

EVALUACIÓN TÉCNICO – FINANCIERA DEL DISEÑO PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE GAS NATURAL EN ZONAS VEREDALES  
DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL SANTANDER

DANIEL GARCÍA ARIZA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BOGOTÁ D.C.  
2018

EVALUACIÓN TÉCNICO – FINANCIERA DEL DISEÑO PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE GAS NATURAL EN ZONAS VEREDALES  
DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL SANTANDER

DANIEL GARCÍA ARIZA

Proyecto integral de grado para obtener el título de  
INGENIERO DE PETRÓLEOS

Director:  
LUIS ENRIQUE PRADILLA VARGAS  
Ingeniero de Petróleos

Orientador:  
ADRIANGELA ROMERO SANCHEZ  
Ingeniero de Petróleos

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BOGOTÁ D.C  
2018

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Ingeniero Adriangela Romero S.  
Presidente del jurado**

---

**Ingeniero Leandro Gómez  
Jurado**

---

**Ingeniero Carlos Espinosa  
Jurado**

Bogotá D.C, 06 de Febrero del 2018

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

**Dr. JAIME POSADA DIAZ**

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectora Académica y de Posgrado

**Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS**

Secretario General

**Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA**

Decano Facultad de Ingenierías

**Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI**

Director Programa Ingeniería de Petróleos

**Ing. JOSE HUMBERTO CANTILLO SILVA**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

*Mi trabajo de grado lo dedico a Dios y la Virgen por brindarme la oportunidad de terminar satisfactoriamente mis estudios, a pesar de cada uno de los percances durante este proceso.*

*De igual manera siempre estuve acompañado de mis padres y mi hermano, los cuales demostraron su apoyo incondicional sin importar cuales fueran las consecuencias.*

*A mis amigos y compañeros por compartir sus experiencias y dejar en mi grandes enseñanzas.*

*Gracias.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios y a la virgen por guiar mis pasos, por brindarme la oportunidad y permitirme avanzar en la construcción de mí ser cada día, ser un ejemplo de perseverancia para lograr mis objetivos.

A mi familia, los cuales estuvieron presentes en cada uno de los ciclos del proyecto haciendo aportes que permitían dar un parte de tranquilidad, siempre con la esperanza de dar por terminado este logro.

A los miembros de la empresa GASOIL S.A.S E.S.P, los cuales permitieron que el proyecto tuviera un desenlace extraordinario y transparente, brindando todas las ayudas técnicas y personales.

Un reconocimiento a cada uno de los profesores que estuvieron compartiendo su conocimiento.

## CONTENIDO

	<b>pág</b>
INTRODUCCIÓN	20
OBJETIVOS	23
1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL SANTANDER	24
1.1 PANORAMA DE LA DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURA EN COLOMBIA ANTECEDENTES E HISTORIA	24
1.2 PLAN NACIONAL DE MASIFICACIÓN DE GAS NATURAL	26
1.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA (SECTOR DISTRIBUCIÓN)	27
1.4 SITUACIÓN ACTUAL Y EVOLUCIÓN	27
1.5 ENERGÉTICOS PRESENTES	28
1.5.1 Alternativas de Suministro de Gas Combustible	28
1.6 COSTOS DEL SERVICIO DE GAS DOMICILIARIO	29
1.7 ESTUDIO PUENTE NACIONAL SANTANDER	31
1.8 LOCALIZACIÓN	32
1.9 GEOLOGÍA PUENTE NACIONAL	34
2. MARCO TEORICO	36
2.1 ¿CÓMO SE ENCUENTRA EL GAS NATURAL?	36
2.2 CADENA PRODUCTIVA DEL GAS NATURAL	36
2.2.1 Generalidades	36
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL	36
2.3.1 Composición y propiedades	36
2.3.2 Características Generales	38
2.4 IMPLEMENTACIÓN GAS NATURAL DOMICILIARIO	40
2.4.1 Distribución del gas natural	40
2.5 PROCESAMIENTO DEL GAS NATURAL	41
2.6 USOS DEL GAS NATURAL	42
3. NORMATIVIDAD	44
3.1 MARCO REGULATORIO Y NORMATIVO	44
4. ESTUDIO TECNICO	46
4.1 RED DE DISTRIBUCIÓN	46



4.1.1 Estación City Gate	46
4.1.2 Troncal	47
4.1.3 Mallas	47
4.1.4 Anillos	47
4.2 ACOMETIDAS DOMICILIARIA	47
4.2.1 Instalación Interna	48
4.3 TUBERÍA PARA INSTALACIÓN	49
4.3.1 Tuberías	49
4.4 VÁLVULAS	50
4.5 REGULADORES	51
4.6 MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	52
4.7 ACCESORIOS	53
4.8 PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO	54
4.8.1 Características del gas a utilizar en el Municipio Puente Nacional	54
4.9 RECOPIACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE	55
4.10 CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO	56
4.11 PRESIÓN MÁXIMA Y MÍNIMA DE LA RED	57
4.12 FACTOR DE DEMANDA	57
4.13 APLICACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	57
4.14 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	58
4.15 TIPO GAS SUMINISTRADO	58
4.16 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	58
4.17 PREVISIONES TÉCNICAS PARA SATISFACER NECESIDADES FUTURAS	59
4.18 TRAZADO DE LA TRONCAL Y MALLAS	59
5. SIMULACIÓN SOFTWARE SIG	61
5.1 CÁLCULO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	61
5.1.1 Funcionamiento del Software	61
5.1.2 Gravedad específica del gas	61
5.1.3 Temperatura base	61
5.1.4 Presión base	61
5.1.5 Eficiencia de flujo	61
5.1.6 Velocidad del Gas	62

5.2	DISEÑO DE REDES ARTERIAS	64
5.3	REQUISITOS GENERALES	64
5.4	DEMANDA MÁXIMA HORARIA	65
5.5	TRAZADO	65
5.6	DIMENSIONAMIENTO	65
5.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS	65
5.8	SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE	66
5.8.1	Bases de Cálculo	66
5.8.2	Presión Mínima	66
5.8.3	Presión Máxima	66
5.8.4	Temperatura de Flujo	66
5.8.5	Gravedad Específica del Gas	66
5.8.6	Eficiencia de Flujo	67
5.8.7	Factor de Demanda	67
5.9	RESULTADOS DEL SOFTWARE	72
6.	ESTUDIO FINANCIERO	77
6.1	ANALISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN (CAPEX)	78
6.2	ANALISIS DE COSTOS DE OPERACIÓN	80
6.2.1	Compra y transporte de gas	81
6.4	EVALUACION FINANCIERA	86
6.5	VALOR PRESENTE NETO (VPN)	86
7.	CONCLUSIONES	89
8.	RECOMENDACIONES	90
	BIBLIOGRAFÍA	91
	ANEXOS	94

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág</b>
<b>Tabla 1.</b> Precio promedio de venta Cilindro de GLP - 40 libras.	30
<b>Tabla 2.</b> Contenido Teórico y Neto Cilindros de Propano.	31
<b>Tabla 3.</b> Composición Típica Gas Natural Campos	36
<b>Tabla 4.</b> Poder Calorífico promedio	37
<b>Tabla 5.</b> Propiedades del gas natural	37
<b>Tabla 6.</b> Especificaciones de calidad del gas natural	39
<b>Tabla 7.</b> Normas Regulatorias, Ambientales y Técnicas	45
<b>Tabla 8.</b> Especificaciones técnicas de la tubería de polietileno	49
<b>Tabla 9.</b> Especificaciones técnicas de los medidores de diafragma.	52
<b>Tabla 10.</b> Presiones de operación	57
<b>Tabla 11.</b> Consumo promedio Gasodomésticos.	64
<b>Tabla 12.</b> Factor de Demanda o Similitud.	67
<b>Tabla 13.</b> Caudal por nodo para la Red Troncal Sector Expansión	68
<b>Tabla 14.</b> Longitud y Diámetro de tubería troncal por tramos.	69
<b>Tabla 15.</b> Nodos críticos	70
<b>Tabla 16.</b> Caudal y Presión de la Red Troncal por sección de tubería.	73
<b>Tabla 17.</b> Caudal y Presión de la Red Troncal y anillos por sección de tubería	74
<b>Tabla 18.</b> Velocidades del Gas	76
<b>Tabla 19.</b> Cantidad Tendido Tubería de Polietileno por Diámetro Y Obra Civil	76
<b>Tabla 20.</b> Costo Totales del Proyecto	79
<b>Tabla 21.</b> Costo de inversión inicial (cifras en COP).	80
<b>Tabla 22.</b> Costos resumidos asociados a talento humano (cifras en COP)	81
<b>Tabla 23.</b> Costos resumidos asociados a impuestos, contribuciones y tasas	81
<b>Tabla 24.</b> Costo de compra y transporte de gas en periodos cuatrienales	81
<b>Tabla 25.</b> Costos de operación (cifras en COP)	82
<b>Tabla 26.</b> Proyección de viviendas Zona Rural Municipio	82
<b>Tabla 27.</b> Valor venta estimado del gas en el municipio	83
<b>Tabla 28.</b> Proyección precio cargo fijo y variable (cifras en COP)	84
<b>Tabla 29.</b> Consumo gas natural	84
<b>Tabla 30.</b> Ingresos por cargos aplicados a facturación en periodo cuatrienal	85
<b>Tabla 31.</b> Ingresos por derecho de conexión	85
<b>Tabla 32.</b> Ingresos red interna con financiación de hasta 60 meses	85
<b>Tabla 33.</b> Ingresos por periodo cuatrienal (cifras COP)	85

