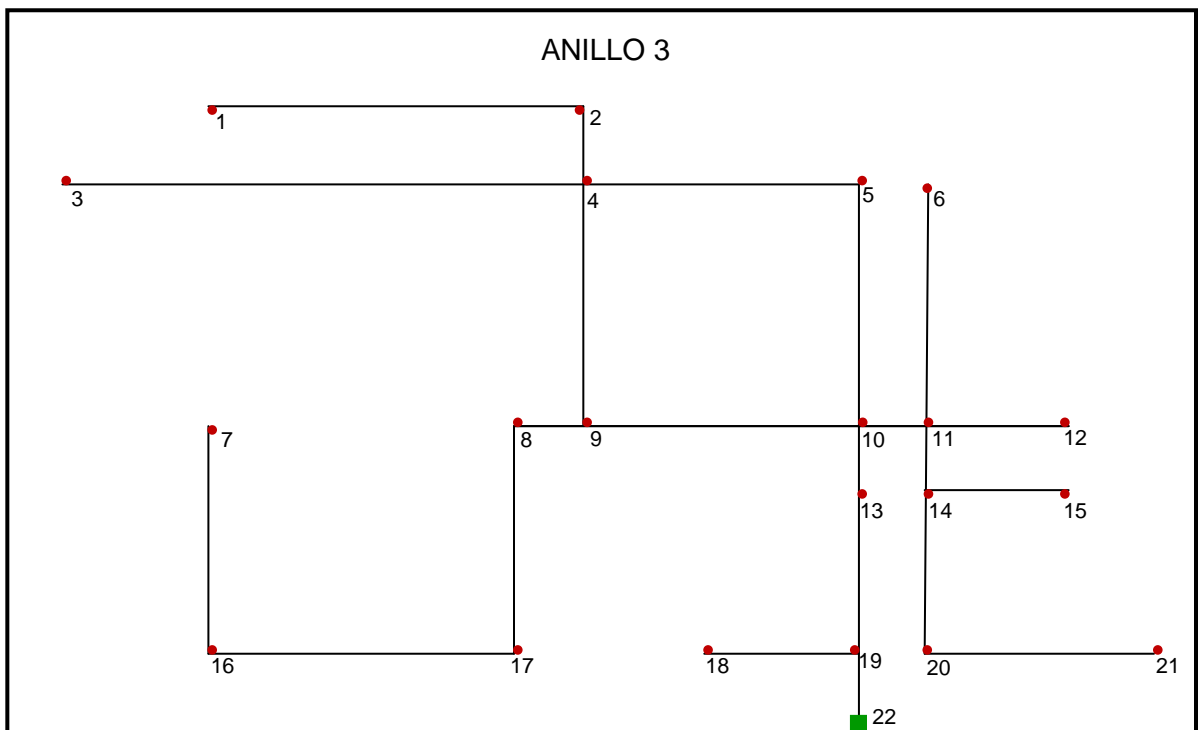
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/dia]
12 - 17	0,001616	0,7500	-0,000956
4 - 12	0,046951	0,7500	-0,000218
3 - 4	0,045752	0,7500	-0,000165
3 - 11	0,047964	0,7500	0,000076
11 - 12	0,045957	0,7500	-0,000278
12 - 13	0,009128	0,7500	0,000372
13 - 14	0,044266	0,7500	0,000301
6 - 14	0,044751	0,7500	-0,000018
5 - 6	0,023606	0,7500	0,000000
14 - 15	0,010458	0,7500	0,000248
7 - 15	0,047485	0,7500	-0,000125
7 - 8	0,051903	0,7500	0,000072
8 - 16	0,047473	0,7500	0,000018
15 - 16	0,052643	0,7500	0,000070
10 - 11	0,006450	0,7500	-0,000283
2 - 10	0,047591	0,7500	-0,000076
9 - 10	0,050511	0,7500	-0,000118
1 - 9	0,047641	0,7500	-0,000065
1 - 2	0,049710	0,7500	-0,000005

Nodo	Entrega, [MMpc/dia]	Presión, [psia]
1	0,000071	20,9959
2	0,000071	20,9970
3	0,000088	20,9990
4	0,000053	21,0013
5	0,000000	20,9957
6	0,000018	20,9957
7	0,000053	20,9932
8	0,000053	20,9927
9	0,000053	20,9963
10	0,000088	20,9975
11	0,000071	20,9985
12	0,000088	21,0053
13	0,000071	21,0030
14	0,000035	20,9957
15	0,000053	20,9945
16	0,000088	20,9927
17	Nodo Fuente	21,0080

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.69507

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 3

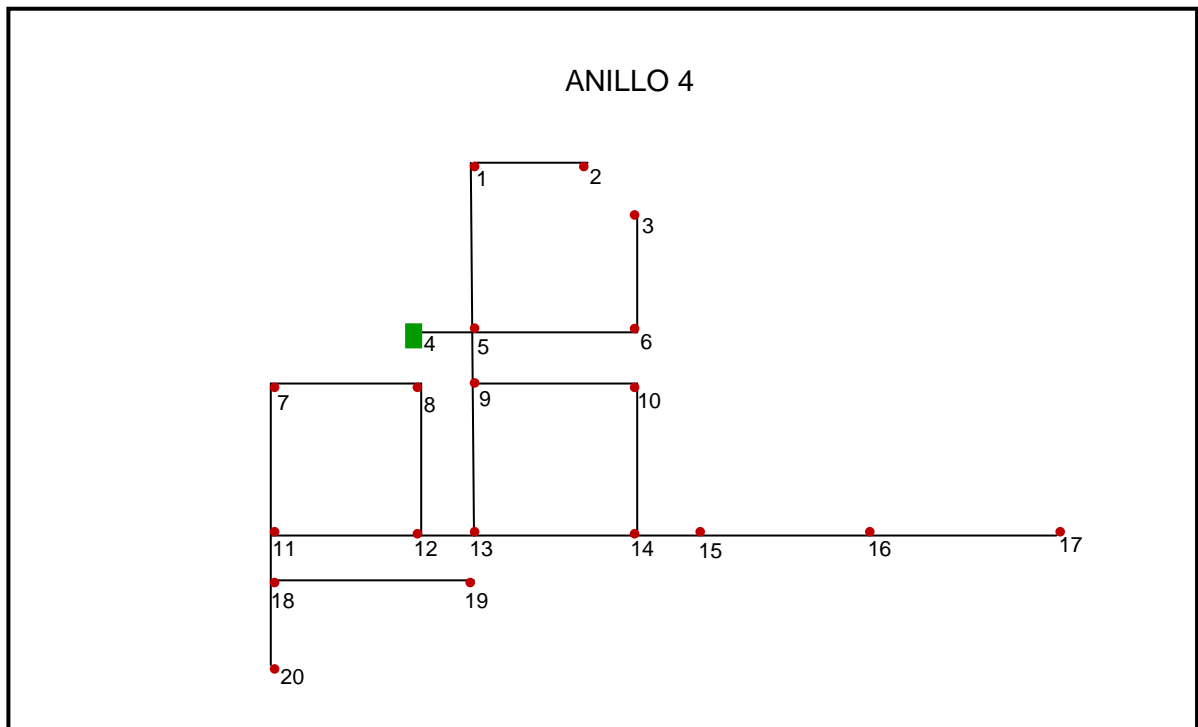
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/dia]
1 - 2	0,077201	0,7500	-0,000159
2 - 4	0,069656	0,7500	-0,000283
4 - 9	0,043674	0,7500	-0,000188
9 - 10	0,053612	0,7500	-0,000347
5 - 10	0,041971	0,7500	-0,000325
4 - 5	0,055528	0,7500	-0,000254
8 - 9	0,010875	0,7500	-0,000124
8 - 17	0,025580	0,7500	0,000106
16 - 17	0,073412	0,7500	-0,000088
7 - 16	0,050952	0,7500	-0,000018
10 - 11	0,007922	0,7500	0,000195
6 - 11	0,043861	0,7500	-0,000053
11 - 12	0,015124	0,7500	0,000035
11 - 14	0,007076	0,7500	0,000071
14 - 15	0,018488	0,7500	0,000018
10 - 13	0,005816	0,7500	-0,000903
14 - 20	0,026537	0,7500	0,000035
20 - 21	0,038176	0,7500	0,000018
13 - 19	0,026759	0,7500	-0,000920
18 - 19	0,025767	0,7500	0,000000
19 - 22	0,009780	0,7500	-0,000938
3 - 4	0,105677	0,7500	-0,000071