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág</b>
<b>Figura 1.</b> Localización Municipio Puente Nacional Santander	33
<b>Figura 2.</b> Características de suelo Puente Nacional Santander	35
<b>Figura 3.</b> Diagrama Ciclo del gas Natural	40
<b>Figura 4.</b> Distribución Gas Natural	41
<b>Figura 5.</b> Procesamiento GLP	42
<b>Figura 6.</b> Estación de Regulación – City Gate	46
<b>Figura 7.</b> Troncal y anillos	47
<b>Figura 8.</b> Acometida Domiciliaria	48
<b>Figura 9.</b> Conexión de La red interna, (vista planta).	48
<b>Figura 10.</b> Válvula de bola	50
<b>Figura 11.</b> Regulador Convencional	51
<b>Figura 12.</b> Medidor	52
<b>Figura 13.</b> Conjunto Centro de Medición Residencial	53
<b>Figura 14.</b> Campo petrolero Cusiana (Colombia)	54
<b>Figura 15.</b> Mapa Puente Nacional y veredas aledañas	56
<b>Figura 16.</b> Esquema de Suministro gas natural	60
<b>Figura 17.</b> Propiedades del Gas Natural y Parámetros de Entrada SIG	63
<b>Figura 18.</b> Simulación Red Troncal	71
<b>Figura 19.</b> Simulación Red Troncal y Anillos municipio de Puente Nacional.	71
<b>Figura 20.</b> Plano de Puente Nacional – Sector Rural	77

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág</b>
<b>Anexo A.</b> Mapas red de Gas	<b>95</b>
<b>Anexo B.</b> Evaluación del impacto ambiental	<b>96</b>
<b>Anexo C.</b> Acometida	<b>110</b>
<b>Anexo D.</b> Especificaciones de tubería	<b>111</b>
<b>Anexo E.</b> Fotografías del municipio y zonas veredales	<b>116</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>Bar</b>	Unidad de presión igual a una atmosfera
<b>BTU</b>	British Thermal Unit
<b>CREG</b>	Comisión Reguladora de Energía y Gas
<b>FD</b>	Factor de demanda
<b>ft3/d</b>	Pies cúbicos por día, estándar (PCED)
<b>GLP</b>	Gas Licuado del Petróleo
<b>J</b>	Julio
<b>Lpca</b>	Libra por pulgada cuadrada, absoluta (psia)
<b>mbar</b>	milibar
<b>Nv</b>	Número de viviendas
<b>Pa</b>	Pascal
<b>"</b>	Pulgadas
<b>RUT</b>	Registro Único de Transporte
<b>SIG</b>	Sistema Integrado de Gas
<b>sm3</b>	Metros cúbicos, estándar
<b>TIO</b>	Tasa Interna de Oportunidad
<b>VPN</b>	Valor Presente Neto

## GLOSARIO

**API:** sigla de American Petroleum Institute, que es una asociación estadounidense de la industria petrolera, que patrocina una división de la producción petrolera en la ciudad de Dallas, Texas.

El instituto fue fundado en 1920 y se constituyó en la organización de mayor autoridad normativa de los equipos de perforación y de producción petrolera. Publica códigos que se aplican en distintas áreas petroleras y elabora indicadores, como el peso específico de los crudos que se denomina "grados API".

**ACOMETIDA:** derivación en tubería de polietileno desde el anillo de distribución hasta el medidor de gas.

**ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN:** conjunto de tuberías y accesorios de polietileno de diámetro menor a 2" que se derivan de las redes troncales formando mallas o anillos cerrados.

**CAMPO PETROLERO:** zona extensa con abundancia de pozos (perforación del suelo) de los cuales se extrae hidrocarburo (petróleo) del subsuelo.

**COMERCIALIZACIÓN:** es la actividad que permite al productor hacer llegar un bien o servicio al consumidor con los beneficios de tiempo y lugar.

**CONDICIONES NORMALES DEL GAS:** volumen y otras propiedades físicas del gas seco medido a presión ambiente y a 15° C de temperatura.

**DEMANDA:** cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica o un precio determinado.

**DEPURACIÓN:** operación que consiste en eliminar las impurezas de los gases combustibles.

**EMPRESA SUMINISTRADORA:** es la empresa titular de una concesión de servicio público que realiza la entrega de fluido a los usuarios mediante una red de distribución.

**EMPRESA INSTALADORA:** es la empresa legalmente establecida y acreditada que tiene como objeto el montaje, reparación, mantenimiento y revisión de las instalaciones de gas.

**ENRIQUECIMIENTO DEL GAS:** operación dirigida a elevar el poder calórico de un gas por eliminación de elementos inertes o a través de la incorporación de un gas con más alto poder calórico.

**ESTACIÓN DE REGULACIÓN PRINCIPAL, CITY GATE:** conjunto de equipos localizado a las afueras de la ciudad, donde se reduce la presión, se filtra, mide y odoriza el gas.

**GAS ÁCIDO O AGRIO:** gas que tiene un alto contenido de H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>.

**GASODOMESTICOS:** son aquellos aparatos que emplean gas como elemento combustible; pueden tener muy diferentes aplicaciones: cocinas, calentadores, estufas, hornos, etc.

**GASODUCTO:** dirección de redes (tuberías) las cuales se usan para trasladar fluidos combustibles a gran escala.

**GAS LICUADO:** conocido también como gas licuado de petróleo es una composición de hidrocarburos de petróleo a temperatura y presión ambientales reglamentarias son gaseosos, esta mezcla puede ser licuada con una presión moderada para ser transportada de una manera segura y fácil.

**GAS NATURAL:** mezcla incolora e inodora de hidrocarburos parafínicos de cadena recta totalmente saturados, compuesto en un 90% por metano, que en condiciones normales se encuentra en estado gaseoso.

**INSTALACIÓN INTERNA:** sistema de tubería que recibe el gas natural de la acometida y lo distribuye a los artefactos domésticos.

**LICUACIÓN:** operación que consiste en transformar el gas natural en la zona del yacimiento a su faz líquida con el propósito de transportarlo.

**LÍQUIDOS DE GAS NATURAL:** partes de gas natural recuperadas en estado líquido en los separadores e instalaciones de tratamiento de los gases. Entre los líquidos de gas natural se incluyen el etano, el propano, los butanos, los pentanos, la gasolina natural y los condensados. Además pueden contener, en pequeñas cantidades, productos distintos a los hidrocarburos.

**MALLA:** todo recorrido cerrado formado por un conjunto de tramos en la red.

**MERCAPTANO:** sustancia utilizada como aromatizante en el gas natural (metano) la cual proporciona un olor fuerte característico la función específica es revelar las fugas de este y para poder prevenir accidentes.

**METRO CÚBICO:** medida de volumen del petróleo y del gas que se utiliza en la Argentina.

En otros países se utilizan el barril o la tonelada. El metro cúbico de petróleo contiene 6,29 barriles.



**NODO:** punto donde se conecta dos o más tuberías de una red o el punto donde ocurre un flujo externo.

**ODORIZANTE:** medida de seguridad que se utiliza antes de la distribución del gas la cual debe estar sujeta a la norma su objetivo es agregar olor el cual sea percibido para detectar fugas que produzcan explosiones.

**OFERTA:** cantidad de bienes o servicios que un cierto número de oferentes o productores están dispuestos a poner a disposición del mercado a un precio determinado.