Nodo	Entrega, [MMpc/dia]	Presión, [psia]
1	0,000159	21,3056
2	0,000124	21,3091
3	0,000071	21,3182
4	0,000088	21,3191
5	0,000071	21,3256
6	0,000053	21,3328
7	0,000018	21,3200
8	0,000018	21,3216
9	0,000035	21,3219
10	0,000035	21,3335
11	0,000035	21,3330
12	0,000035	21,3330
13	0,000018	21,3420
14	0,000018	21,3329
15	0,000018	21,3329
16	0,000071	21,3201
17	0,000018	21,3211
18	0,000000	21,3826
19	0,000018	21,3826
20	0,000018	21,3329
21	0,000018	21,3328
22	Nodo Fuente	21,3980

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.69507

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 4

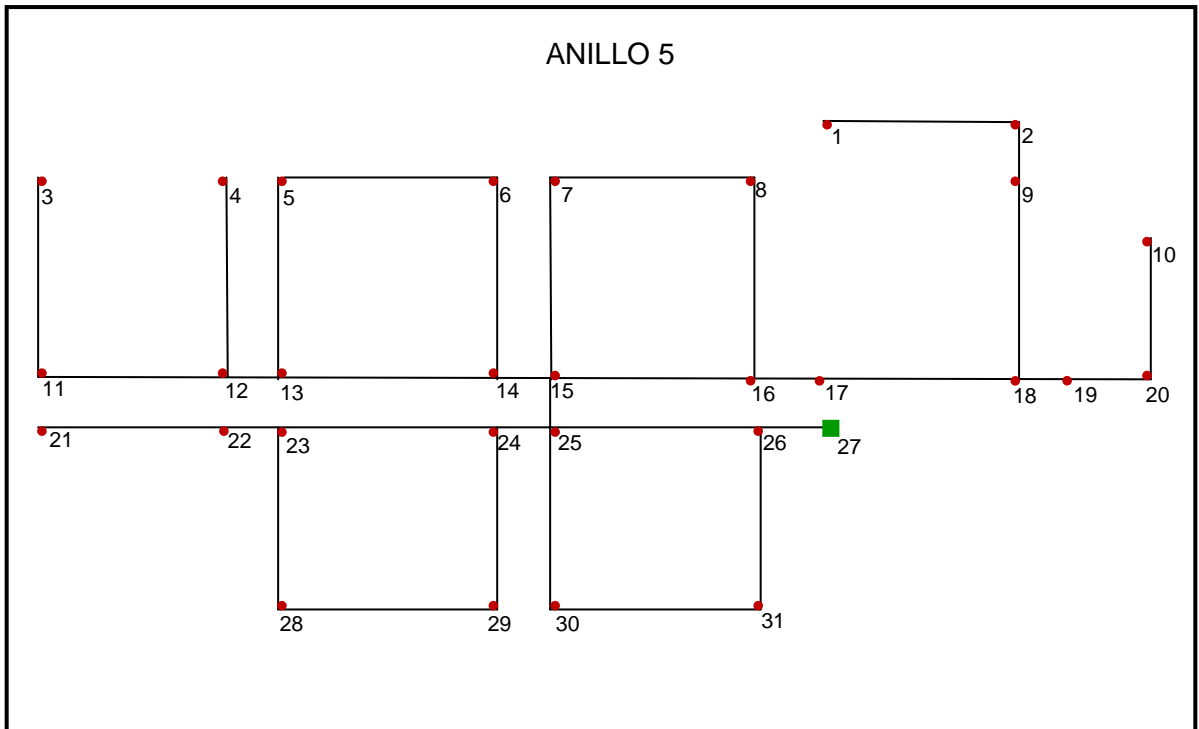
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/dia]
4 - 5	0,008067	0,7500	0,000796
1 - 5	0,044599	0,7500	-0,000035
1 - 2	0,019217	0,7500	0,000000
5 - 6	0,036918	0,7500	0,000089
3 - 6	0,029664	0,7500	-0,000018
5 - 9	0,010266	0,7500	0,000619
9 - 10	0,041552	0,7500	0,000252
10 - 14	0,039202	0,7500	0,000217
13 - 14	0,041080	0,7500	0,000013
9 - 13	0,040858	0,7500	0,000332
14 - 15	0,009954	0,7500	0,000177
15 - 16	0,054940	0,7500	0,000142
12 - 13	0,009262	0,7500	-0,000248
11 - 12	0,049887	0,7500	-0,000143
7 - 11	0,044615	0,7500	-0,000019
7 - 8	0,051214	0,7500	-0,000034
8 - 12	0,041103	0,7500	-0,000069
11 - 18	0,010249	0,7500	0,000035
18 - 19	0,064678	0,7500	0,000018
18 - 20	0,025350	0,7500	0,000000
16 - 17	0,168006	0,7500	0,000071

Nodo	Entrega, [MMpc/dia]	Presión, [psia]
1	0,000035	21,1006
2	0,000000	21,1006
3	0,000018	21,1002
4	<b>Nodo Fuente</b>	21,1100
5	0,000053	21,1007
6	0,000071	21,1002
7	0,000053	21,0825
8	0,000035	21,0826
9	0,000035	21,0936
10	0,000035	21,0888
11	0,000088	21,0825
12	0,000035	21,0844
13	0,000071	21,0854
14	0,000053	21,0854
15	0,000035	21,0849
16	0,000071	21,0829
17	0,000071	21,0813
18	0,000018	21,0825
19	0,000018	21,0825
20	0,000000	21,0825