**PODER CALÓRICO:** cantidad de calor desprendido por la combustión completa de un metro cúbico de gas.

**POLIETILENO:** es un polímero de plástico amigable con el medio ambiente, es fuerte ligero y resistente a los solventes.

**PRECIO:** es la cantidad monetaria a que los productores están dispuestos a vender, y los consumidores a comprar, un bien o un servicio, cuando la oferta y la demanda están en equilibrio.

**PRESIÓN DEL GAS:** según el nivel de presión natural el gas se clasifica de baja, mediana y alta presión.

**RED DE DISTRIBUCIÓN DE GAS:** red de cañerías que tiene por objeto la distribución local de un gas combustible.

**RED DE GASODUCTOS:** sistema integrado de gasoductos de un país, región o provincia.

**RED TRONCAL:** conjunto de tubería y accesorios de polietileno que conducen el gas desde las estaciones de regulación hasta los anillos de distribución.

**REPTACIÓN:** movimiento de la tierra que se puede deber al proceso inestable de la humedad de este.

**TRAMO:** sección de tuberías que une dos nodos.

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

**VENTEO DEL GAS:** consiste en el no aprovechamiento del gas surgente de un pozo de producción de petróleo, que se quema (tipo antorcha) por motivos de seguridad.

Este procedimiento puede deberse a diversas causas:

- a) Por no existir instalaciones de gasoductos
- b) Por tratarse de pozos aliados
- c) Por tratarse de un gas con contenido de sustancias inertes nocivas al consumo (CO<sub>2</sub> y SH<sub>2</sub>).
- d) Despilfarro del gas natural por el intento del aprovechamiento exclusivo del petróleo.
- e) Producción no comercial de gas desde los pozos.

**ZONA URBANA:** es una zona constituida por el área destinada a uso urbano por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), dotada con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitando su urbanización y edificación. En la ciudad de Tunja, el perímetro urbano está básicamente determinado por el denominado perímetro de servicios públicos o sanitarios, establecido por la empresa de acueducto y alcantarillado de la ciudad.

## RESUMEN

La evaluación del proyecto a ejecutar se inicia en el Municipio de Puente Nacional Santander, con la clarificación de objetivos que permitan el cumplimiento la ejecución del plan propuesto, por lo que se determinó como importante realizar un análisis del panorama de gas natural en Colombia de la empresa que brindaría el servicio Gasoil, así como del oleoducto del cual se extraerá el recurso que en este caso sería de uno de los yacimientos más importantes de Colombia Cusiana ubicado en el departamento de Casanare, ya que de acuerdo a su producción es el más apto, de igual manera se hizo un estudio topográfico de la zona identificando factores de posibles riesgo, es así como se realiza un estudio de la normativa legal sobre los requerimientos en cuanto a materiales y cuidado.

Así mismo se describieron las características más importantes del gas natural en conjunto con los parámetros más importantes que exige la CREG, que es el ente encargado de la regulación que monitorea lo respectivo a actividades de transporte bajo normas específicas que no pueden ser modificadas.

Fue de gran importancia la utilización del software SIG (Sistema de Gas Integrado), el cual permite simular y evaluar de manera conveniente los parámetros de diseño.

El proyecto se enfocará en calidad y seguridad por lo que se realizó pruebas en software evidenciando buenos resultados.

**Palabras Clave:** Red Gas natural, Puente Nacional, Uso Gas Natural Departamento Santander.

## INTRODUCCIÓN

Se inicia el proceso investigativo en miras de ayudar a la proyección por medio del desarrollo en Colombia se ha implementado el uso del el gas natural domiciliario el cual empieza a llegar a 28 municipios desde 2010 convirtiéndose así en uno de los más importantes caminos de desarrollo amigable con el medio por ser un recurso limpio gracias a que su combustión produce menos desechos, brindado ayuda a las familias de los centros urbanos y rurales, en este caso se ha desarrollado el proyecto teniendo como eje central el municipio de Puente Nacional Santander a partir de los estándares de calidad y pertinencia que le atañen para su ejecución, todo bajo el marco legal y técnico que rige dichos aspiraciones.

El propósito investigativo inicia con el planteamiento del problema el cual se basa en el mejoramiento de la calidad humana de las zonas veredales a través del suministro del Gas natural, el cual está hincado en el desarrollo y protección del medio ambiente ya que con la ejecución del proyecto se protegerá los arboles ya que no habría tala de árboles para obtener leña para cocinar, evidenciando así en primer lugar la protección del sector por medio del cumplimiento de las normas, todo esto se realiza con el estudio del sector, un planteamiento de objetivos que enmarcan el inicio, además se tiene en cuenta la justificación que devela la importancia del propósito, enmarcado en determinar límites para fortalecer cada uno de los elementos y recursos de los cuales se disponen, de igual manera también se da cuenta de la metodología que se emplea.

Con el fin de demostrar la responsabilidad y el compromiso en el desarrollo del proyecto mencionado anteriormente de la implementación de una red de gas natural es conveniente conocer los mecanismos para alcanzar el propósito es así como se realiza un reconocimiento de los inicios del gas como ha sido significativo para el país, del mismo modo se realiza un pequeño estudio del sector donde diseñara la red analizando las zonas el suelo y las posibles fallas, de acuerdo a esto se hace un estudio detallado del hidrocarburo (Gas) demostrando la calidad del producto y su importancia todo enfocado en la norma que genere y brinde seguridad.

El gas natural es hoy en día una fuente de energía que circula bajo el suelo de la mayor parte de las ciudades del mundo civilizado; aporta comodidad doméstica y provee a la industria de la energía que necesita. Paradójicamente, el gas natural que ahora llamamos "la energía del futuro" es conocido por la humanidad hace miles de años.

La utilización del gas natural en Colombia se remonta al descubrimiento de los campos de Santander. Con excepción de los campos de gas libre, el gas asociado fue considerado en el país como un subproducto de la explotación del crudo, y era quemado en las teas (un tipo de antorcha) de los campos petroleros. Desde 1961, la conciencia sobre el valor del gas se empieza a plasmar en la legislación, y es por

primera vez a través de la Ley 10 de 1961, que se prohíbe de forma explícita su quema, posteriormente se ratifica mediante el decreto 1873 de 1973.

En 1973 se inicia la construcción en la Costa Atlántica del primer gasoducto para atender las necesidades del sector industrial para esa zona del país, extendiéndose a todos sus departamentos. Con el objeto de sustituir energéticos de alto costo, en 1986 se estableció el primer plan nacional de uso general del gas natural, llamado "Programa de gas para el cambio"<sup>1</sup>. El bajo volumen de reservas de esa época y la coyuntura en que se desenvolvían los energéticos, los cuales estaban subsidiados, limitaron el desarrollo de este plan.

Con las políticas establecidas, la masificación del uso del gas se hace una realidad que permitirá modificar el patrón de consumo de todos los sectores y establecer una oferta adecuada de energía. Es así como por motivos de interés social y con el fin de que la cobertura de los servicios públicos se pueda extender a personas de menores ingresos, de conformidad con la Ley 142 de 1994.

Se han identificado en el sector rural, serias carencias en materia de servicios básicos como son los de gas combustible, donde aproximadamente un 98% usuarios carecen de este servicio, y donde existen soluciones rudimentarias y tradicionales en las viviendas como el uso indebido de la leña que genera afectación de los relictos boscosos y por ende del medio ambiente en la zona de influencia, así como afectación a los usuarios que usan este tipo de combustible dada su tendencia comprobada a causar daños en las vías respiratorias por el humo u hollín que genera la combustión del mismo, así como los altos índices de CO<sub>2</sub>. Estas situaciones generan un ambiente poco sano para la población ya que se presentan enfermedades y estas afectan directamente a la población más vulnerable como niños y adultos mayores. De esta manera la masificación del gas se ha tornado una verdadera necesidad, que aun cuando se encuentra excluido de la competencia directa de los municipios y la prestación de empresas, constituye en todo caso una necesidad de la población, que incide directamente con la calidad de vida de los habitantes del sector rural, población frente a la cual se presentan mayores barreras de acceso a los servicios. Ahora bien, el Municipio de PUENTE NACIONAL ha venido realizando una importante gestión para llevar a cabo la masificación de gas en la zona rural, pues es necesario contar no sólo con el gas como combustible para suplir necesidades de la población, en tanto que es un combustible que genera grandes ventajas de rendimiento y valor, sino que también es amigable con el medio ambiente, lo cual significa para el Municipio un avance en cuanto a la supresión de prácticas que atentan contra el medio ambiente.