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.69507

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 5

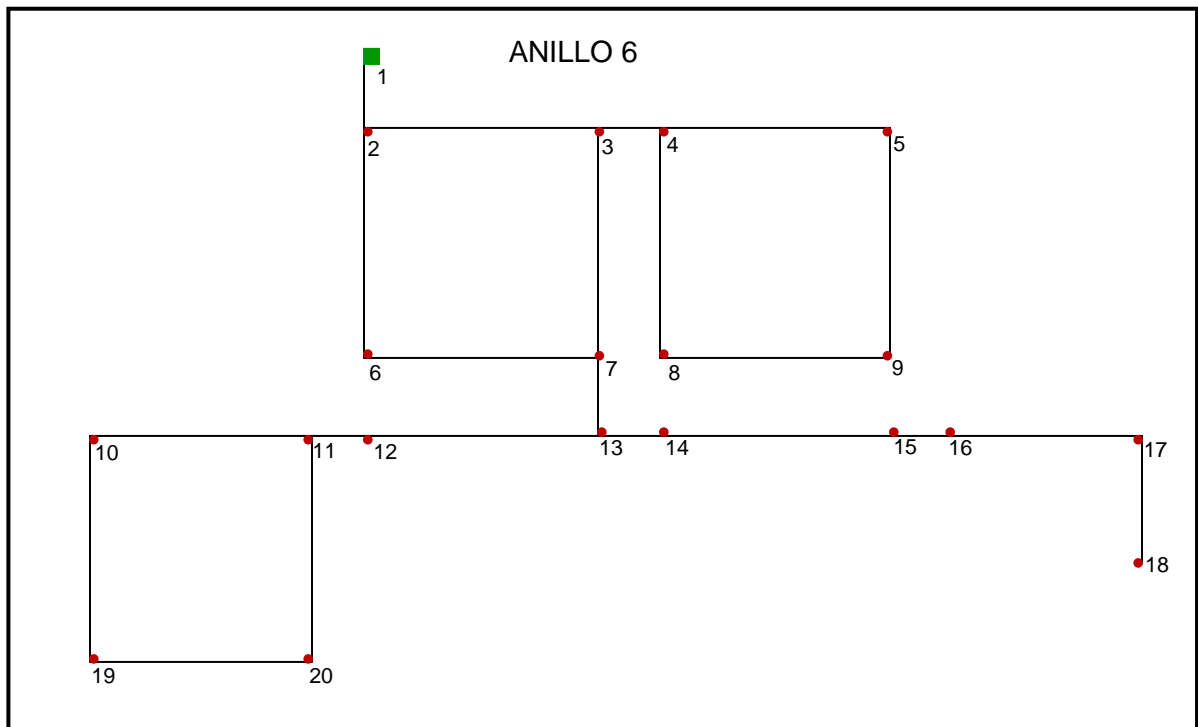
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/dia]
26 - 27	0,005411	0,7500	-0,001080
25 - 26	0,043090	0,7500	-0,000617
24 - 25	0,008211	0,7500	-0,000230
23 - 24	0,041051	0,7500	-0,000019
22 - 23	0,008781	0,7500	-0,000088
21 - 22	0,040223	0,7500	-0,000053
23 - 28	0,028920	0,7500	-0,000105
26 - 31	0,032062	0,7500	0,000427
30 - 31	0,042094	0,7500	-0,000409
25 - 30	0,030427	0,7500	-0,000374
28 - 29	0,040668	0,7500	-0,000141
24 - 29	0,029348	0,7500	0,000176
15 - 25	0,008618	0,7500	-0,000708
15 - 16	0,041085	0,7500	0,000209
16 - 17	0,007642	0,7500	0,000106
17 - 18	0,048909	0,7500	0,000089
9 - 18	0,039364	0,7500	-0,000035
2 - 9	0,007342	0,7500	-0,000018
1 - 2	0,049937	0,7500	-0,000018
14 - 15	0,009042	0,7500	-0,000460
13 - 14	0,042704	0,7500	-0,000180
12 - 13	0,008104	0,7500	-0,000230
11 - 12	0,041176	0,7500	-0,000106
8 - 16	0,040139	0,7500	-0,000085
7 - 8	0,043448	0,7500	-0,000032
7 - 15	0,041085	0,7500	-0,000004
6 - 14	0,041298	0,7500	-0,000209
5 - 6	0,040963	0,7500	-0,000156
5 - 13	0,044066	0,7500	0,000103
4 - 12	0,051421	0,7500	-0,000053
3 - 11	0,048362	0,7500	-0,000053
18 - 19	0,008944	0,7500	0,000018
19 - 20	0,016841	0,7500	0,000000
10 - 20	0,013397	0,7500	0,000000

Nodo	Entrega, [MMpc/dia]	Presión, [psia]
1	0,000018	21,3564
2	0,000000	21,3565
3	0,000053	21,3528
4	0,000053	21,3537
5	0,000053	21,3521
6	0,000053	21,3539
7	0,000035	21,3568
8	0,000053	21,3569
9	0,000018	21,3565
10	0,000000	21,3565
11	0,000053	21,3531
12	0,000071	21,3539
13	0,000053	21,3547
14	0,000071	21,3572
15	0,000035	21,3606
16	0,000018	21,3574
17	0,000018	21,3572
18	0,000035	21,3565
19	0,000018	21,3565
20	0,000000	21,3565
21	0,000053	21,3672
22	0,000035	21,3674
23	0,000035	21,3675
24	0,000035	21,3675
25	0,000053	21,3683
26	0,000035	21,3977
27	Nodo Fuente	21,4090
28	0,000035	21,3681
29	0,000035	21,3695
30	0,000035	21,3747
31	0,000018	21,3873

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.69507

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 6

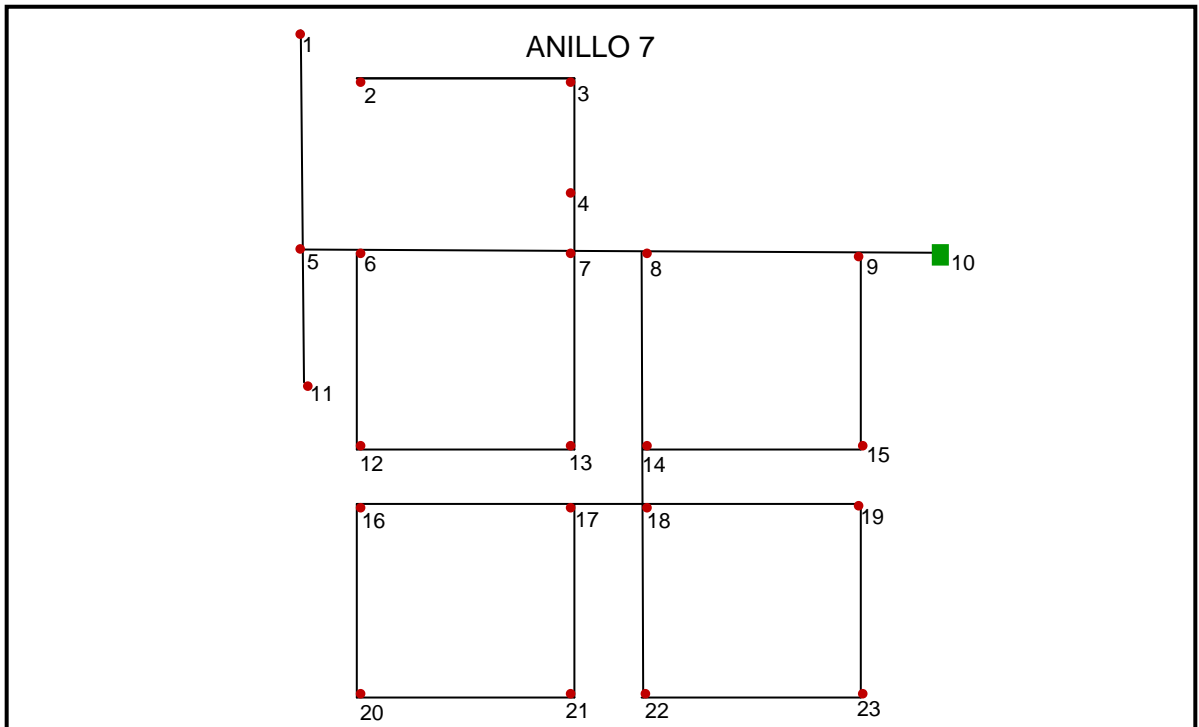
Tramo	Long, [millas]	Diam, [puig]	Caudal, [MMpc/día]
6 - 7	0,045287	0,7500	0,000402
3 - 7	0,043112	0,7500	0,000111
2 - 3	0,045570	0,7500	0,000607
2 - 6	0,044594	0,7500	0,000473
1 - 2	0,010807	0,7500	0,001150
3 - 4	0,011098	0,7500	0,000407
4 - 8	0,042689	0,7500	0,000181
8 - 9	0,042815	0,7500	0,000075
4 - 5	0,041833	0,7500	0,000120
5 - 9	0,041659	0,7500	0,000014
7 - 13	0,007401	0,7500	0,000407
13 - 14	0,010826	0,7500	0,000124
14 - 15	0,042815	0,7500	0,000124
15 - 16	0,018205	0,7500	0,000106
16 - 17	0,043872	0,7500	0,000071
17 - 18	0,017922	0,7500	0,000018
12 - 13	0,052239	0,7500	-0,000248
11 - 12	0,010979	0,7500	-0,000230
10 - 11	0,031402	0,7500	-0,000101
10 - 19	0,025611	0,7500	0,000048
19 - 20	0,031264	0,7500	0,000013
11 - 20	0,024996	0,7500	0,000058

Nodo	Entrega, [MMpc/día]	Presión, [psia]
1	Nodo Fuente	21,0090
2	0,000071	20,9829
3	0,000088	20,9524
4	0,000106	20,9490
5	0,000106	20,9479
6	0,000071	20,9647
7	0,000106	20,9514
8	0,000106	20,9464
9	0,000088	20,9460
10	0,000053	20,9416
11	0,000071	20,9422
12	0,000018	20,9433
13	0,000035	20,9491
14	0,000000	20,9488
15	0,000018	20,9476
16	0,000035	20,9473
17	0,000053	20,9469
18	0,000018	20,9468
19	0,000035	20,9415
20	0,000071	20,9415

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.69507

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 7

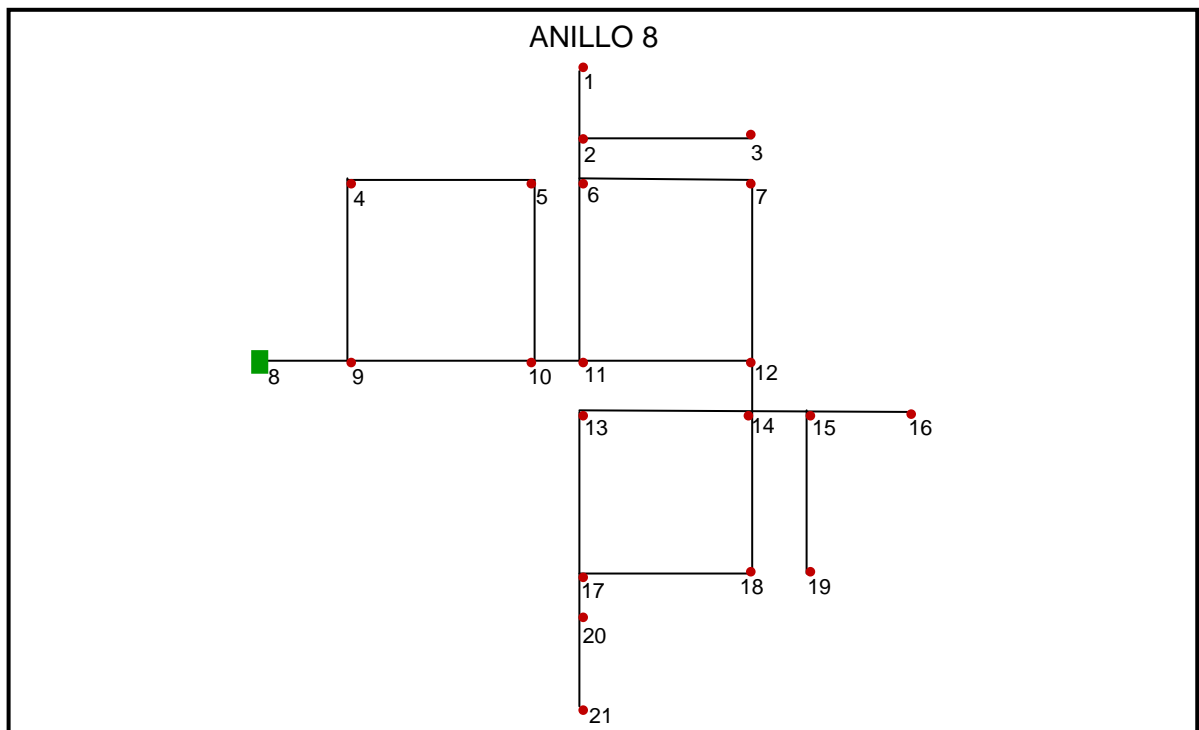
Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/dia]
9 - 10	0,091273	0,7500	-0,000513
8 - 9	0,042839	0,7500	-0,000280
7 - 8	0,081665	0,7500	-0,000248
6 - 7	0,039920	0,7500	-0,000064
8 - 14	0,043284	0,7500	-0,000003
14 - 15	0,043004	0,7500	-0,000197
9 - 15	0,043482	0,7500	0,000197
6 - 12	0,046529	0,7500	-0,000024
12 - 13	0,044624	0,7500	-0,000060
7 - 13	0,043144	0,7500	0,000077
4 - 7	0,006660	0,7500	-0,000053
3 - 4	0,001675	0,7500	-0,000053
2 - 3	0,042068	0,7500	0,000000
5 - 6	0,005071	0,7500	-0,000071
1 - 5	0,032484	0,7500	0,000000
5 - 11	0,031259	0,7500	0,000035
14 - 18	0,010455	0,7500	0,000195
18 - 22	0,050724	0,7500	0,000016
22 - 23	0,047687	0,7500	-0,000002
18 - 19	0,043644	0,7500	0,000073
19 - 23	0,048030	0,7500	0,000037
17 - 18	0,008930	0,7500	-0,000088
16 - 17	0,038807	0,7500	0,000001
16 - 20	0,055655	0,7500	-0,000001
20 - 21	0,039903	0,7500	-0,000019
17 - 21	0,052267	0,7500	0,000055