El Municipio de Puente Nacional tiene una importante población rural, que ha venido

---

<sup>1</sup> APUNTES SOBRE ENERGIA Y RECURSOS ELECTRICOS. 2000. [en línea]. Colombia: Universidad Autónoma de Bucaramanga. Disponible en internet: [https://books.google.com.co/books?id=HHZYm0mp3ZcC&pg=PA52&lpg=PA52&dq=%22Programa+de+gas+para+el+cambio%22&source=bl&ots=q0YrOkA7AL&sig=HLZ4TyvhDJDX1XNGOWE-v\\_rcZK0&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwid\\_p-E\\_OPWAhUHZCYKHyrkBL0Q6AEIRzAG#v=onepage&q=%22Programa%20de%20gas%20para%20el%20cambio%22&f=false](https://books.google.com.co/books?id=HHZYm0mp3ZcC&pg=PA52&lpg=PA52&dq=%22Programa+de+gas+para+el+cambio%22&source=bl&ots=q0YrOkA7AL&sig=HLZ4TyvhDJDX1XNGOWE-v_rcZK0&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwid_p-E_OPWAhUHZCYKHyrkBL0Q6AEIRzAG#v=onepage&q=%22Programa%20de%20gas%20para%20el%20cambio%22&f=false)

presentando a la Administración municipal, quejas escritas, solicitudes y derechos de petición, así como pronunciamientos en medios de comunicación, referente al tema de deficiencias específicas en la cobertura del servicio público de gas natural en el sector rural del Municipio de Puente Nacional, de esta manera, se afectan ostensiblemente las condiciones de vida de la población.

A tener en cuenta:

1. Que en el Municipio de Puente Nacional, la población de la Cabecera Municipal cuenta con el servicio de gas natural domiciliario operado por Promesa S.A. E.S.P.
2. Que la población rural estratificada bajo estrato 1 y 2 no cuentan con el servicio público de gas pues son personas pobres y vulnerables, que en su mayoría deben recurrir a combustibles derivados de la leña para uso doméstico.
3. Que el proyecto de masificación de gas natural beneficia social y económicamente a la población, fomenta el desarrollo integral y sostenible de la comunidad, además de mejorar la cobertura y calidad de los servicios públicos y por ende las condiciones de vida. El gas natural es el energético de menor costo en la región (genera ahorros), es amigable con el ambiente (reduce la contaminación ambiental) y contrarresta la tala de bosques al sustituir el uso de leña por gas natural.

Es el interés del Municipio de Puente Nacional (Santander), masificar el servicio de gas domiciliario en el sector rural del municipio, llevando el servicio al mayor número de familias, teniendo en cuenta que existe una amplia mayoría que pertenece a los estratos 1 y 2, que pueden además acceder a los beneficios económicos derivados de la aplicabilidad de Costos Hundidos sobre el valor de la tarifa, derivados de los aportes ejecutados por parte del Estado.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar técnica y financieramente el diseño para la implementación de una red de Gas Natural en zonas veredales del Municipio de Puente Nacional Santander.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir las generalidades del Municipio de Puente Nacional Santander.
2. Describir las características del gas como fuente necesaria para la generación de energía.
3. Describir el marco normativo y legal para el desarrollo de actividades de distribución de Gas en Colombia.
4. Diseñar la red de distribución de gas natural, estableciendo los requisitos necesarios para el diseño y construcción de instalaciones para suministro de gas.
5. Evaluar por medio del software de simulación SIG (Sistema Integrado de Gas) las características de diseño para redes de distribución de Gas Natural.
6. Evaluar la viabilidad del proyecto para la implementación de la red de Gas mediante el indicador valor presente neto (VPN).

## **1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL SANTANDER**

En el presente capítulo se describe las características más importantes del municipio de Puente Nacional Santander referente a su entorno histórico en el desarrollo y evolución frente a la masificación de gas natural en el sector, además de su ubicación geográfica.

La Administración Municipal de Puente Nacional y Gasoil S.A. E.S.P., ha querido desarrollar el presente proyecto para contribuir al mejoramiento en la calidad de vida de la comunidad perteneciente al sector rural, a la vez que se colabora con el Plan de Masificación del Gas adelantado por el Gobierno Nacional. El proyecto consiste en "MASIFICACION DE GAS NATURAL PARA EL SECTOR RURAL DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL SANTANDER", y se desarrollará en su totalidad utilizando gas natural como combustible domiciliario en razón a la actual disponibilidad de gas natural en el municipio, el cual cuenta con la infraestructura de transporte, con una Estación de Regulación o City Gate que se deriva del Sistema Nacional de Transporte, y que se conectará a la Red de Distribución para el casco urbano del municipio que opera actualmente Gasoil S.A. E.S.P.

### **1.1 PANORAMA DE LA DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL EN COLOMBIA ANTECEDENTES E HISTORIA**

La prestación del gas natural en Colombia inició en los años 70 y se promovió en 1977 con la primera conexión otorgada por el Ministerio de Minas y Energía a la firma de gases del caribe S.A. para la distribución de gas natural en el Departamento del Atlántico (Barranquilla).

Durante los años 90 el Gobierno Nacional por medio de consejo nacional de política económica y social CONPES, definió los documentos para el Plan de Gas y el Programa para la Masificación del Consumo de Gas, las gestiones requeridas para comenzar una matriz de consumo con objetivo de llevar gas natural a través de la interconexión de los campos de producción de gas natural de la Costa Atlántica (Ballena) y el interior del país (Cusiana- Cupiagua) por medio de la construcción de una infraestructura de transporte y distribución de gas natural.

El desarrollo del programa de masificación del gas y su penetración como componente de la canasta energética depende de dos grandes frentes de trabajo que deben acometerse en forma simultánea. Por un lado el desarrollo de la infraestructura básica mediante la construcción de los gasoductos troncales y en segundo lugar el desarrollo de mercados mediante las redes domiciliarias.

La red de gasoductos ha permitido la interconexión de los principales campos productores de gas con los mayores centros de consumo. La red troncal une los campos de La Guajira con los de Santander, Huila y los del Piedemonte Llanero en



Casanare. La construcción del sistema troncal de transporte ha sido financiada en parte por el Estado a través de Ecopetrol y en parte por el sector privado mediante mecanismos como el BOMT (Build, Operate, Manage and Transfer), BOT (Build, Operate, and Transfer) y Contratos de Concesión.

Con el objeto de sustituir energéticos de alto costo, principalmente en el sector residencial, en el año de 1986 se estableció el primer plan nacional de uso general del gas natural, llamado "Programa de Gas para el Cambio". El bajo volumen de reservas de esa época y la coyuntura en que se desenvolvían los energéticos, los cuales estaban subsidiados, limitaron el desarrollo de este Plan. En el año de 1990 surge una vez más la necesidad de crear la cultura del gas. Con el documento oficial "Lineamientos del Cambio", se da pie para que se adelanten una serie de estudios, los cuales confirman los beneficios económicos que se derivarían para el país a partir de la utilización de este elemento.

En Diciembre 18 de 1991, a través del Documento DNP-2571, el CONPES aprobó el programa para la masificación del consumo de gas, elaborado con base en el estudio adelantado en cooperación con la Comunidad Económica Europea, en el cual se identificaron los principales proyectos del Plan de Masificación de Gas.

En 1993, se expide el Decreto 408 del 3 de marzo, con el cual el CONPES aprobó las estrategias para el desarrollo del Plan de Gas, en el que se contemplaba la conformación de un sistema de transporte de Gas Natural, donde Ecopetrol ejercería, directamente o por contrato, la construcción de los gasoductos, utilizando esquemas de BOMT o similares, para conectar los campos de producción con los centros de consumo del país.

Mediante la Ley 142 de 1994, se establece el marco normativo y tarifario, en el cual se determina que el sistema de transporte de gas es independiente de los productores, comercializadores y distribuidores. De acuerdo con lo anterior, Ecopetrol debía desaparecer como transportador de Gas Natural, dado su papel de productor/comercializador, y en consecuencia debía crearse una nueva empresa que asumiera esas funciones. Además se definió el marco legal para la prestación de los servicios públicos domiciliarios que da a conocer que el Gas es un servicio público, también se crea la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG delegada de desarrollar el marco regulatorio y normativo para las actividades asociadas al transporte, distribución y comercialización del gas natural.

Con ese objetivo, durante el año 1995 la FEN (Financiera Energética Nacional) realizó varios ejercicios de proyecciones financieras, con el apoyo del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el Departamento Nacional de Planeación y ECOPETROL, con el fin de determinar la viabilidad financiera de una nueva empresa.