Nodo	Entrega, [MMpc/dia]	Presión, [psia]
1	0,000000	21,0688
2	0,000000	21,0691
3	0,000053	21,0691
4	0,000000	21,0692
5	0,000035	21,0688
6	0,000018	21,0689
7	0,000053	21,0692
8	0,000035	21,0783
9	0,000035	21,0844
10	<b>Nodo Fuente</b>	21,1280
11	0,000035	21,0688
12	0,000035	21,0689
13	0,000018	21,0692
14	0,000000	21,0783
15	0,000000	21,0813
16	0,000000	21,0774
17	0,000035	21,0774
18	0,000018	21,0776
19	0,000035	21,0772
20	0,000018	21,0774
21	0,000035	21,0775
22	0,000018	21,0776
23	0,000035	21,0776

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas



Temperatura de flujo = 69.8 °F

Gravedad específica del gas = 0.69507

Eficiencia de flujo = 0.98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14.7 psia

Ecuación de flujo utilizada = Müller

Método de solución utilizado = Hardy Cross

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

## Sistema Integrado de Gas

### Diseño de redes domiciliarias de gas

Cálculos anillo 8

Tramo	Long, [millas]	Diam, [pulg]	Caudal, [MMpc/dia]
8 - 9	0,003338	0,7500	0,000659
9 - 10	0,038059	0,7500	0,000378
5 - 10	0,060604	0,7500	0,000158
4 - 5	0,037206	0,7500	0,000210
4 - 9	0,060632	0,7500	-0,000228
10 - 11	0,008115	0,7500	0,000518
6 - 11	0,061123	0,7500	-0,000139
6 - 7	0,037206	0,7500	0,000045
7 - 12	0,061441	0,7500	0,000010
11 - 12	0,046374	0,7500	0,000344
12 - 14	0,008219	0,7500	0,000319
17 - 18	0,050980	0,7500	-0,000030
13 - 17	0,041824	0,7500	0,000059
14 - 18	0,040854	0,7500	0,000047
13 - 14	0,052678	0,7500	-0,000094
14 - 15	0,006867	0,7500	0,000124
15 - 16	0,023518	0,7500	0,000053
15 - 19	0,045753	0,7500	0,000035
17 - 20	0,011029	0,7500	0,000053
20 - 21	0,021666	0,7500	0,000035
2 - 6	0,009579	0,7500	-0,000076
1 - 2	0,015596	0,7500	-0,000035
2 - 3	0,043758	0,7500	0,000035

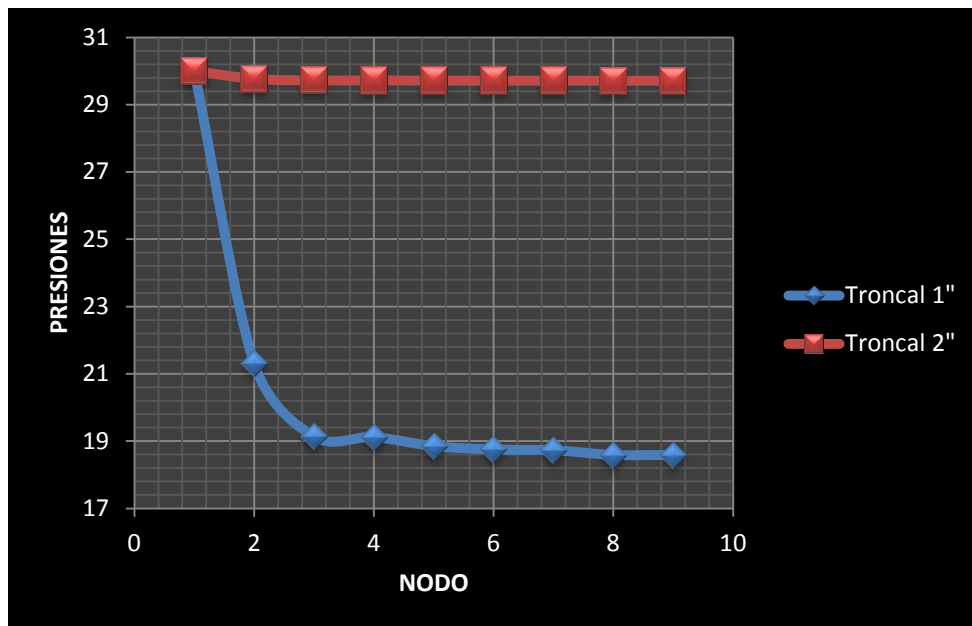
Nodo	Entrega, [MMpc/dia]	Presión, [psia]
1	0,000035	21,1814
2	0,000005	21,1814
3	0,000035	21,1813
4	0,000018	21,1933
5	0,000052	21,1903
6	0,000018	21,1815
7	0,000035	21,1814
8	Nodo Fuente	21,2000
9	0,000053	21,1974
10	0,000018	21,1876
11	0,000035	21,1836
12	0,000035	21,1813
13	0,000035	21,1790
14	0,000053	21,1798
15	0,000035	21,1796
16	0,000053	21,1795
17	0,000035	21,1796
18	0,000018	21,1797
19	0,000035	21,1795
20	0,000018	21,1795
21	0,000035	21,1795

### ANEXO C. Sensibilización de parámetros

Para determinar cual es el diámetro óptimo de diseño para la red domiciliar de gas para el Corregimiento de Yarima, se realiza una sensibilización de parámetros, que involucra diámetros de troncales y anillos; de igual manera se genera una comparación entre diámetros y presiones obtenidas para cada uno de ellos.

- **Variación De Diámetros ( $P_{\text{nodo fuente}}=30 \text{ psi}$ )**

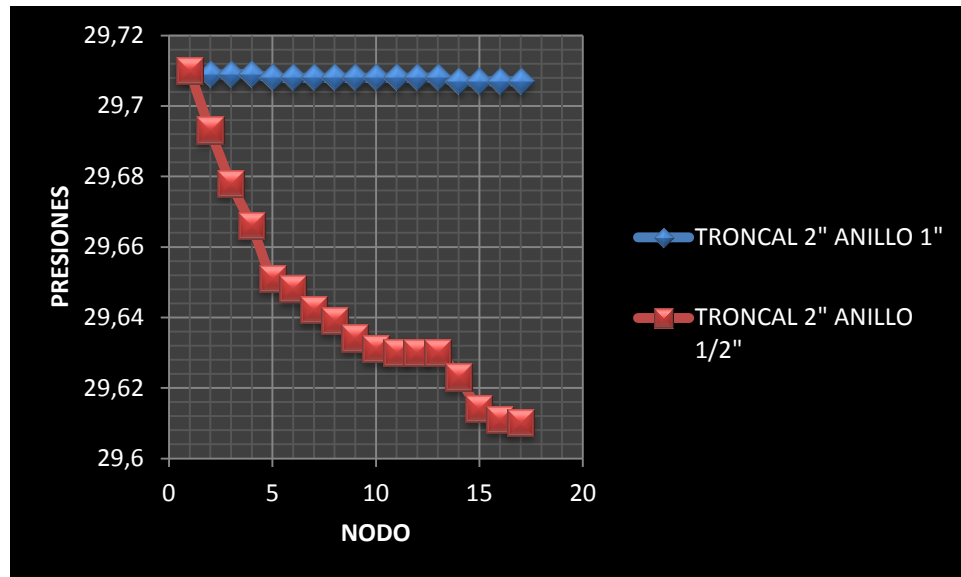
**Grafica 1:** Diámetros Troncal Vs Presiones



**Diámetro troncal: 2"**

**Variación: Diámetro anillos**

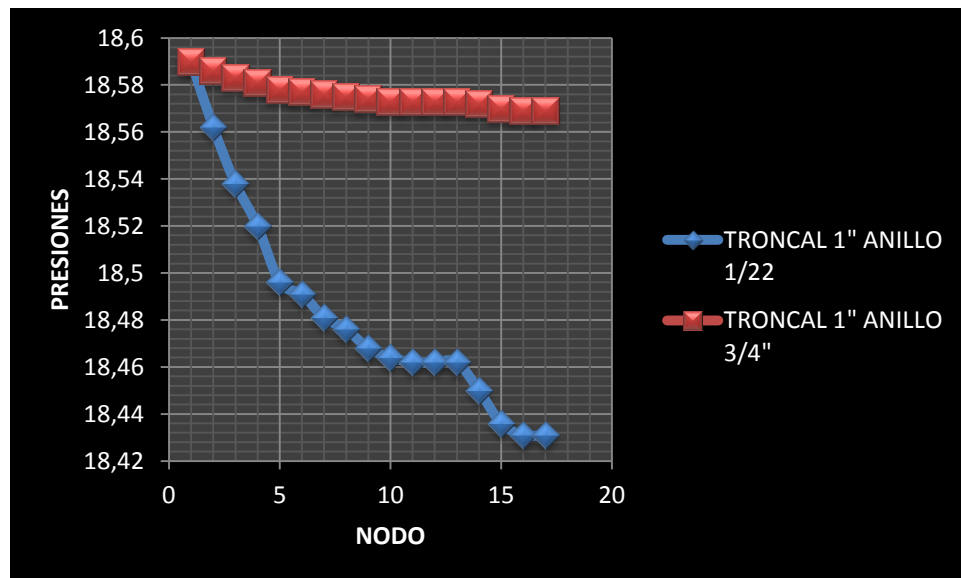
**Gráfica 2: Presiones Vs Nodos (Troncal 2")**



**Diámetro troncal: 1"**

**Variación: Diámetro anillos**

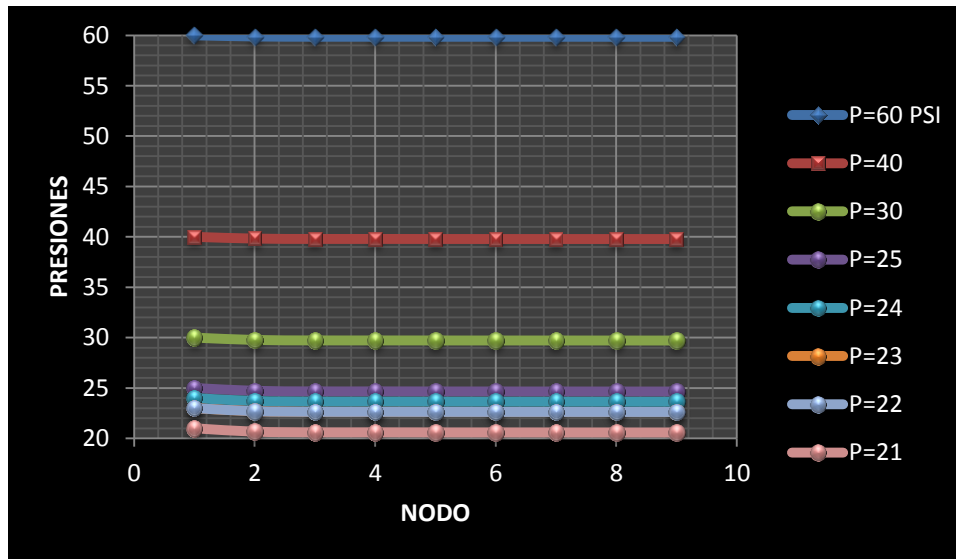
**Gráfica 3: Presiones Vs Nodos (Troncal 1")**



## Variación de Presiones en la Troncal

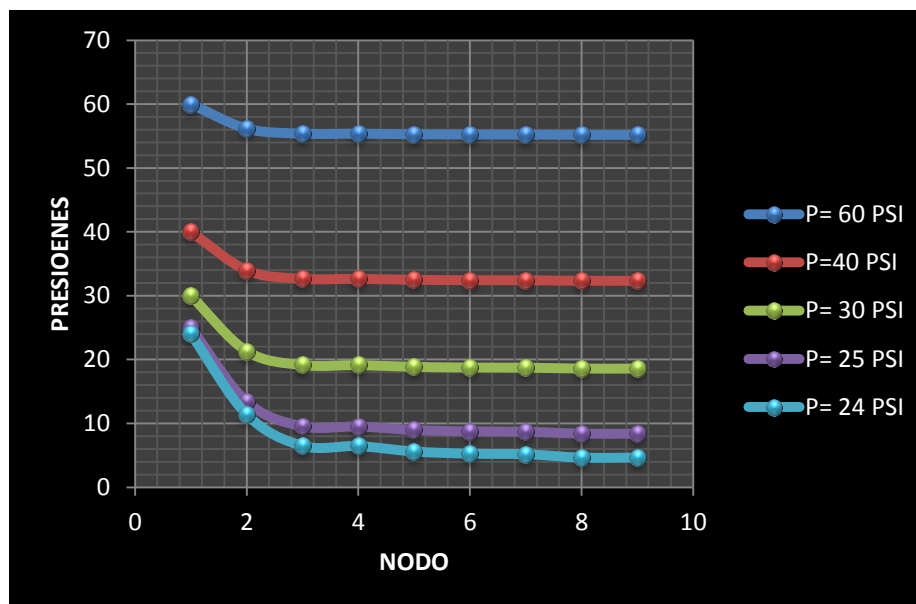
Diámetro Troncal: 2"

Gráfica 4: Variación Presiones Vs Nodos (Troncal 2")