Luego de prolongados debates, el 20 de agosto de 1997, mediante la Ley 401, se creó la Empresa Colombiana de Gas, ecogás, como una entidad descentralizada del orden nacional, con carácter de empresa industrial y comercial del Estado, vinculada al Ministerio de Minas y Energía y sujeta a la regulación, vigilancia y control de las autoridades competentes tales como la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), (UPME) y la Superintendencia de Servicios Públicos (SSP).

El plan energético Nacional (PEN) en su tercer versión, con prospectiva para el período 2003 – 2020, ha sido denominado por la UPME, como “Estrategia Energética Integral” como quiera que varios de sus lineamientos de política buscan el desarrollo de todos los energéticos de que dispone el país, para una mejor conformación de la estructura de utilización de las fuentes de energía.

La ampliación de la oferta de energéticos a todas las regiones y sectores del país constituye una de las preocupaciones permanentes de la política energética y de los diferentes planes de gobierno. En los casos de las zonas aisladas se requiere una mayor injerencia del Estado en el diseño de mecanismos e incentivos para lograr la sostenibilidad técnica, financiera, económica e institucional de las soluciones energéticas que se propongan, las cuales deben ser concebidas en el contexto de los planes de desarrollo local o regional, donde las diferentes inversiones sean analizadas a la luz de las necesidades y preferencias de la población.

El incremento del abastecimiento de gas en zonas aisladas corresponde a actividades difícilmente rentables al menos en sus etapas iniciales. Esto, más los débiles niveles y posibilidades de desarrollo de dichas zonas hacen indispensable la consideración e implementación de esquemas diferentes a los que tradicionalmente se manejan.

## **1.2 PLAN NACIONAL DE MASIFICACIÓN DE GAS NATURAL**

Para la planificación del subsector gas natural en el marco del análisis planificación energética integrada, se requiere del estudio simultáneo de una gran cantidad de factores presentes en el desarrollo de dicha industria, los cuales podrían dar una idea de la diversidad de circunstancias que permitan una evolución exitosa del sector gas. El mercado nacional de gas natural estuvo limitado por restricciones de oferta y por la falta de una infraestructura adecuada de producción y transporte de éste energético.

El desarrollo del programa de masificación del gas y su penetración como componente de la canasta energética depende de dos grandes frentes de trabajo que deben acometerse en forma simultánea. Por un lado el desarrollo de la infraestructura básica mediante la construcción de los gasoductos troncales y en segundo lugar el desarrollo de mercados mediante las redes domiciliarias.

La red de gasoductos ha permitido la interconexión de los principales campos productores de gas con los mayores centros de consumo. La red troncal une los campos de La Guajira con los de Santander, Huila y los del Piedemonte Llanero en Casanare. La construcción del sistema troncal de transporte ha sido financiada en parte por el Estado a través de Ecopetrol y en parte por el sector privado mediante mecanismos como el BOMT, BOT y Contratos de Concesión.

### 1.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA (SECTOR DISTRIBUCIÓN)

A raíz de las situaciones antes mencionadas, se organizaron diversas empresas para distribución urbana y domiciliaria, además, se construye el gasoducto troncal de la Costa Atlántica. Algo similar empezó a ocurrir en las regiones donde existían reservas de gas natural como Santander, Huila y posteriormente el Piedemonte Llanero.

En la Costa Atlántica prestan servicio las compañías Gases del Caribe en Barranquilla, Surtigas en Cartagena, Gases de la Guajira y en el Cesar Gas Natural del Cesar. En los Santanderes las empresas Gases del Oriente, Gasorientes en Bucaramanga, Metrogas en Floridablanca y Gases de Barrancabermeja. En el Sur del país están las sociedades Alcanos del Huila y Neivana de Gas. En el Centro del país una de la más grande abastece a la capital empresas Gas Natural en Bogotá, Llanogas en Villavicencio y gases del Cusiana en Yopal. También se encuentran las empresas Gases de Occidente y Empresas Públicas de Medellín, en las ciudades de Cali y Medellín respectivamente, después de obtener la concesión para la prestación del servicio. (Ver **Figura A1**)

Entre abril y julio de 1997 el Ministerio de Minas y Energía confirió contratos para la prestación del servicio de gas natural por red en las áreas del Valle, Quindío, Caldas, Risaralda, Centro y Tolima en un total de 72 municipios, los cuales reciben el servicio desde enero de 1998. "Las empresas que disponen del derecho son:

- |                   |   |
|-------------------|---|
| • Valle:          | Gases del Norte del Valle del Cauca E.S.P.      |
| • Quindío:        | Gases del Quindío E.S.P.                        |
| • Caldas          | Gas Natural del Centro E.S.P.                   |
| • Risaralda:      | Gas del Risaralda S.A. E.S.P.                   |
| • Centro y Tolima | Grancolombiana de Gas S.A. E.S.P." <sup>2</sup> |

### 1.4 SITUACIÓN ACTUAL Y EVOLUCIÓN

La infraestructura de servicios en el Municipio de Puente Nacional (Santander) es buena. El servicio público de gas natural domiciliario, es prestado por la empresa GASOIL S.A. E.S.P, encargada de la distribución por redes desde un punto de

---

<sup>2</sup> RESOLUCIÓN 81960 DE 13 DE OCTUBRE DE 1998. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (MINMINAS). [en línea]. Con acceso el 29/07/2017. [Colombia]. Disponible en World Wide Web: [http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/pdf/resolucion\\_minminas\\_81960\\_1998.pdf](http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/pdf/resolucion_minminas_81960_1998.pdf)

suministro o City Gate que hace parte del Sistema Nacional de Transporte propiedad de TGI.

En el Sector Rural el servicio de gas licuado en pipeta no se presta en forma continua, generando una deficiencia notoria en la disponibilidad del mismo. Lo anterior, unido al alto costo de los cilindros de propano y el rendimiento de los mismos, consecuencia de las deficiencias en las labores de envasado, la cual no elimina los “cunchos” producto de la condensación del gas, que no son utilizables y se convierten en un remanente que el usuario paga pero no consume, tiene como consecuencia directa el que la población utilice la leña como una de las alternativas combustibles para las labores domésticas, generando sobre el medio ambiente un impacto negativo, cierto y continuo. Además el precio del cilindro de propano ayuda a elevar el costo de la canasta familiar, colaborando cada vez más con el aumento de los índices de pobreza en esta región del país.<sup>3</sup>

Es importante ver que si no se cubren las necesidades básicas incluidas el acceso a los servicios públicos esenciales, para el caso nuestro el gas, y por lo tanto no mejoran las condiciones de vida de la población en esta área del país, las consecuencias asociadas al deterioro del medio ambiente, llámese afectación de la calidad del aire, agua (producto de la afectación a la cobertura vegetal) y disposición de residuos, afectación del componente socioeconómico reflejado en la baja calidad de vida de la población, aumentarán en magnitud y presencia con el tiempo.

## **1.5 ENERGETICOS PRESENTES**

Se puede evidenciar que el gas es el carburante más utilizado en el sector rural del Municipio de Puente Nacional, más exactamente el gas licuado del petróleo – GLP, más conocido como gas propano, el cual es distribuido en cilindros y la leña ocupa un segundo lugar como combustible doméstico. Es importante resaltar que en algunos casos la baja disponibilidad del gas en las zonas veredales, la escasez de la madera y la gasolina conlleva a la utilización de varios de ellos para el consumo domiciliario.

**1.5.1 Alternativas de Suministro de Gas Combustible.** Las opciones de gas a suministrar en una red de distribución de gas combustible son diseñadas y construidas para operar indistintamente con gas natural por gasoducto, gas natural comprimido o gas licuado del petróleo. La CREG en su Resolución 202 DE 2013, define:

**1.5.1.1 Gas Combustible.** Es cualquier gas que pertenezca a una de las tres familias de gases combustibles (gases manufacturados, gas natural y gas licuado de petróleo) y cuyas características permiten su empleo en artefactos a gas, según lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC-3527, o aquellas que la

---

<sup>3</sup> Masificación De Gas Natural Para El Sector Rural Del Municipio De Puente Nacional – Santander. Gasoil S.A. E.S.P. Pág 3

modifiquen, sustituyan o complementen.