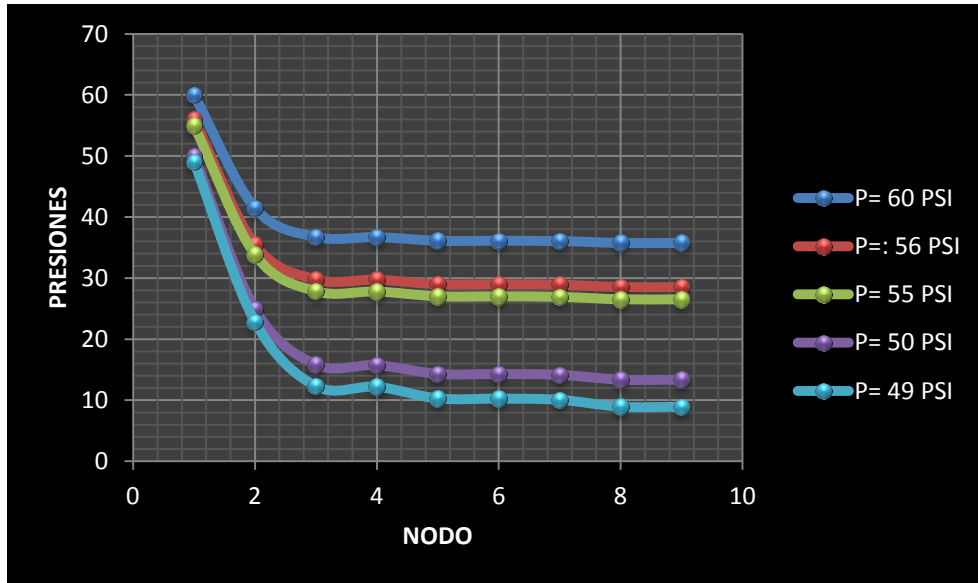
Diámetro Troncal: 1"

Gráfica 5: Variación Presiones Vs Nodos (Troncal 1")



Diámetro Troncal: 3/4"

Gráfica 6: Variación Presiones Vs Nodos (Troncal 3/4")

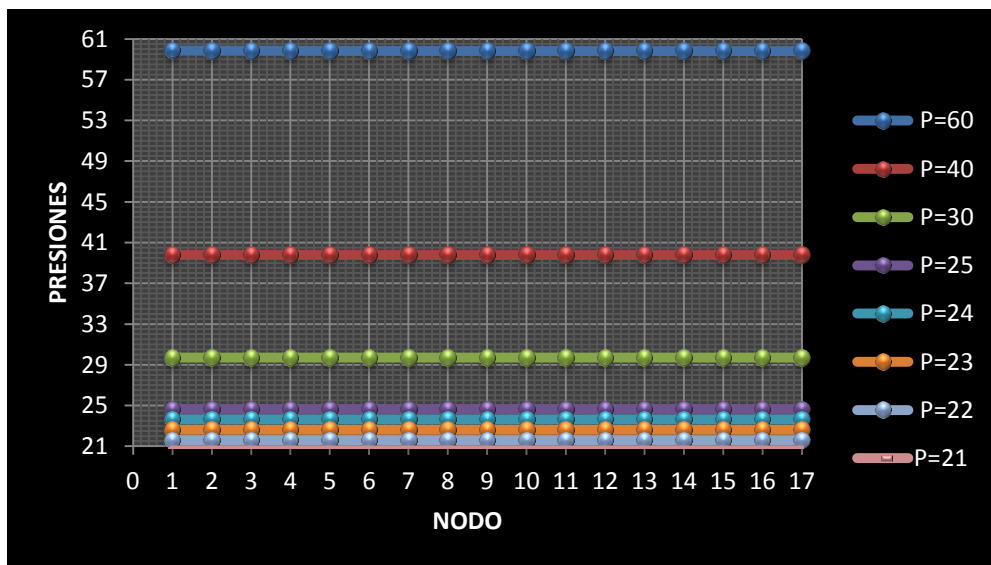


- Variación de Presiones en los anillos, tomando como referencia las presiones del nodo fuente de la troncal

Diámetro troncal: 2"

Diámetro anillo: 1"

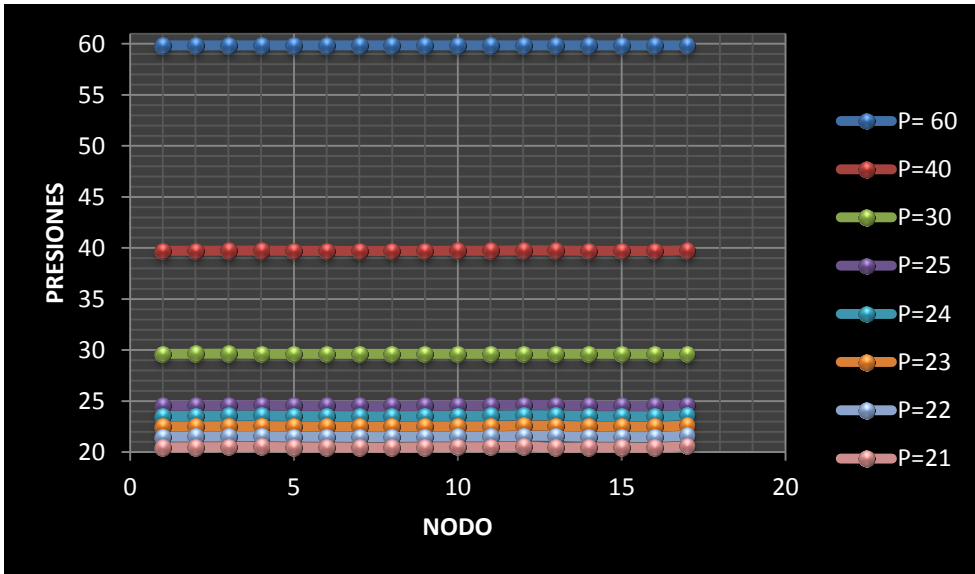
Gráfica 7: Presiones en Anillos Vs Nodos (Tr=2" Ani=1")



**Diámetro troncal: 2"**

**Diámetro anillo: 1/2"**

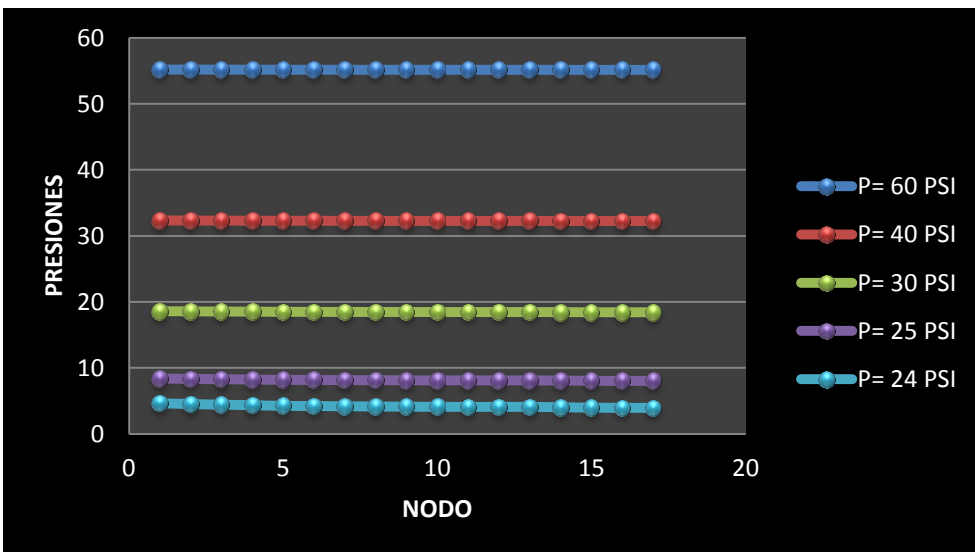
**Gráfica 8: Presiones en Anillos Vs Nodos (Tr=2" Ani=1/2")**