**1.5.1.2 Gas Licuado De Petróleo (GLP).** Es una mezcla de hidrocarburos extraídos del procesamiento del gas natural o del petróleo, en estado gaseoso en condiciones de presión y temperatura ambiente, que se licuan fácilmente por enfriamiento o compresión. El GLP está constituido principalmente por propano y butano.

**1.5.1.3 Gas Metano En Depósitos De Carbón (GMDC).** Es una mezcla de gases con un alto contenido de metano y trazas de etano, propano, butano, dióxido de carbono y nitrógeno que se encuentra absorbido en carbón. Cuando lo requiera, debe ser acondicionado o tratado para que satisfaga las condiciones de calidad de gas establecidas por la CREG.

**1.5.1.4 Gas Natural.** Es una mezcla de hidrocarburos livianos, principalmente constituida por metano, que se encuentra en los yacimientos en forma libre o en forma asociada al petróleo. El Gas Natural, cuando lo requiera, debe ser acondicionado o tratado para que satisfaga las condiciones de calidad de gas establecidas por la CREG en la Resolución CREG 071 de 1999 o aquellas que la aclaren, modifiquen o sustituyan.

**1.5.1.5 Gas Natural Comprimido (GNC):** Gas Natural cuya presión se aumenta a través de un proceso de compresión y se almacena en recipientes de alta resistencia.

**1.5.1.6 Gas Aire Propanado (GAP).** Es una mezcla de propano con aire que produce un combustible con características de combustión similares a las del Gas Natural. También es conocido como gas natural sintético. Cuando lo requiera, debe ser acondicionado o tratado para que satisfaga las condiciones de calidad de gas establecidas por la CREG.

De acuerdo a las condiciones del inventario energético del país, y a la situación actual del servicio en el municipio, se considera para la masificación del gas combustible para el sector rural del municipio de Puente Nacional, la utilización de GAS NATURAL efectuando una expansión de redes desde las redes existentes en el casco urbano operadas por la empresa GASOIL S.A. E.S.P., es importante conseguir aportes del Estado/Entidades Territoriales, empresas públicas o privadas que permitan esta expansión de redes, toda vez que las distancias a cubrir requeridas para llegar a los usuarios hacen inviable la extensión por parte de las empresas de servicio público con recursos propios, debido a que el trasladar este costo de inversión a los usuarios a través de la tarifa haría inviable la misma.

## **1.6 COSTOS DEL SERVICIO DE GAS DOMICILIARIO**

El energético más utilizado en el sector rural objeto de estudio y su área de influencia, es el gas propano o GLP, distribuido en cilindros por medio de vehículos especialmente acondicionados para tal fin, el costo promedio mensual producto de su utilización como combustible domiciliario (uso doméstico) es de \$66.470 mes aproximadamente, es preciso establecer si el costo promedio mensual que implicaría el uso de gas combustible por red, justifica ampliamente la sustitución de gas propano en cilindros en cuanto a economía para el usuario final, además de lo anterior vale la pena resaltar la disminución de los riesgos inherentes a las propiedades fisicoquímicas del gas, y adquiere mayor importancia en la medida en que se consigue mayor disponibilidad (24 horas al día, 365 días al año), mayor seguridad y comodidad del servicio.

Es notorio de igual forma la utilización inadecuada de la leña para uso doméstico, el costo de este energético en el mes, es de aproximadamente \$30.000 pesos, si bien económicamente no es rentable para el usuario la sustitución de leña por Gas domiciliario, si es cierto que su utilización adquiere mayor importancia al disminuir con su utilización la afectación ambiental generada como consecuencia de su uso como combustible sobre los bosques de la región.

Actualmente el servicio público de gas licuado del petróleo, prestado a través de cilindros en los municipios, maneja precios que oscilan alrededor de los \$57.000 pesos para los cilindros de 40 lbs. Este dato permite hacer un cálculo de los precios pagados realmente por el usuario por metro cúbico de gas consumido. Se tiene en cuenta que el contenido de los cilindros no es utilizable en su totalidad debido a que el gas propano se condensa y genera los residuos llamados popularmente “cunchos” que no son recuperables. (Ver **Tabla 1**).

**Tabla 1.** Precio promedio de venta Cilindro de GLP - 40 libras.

Empresa	Código DANE	Departamento	Municipio	Presentación	Tarifa (\$/Cil)
1172_COMPANÍAS ASOCIADAS DE GAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL20	\$ 31.700
1172_COMPANÍAS ASOCIADAS DE GAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL100	\$ 133.600
1172_COMPANÍAS ASOCIADAS DE GAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL80	\$ 114.500
1172_COMPANÍAS ASOCIADAS DE GAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL30	\$ 41.500
1172_COMPANÍAS ASOCIADAS DE GAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL40	\$ 55.700
1634_RAYOGAS S.A. ESP	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL40	\$ 57.000
1634_RAYOGAS S.A. ESP	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL30	\$ 46.000

**Tabla 2.** (Continuación)

Empresa	Código DANE	Departamento	Municipio	Presentación	Tarifa (\$/Cil)
1634_RAYOGAS S.A. ESP	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL20	\$ 28.200
1844_GAS DE SANTANDER S.A. E.S.P.	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL40	\$ 57.800
1844_GAS DE SANTANDER S.A. E.S.P.	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL20	\$ 30.000
1844_GAS DE SANTANDER S.A. E.S.P.	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL30	\$ 46.200
1844_GAS DE SANTANDER S.A. E.S.P.	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL80	\$ 106.700
1844_GAS DE SANTANDER S.A. E.S.P.	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL100	\$ 129.900
24869_CHILCO DISTRIBUIDORA DE GAS Y ENERGIA SAS ESP	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL30	\$ 48.120
24869_CHILCO DISTRIBUIDORA DE GAS Y ENERGIA SAS ESP	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL40	\$ 54.850
24869_CHILCO DISTRIBUIDORA DE GAS Y ENERGIA SAS ESP	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL20	\$ 29.500
2633_UNIGAS COLOMBIA S.A. E.S.P.	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL20	\$ 32.000
2633_UNIGAS COLOMBIA S.A. E.S.P.	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL80	\$ 113.300
2633_UNIGAS COLOMBIA S.A. E.S.P.	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL30	\$ 52.600
2633_UNIGAS COLOMBIA S.A. E.S.P.	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL100	\$ 138.100
2633_UNIGAS COLOMBIA S.A. E.S.P.	68572	SANTANDER	PUENTE NACIONAL	CIL40	\$ 62.100

Fuente: Gasoil S.A. E. S.P. Año 2016.

**Tabla 3.** Contenido Teórico y Neto Cilindros de Propano.

DESCRIPCION	CONTENIDO TEORICO	CONTENIDO NETO	VALOR \$/gal	VALOR \$/M3 GN EQUIV
	<b>CREG</b>			
CILINDRO 40 Lbs	9.4809 gal.	7.4425 gal.	\$6.202,35	\$2.385,52
CILINDRO 100 Lbs	23.7023 gal.	16.7205 gal.	\$6.402,80	\$2.462,61

Fuente: Gasoil S.A. E. S. P. Año 2016.

## 1.7 ESTUDIO PUENTE NACIONAL SANTANDER

El Municipio de Puente Nacional ubicado al Sur del Departamento de Santander, está situada a 1625 metros sobre el nivel del mar, tiene una Temperatura media de 19 Grados Celsius, Hidrográficamente el municipio se localiza sobre la Cuenca del Río Suárez.

Los suelos del municipio están demarcados por pendiente, erosiones representativas, suelos compuestos por materiales heterogéneos, formados por

rocas sedimentarias o con influencia variable de cenizas volcánicas, la profundidad oscila entre superficiales o moderadamente profundos, son bien drenados, fertilidad de media a baja, están limitados por su baja disponibilidad de fósforo, magnesio, presencia de aluminio y pH muy ácido.

De igual manera se caracterizan por ser un territorio con movimientos de reptación y vegetación lo que conlleva a ser forestal y con potreros en gran parte por lo que requieren manejo adecuado en la conservación de las cuencas hidrográficas. La anterior es la razón por la cual analizando el proyecto optado cuenta con la viabilidad para dicha conservación.