**Diámetro troncal: 1"**

**Diámetro anillo: 1/2"**

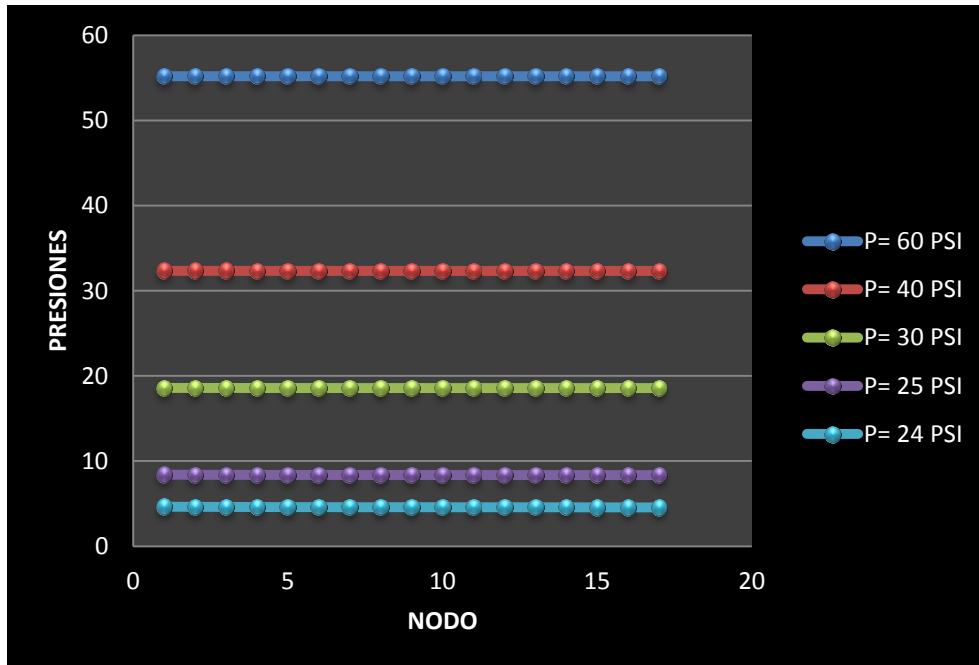
**Gráfica 9: Presiones en Anillos Vs Nodos (Tr=1" Ani=1/2")**



**Diámetro troncal: 1"**

**Diámetro anillo: 3/4"**

**Gráfica 10: Presiones en Anillos Vs Nodos (Tr=1" Ani=3/4")**



Fuente: Autor

### **Análisis de Resultados**

Realizando un análisis de sensibilidad de parámetros, donde se involucran principalmente los diámetros de la troncal, anillos y distribución de presiones que se generan, se puede decir que el diámetro óptimo para la troncal es de 1", pues permite la asignación satisfactoria de la presión en los anillos, y tiene un costo menor que la troncal de 2" que también podría ser una posible opción. El diámetro adecuado para los anillos según el análisis es de 3/4", brindando una excelente distribución de presión y cumpliendo con los requerimientos establecidos para la red de gas.

#### ANEXO D. Tabla factor de demanda

Numero de usuarios	FACTORES DE DEMANDA	
	Estufas	Calentadores de agua
1	1	1
5	0,70	0,50
10	0,57	0,43
25	0,40	0,37
50	0,29	0,34
75	0,24	0,34
100	0,20	0,33
200	0,15	0,32
500	0,14	0,31
>1000	0,14	0,30

Fuente: Centro De Investigación Del Gas. "Redes Domiciliarias Del Gas Natural"

## ANEXO E. Formato encuesta aplicada al Corregimiento de Yarima

**Dirección:** \_\_\_\_\_

1. ¿Cuántas personas viven actualmente en su vivienda, y cuántas cree que puedan vivir con usted en los próximos 20 años en la misma?
2. ¿La vivienda que ocupa actualmente es de su propiedad o en arriendo? Piensa construir vivienda en los próximos 20 años.
3. ¿Tiene, o piensa crear algún tipo de negocio, empresa que implique en este, el uso de gas natural? ¿Cuál?
4. ¿En que material esta construida su vivienda? Bloque\_\_ Ladrillo\_\_ Piedra\_\_ Madera pulida\_\_ Tablón\_\_ Otros ¿Cuál?\_\_.
5. ¿En que material han sido fabricados los pisos de su casa y el andén?  
CASA:\_\_;ANDEN:\_\_
6. ¿Cuál es el estrato actual de su vivienda?\_\_
7. ¿Que tipo de combustible usa usted para cocinar? Gas\_\_ Leña\_\_ Electricidad\_\_ Otro\_\_ ¿Cuál?\_\_\_\_ ¿Cuánto es su consumo diario (Horas)?\_\_\_\_\_.
8. ¿Cual es el promedio de tiempo en el que se usa la estufa al día ?\_\_\_\_\_
9. Su estufa es de: Un quemador\_\_ Dos quemadores\_\_ Tres quemadores\_\_ Cuatro quemadores\_\_ ¿Tiene horno?\_\_
10. Posee algún electrodoméstico, aparato, sistema, que use gas como combustible? ¿Cuál? \_\_\_\_ ¿Cuanto tiempo lo usa al día? \_\_\_\_
11. En la actualidad ¿de que forma se abastece con el servicio de gas? Cilindro de gas\_\_\_\_ Pozo de gas ubicado en el corregimiento \_\_Otros\_\_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_
12. Si se abastece del gas del pozo, ¿hace cuanto tiempo lo usa?
13. ¿Esta interesado en acceder al servicio público de distribución de gas domiciliario para su vivienda? Si\_\_ No\_\_ ¿Por qué?

**ANEXO F. Costos de Administración, Operación y Mantenimiento (AO&M)**

<b>AO&amp;M (3% INVERSION AÑO 1)</b>		
\$	<b>8.175.663</b>	Año 1
\$	<b>8.298.298</b>	Año 2
\$	<b>8.422.772</b>	Año 3
\$	<b>8.549.114</b>	Año 4
\$	<b>8.677.350</b>	Año 5
\$	<b>8.807.511</b>	Año 6
\$	<b>8.939.623</b>	Año 7
\$	<b>9.073.718</b>	Año 8
\$	<b>9.209.823</b>	Año 9
\$	<b>9.347.971</b>	Año 10
\$	<b>9.488.190</b>	Año 11
\$	<b>9.630.513</b>	Año 12
\$	<b>9.774.971</b>	Año 13
\$	<b>9.921.595</b>	Año 14
\$	<b>10.070.419</b>	Año 15
\$	<b>10.221.476</b>	Año 16
\$	<b>10.374.798</b>	Año 17
\$	<b>10.530.420</b>	Año 18
\$	<b>10.688.376</b>	Año 19
\$	<b>10.848.702</b>	Año 20