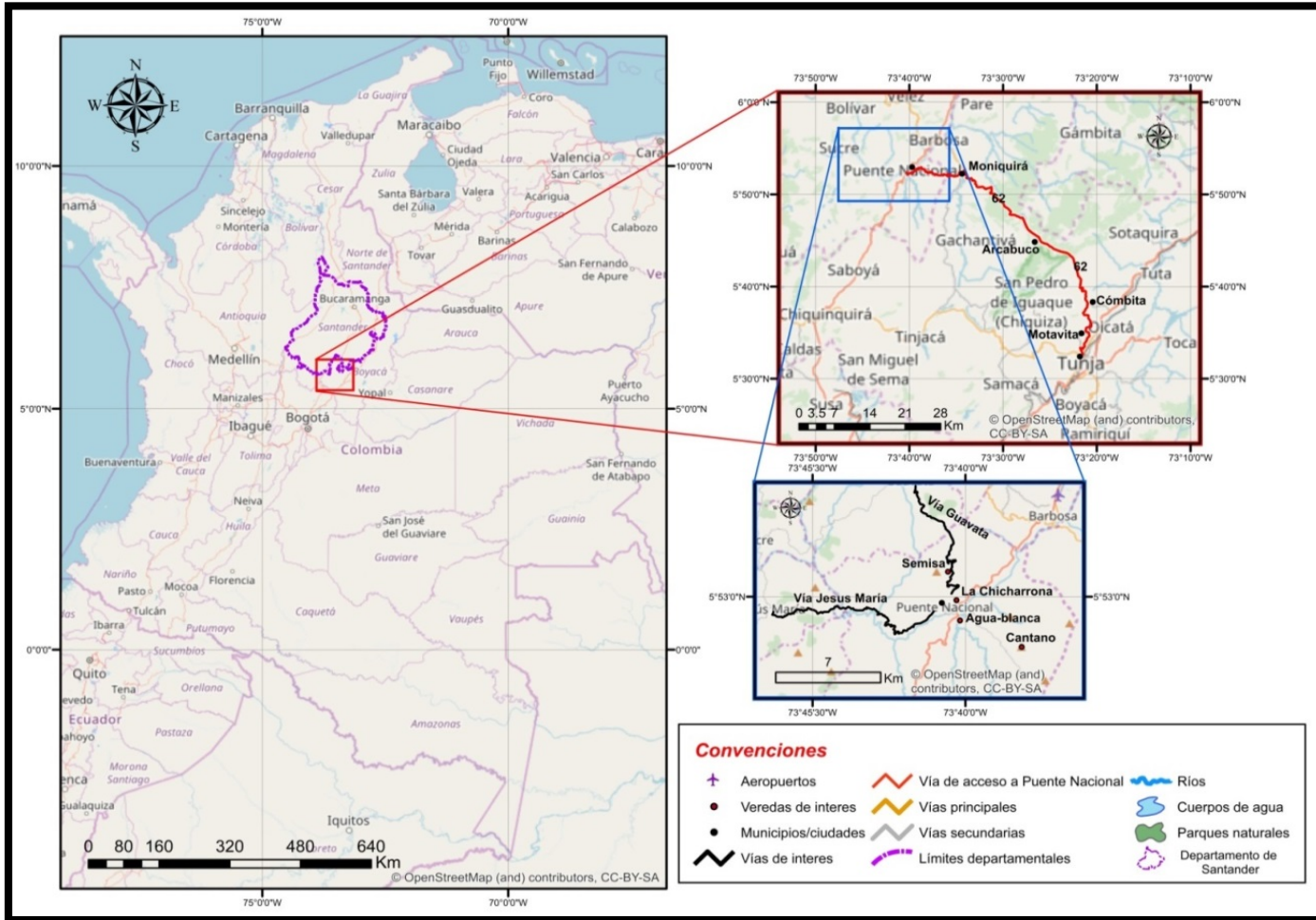
## **1.8 LOCALIZACIÓN**

El Municipio de Puente Nacional, lugar seleccionado para estudio técnico financiero para la implementación de una red de Gas Natural, está localizado en la parte central de Colombia, hacia el sur del Departamento de Santander, y limita al Norte con el Municipio Barbosa, al Oeste con el Municipio Jesús María, al Este con el Municipio Monquirá, y al Sur con el Municipio Saboya.

Para llegar a Puente Nacional, se dirige hacia la Ciudad de Tunja desde Bogotá D.C., vía aérea, para posteriormente, vía terrestre, partir desde el norte de la Ciudad de Tunja, y seguir las siguientes indicaciones: tomar la Ruta 62 en dirección norte y recorrer aproximadamente 60 kilómetros hasta llegar al Municipio de Monquirá atravesando los municipios Motavita, Cómbita y Arcabuco. Posteriormente, tomando una vía secundaria en dirección Oeste, se recorren aproximadamente siete kilómetros hasta llegar al Municipio Puente Nacional. La **Figura 1** presenta la vía de acceso en detalle antes descrita además de las veredas y vías de interés del estudio



**Figura 1. Localización Municipio Puente Nacional Santander**



**Fuente:** ArcGIS for Desktop. Versión 10.3.0.4322: ESRI Inc. Disponible en ESRI Inc. Página web de ESRI disponible en: <http://www.esri.com/> Modificada por autor. Año 2017.

## 1.9 GEOLOGÍA PUENTE NACIONAL

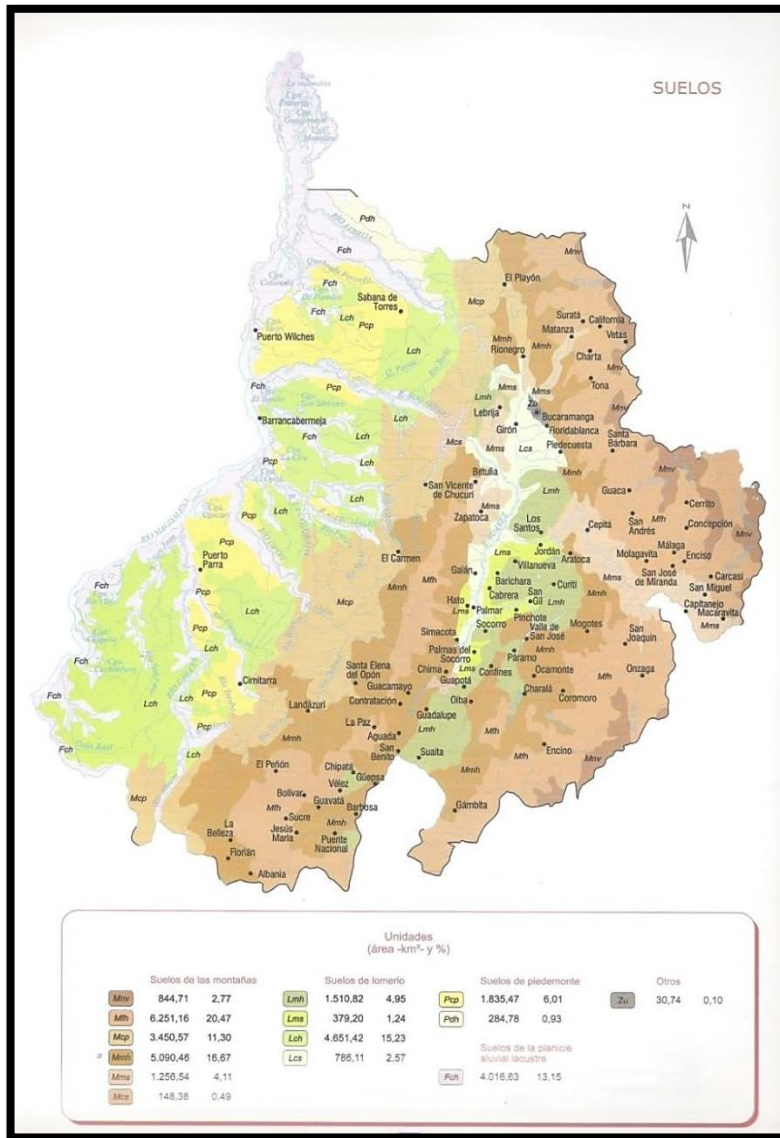
Relieve moderadamente inclinado ha escarpado.

La zona del desarrollo del proyecto se halla en el límite occidental de la depresión tectónica de Bucaramanga, en la zona de falla del sistema de Fallas del Suárez y Río de Oro. En la zona las rocas más antiguas son de origen sedimentario que corresponden a la formación Bocas de edad Triásico, la cual fue identificada en una perforación profunda realizada en el Parque Industrial de Bucaramanga, junto al río de Oro; esta formación aflora al norte de la confluencia de los ríos de Oro y Suratá. La mayoría de las rocas sedimentarias que afloran en la zona de estudio corresponden a la Formación Girón, la cual se presenta principalmente en la margen izquierda del Río de Oro.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>Geo-tecnología Ltda. (2005). Diagnóstico. Tomo1-riodeoro-GeologiyGeotecnia. [en línea]. Con acceso el 01/07/2017. [Colombia]. Disponible en World Wide Web: <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewiy4erT9tLWAhUH6CYKHfDSDvgQFggpMAE&url=https%3A%2F%2Fwww.erosion.com.co%2Fpresentaciones%2Fcategory%2F18-deslizamiento-e-inundacion-en-giron-santander.html%3Fdownload%3D222%3A221-tomo1-riodeoro-geologiygeotecnia&usq=AOvVaw0JL9NCnzyXoCC4aqUTziad>

Figura 2. Características de suelo Puente Nacional Santander



Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Atlas básico de Colombia. Mapa Santander Suelos Tomo II pág. 22. 2008

## 2. MARCO TEORICO

“El gas natural es una mezcla de hidrocarburos livianos en estado gaseoso, que en su mayor parte está compuesta por metano y etano, y en menor proporción por propano, butanos, pentanos e hidrocarburos más pesados. Si el contenido de hidrocarburos de orden superior al metano es alto se le denomina gas rico, de lo contrario se conoce como gas seco. Las principales impurezas que puede contener la mezcla son vapor de agua, gas carbónico, nitrógeno, sulfuro de hidrógeno y helio, entre otros.”<sup>5</sup>

### 2.1 ¿CÓMO SE ENCUENTRA EL GAS NATURAL?

“El gas natural se encuentra al igual que el petróleo en yacimientos en el subsuelo. Puede ser asociado (gas mezclado con crudo) o libre. Las propiedades del gas tales como: composición, gravedad específica, peso molecular promedio y poder calorífico varían de un yacimiento a otro.”<sup>6</sup>

Lo anterior debido a que el gas se ha formado con la descomposición de restos orgánicos de varios años en distintos lugares lo que puede dar origen a la variación de sus componentes como el azufre, nitrógeno y metales. (Ver **Tabla 3** y **Tabla 4**)

### 2.2 CADENA PRODUCTIVA DEL GAS NATURAL

**2.2.1 Generalidades.** Dentro de los parámetros se distinguen producción, comercialización, transporte, distribución y comercialización, estas actividades cuentan cada una regulaciones legales independientes desarrolladas cada una por entes públicos y privados las cuales son inherentes a las actividades específicas como la perforación del subsuelo, exploración, producción tratamiento y refinación.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL

**2.3.1 Composición y propiedades.** El gas natural es un hidrocarburo que está compuesto por Metano (CH<sub>4</sub>) que es el principal componente del gas natural, aunque contiene también otros hidrocarburos ligeros como el Etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), el Propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), el Butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) o el Pentano (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) en mucha menor proporción. Habitualmente, se encuentra en una proporción del 85%, mezclado con un 10% de Etano, un 3% de Propano, un 0,1% de Butano y un 0,7% de nitrógeno. Todos tienen un punto de ebullición muy bajo, de hasta - 158,9°C en el caso del metano. (Ver **Tabla 5**).

**Tabla 4.** Composición Típica Gas Natural Campos

<sup>5</sup> ECOPETROL (2014). [en línea]. Con acceso el 18/06/2017. Colombia: Gas Natural. Información General. ¿Qué es el Gas Natural? Disponible en World Wide Web:

[http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/productos-y-servicios/productos/gas-natural/Informaci%C3%B3n%20General/que-es-el-gas-natural/ut/p/z0/04\\_S19CPYkssv0xPLMnMz0vMAfjio8ziLQIMHd09DQy9DZwt3QwcjTwsQxw9q418niz0C7IdFQEONbdQ/](http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/productos-y-servicios/productos/gas-natural/Informaci%C3%B3n%20General/que-es-el-gas-natural/ut/p/z0/04_S19CPYkssv0xPLMnMz0vMAfjio8ziLQIMHd09DQy9DZwt3QwcjTwsQxw9q418niz0C7IdFQEONbdQ/)

<sup>6</sup> Ibid.

COMPOSICION TIPICA DEL GAS NATURAL EN DIFERENTES AREAS DE COLOMBIA

COMPONENTE	FORMULA	GUAJIRA	MONTAÑUELO	DINA	CUSIANA	APIAY	MEZCLA	MORICHAL	GUEPAJE
Hidrógeno	H <sub>2</sub>								
Helio	He								
Monóxido de Carbono	CO								
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	1,589	0,548	0,766	0,36	0,64	0,43	0,44	2,26
Oxígeno	O <sub>2</sub>	0,012	0,008	0,029					
Sulfuro de Hidrógeno	H <sub>2</sub> S								
Argón	Ar								
Dioxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	0,041	2,459	0,017	4,74	2,77	4,23	3,92	0,0693
Aire									
Metano	CH <sub>4</sub>	98,005	96,133	87,718	78,86	77,91	78,64	75,59	96,79
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,258	0,691	6,202	10,05	14,79	11,34	10,38	0,6
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,052	0,029	2,763	4,25	3,11	3,93	5,37	0,13
iso-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,016	0,044	0,542	0,66	0,32	0,56	1,14	0,04
n-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,008	0,012	0,910	0,74	0,33	0,63	1,49	0,1
iso-Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,006	0,009	0,316	0,17	0,06	0,15	0,57	0,001
n-Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,002	0,004	0,233	0,11	0,04	0,09	0,41	0,02
n-Hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,004	0,008	0,294	0,05	0,03		0,35	0,009
n-Heptano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,000	0,000	0,000	0,02			0,12	0,01
n-Octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0,008	0,055	0,210				0,13	0,005
n-nonano	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>							0,11	0,003
n-decano	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>								

Nota : Cromatografías tomadas durante los meses de Diciembre de 2000 y Marzo de 2001 en cada gasoducto

Fuente: Masificación De Gas Natural Para El Sector Rural Del Municipio De Puentes Nacionales – Santander. Gasoil S.A. E.S.P. Año 2016.

Tabla 5. Poder Calorífico promedio

UNIDAD	GUAJIRA	MONTAÑUELO	DINA	CUSIANA	APIAY	MEZOLA	MADRICHAL	GUEPAJE
BTUPC	996,32	969,06	1161,43	1138	1150	1139	1240	996,3
PPM	ND	0	ND	2	2	3	6	ND
PPM	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
%	0,04	2,46	0,02	4,74	2,77	4,23	3,92	0,07
%	1,59	0,55	0,77	0,35	0,64	0,43	0,44	2,26
%	0,01	0,1	0,33					
%	1,64	3,02	0,81	5,09	3,41	4,66	4,36	2,33
LB/MPCS	ND	23	ND	2,9	0,6	2,8	9,3	ND
F	ND	90	ND	102	90	108	92	ND
GRANO/1000PC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Gasoil S.A. E.S.P. Año 2016.

Tabla 6. Propiedades del gas natural

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL GAS NATURAL	
Fórmula molecular	CH <sub>4</sub>
Peso molecular mezcla	18,2
Temperatura de ebullición a 1 atmósfera	-160,0 °C
Temperatura de fusión	-180,0 °C
Densidad de los vapores (Aire =1) a 15,5	0,61
Densidad del líquido (Agua=1) a 0°/4 °C	0,554
Relación de Expansión	1 litro de líquido se convierte en 600 litros de gas
Solubilidad en agua a 20 °C	Ligeramente soluble (de 0,1 a 1,0%)
Apariencia y color	Incoloro, insípido y con ligero olor a huevos podridos

**Fuente:** Gas Natural Distribución. Historia del gas. Características del gas natural. [En línea], Con acceso el 18/06/2017. [Colombia]. Disponible en World Wide Web: Recuperado de:

<http://www.gasnaturaldistribucion.com/es/conocenos/quienes+somos/historia+del+gas/1297104955871/caracteristicas+del+gas+natural.html>

**2.3.2 Características Generales.** El gas natural se consume tal y como se encuentra en la naturaleza. Desde que se extrae de los yacimientos hasta que llega a los hogares y puntos de consumo por medio de gasoductos y redes de distribución las cuales facilitan su transporte.

La estructura molecular más simple del gas natural facilita que queme limpiamente, por ello su combustión no produce partículas sólidas ni azufre.

El gas natural es una de las fuentes de energía fósiles más limpia ya que es la que emite menos gases contaminantes (SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y CH<sub>4</sub>) por unidad de energía producida.<sup>7</sup>

El Reglamento Único de Transporte, RUT, establecido por la Resolución CREG 071 de 1999, define los parámetros mínimos de calidad requeridos por la legislación y la normatividad vigente, para el transporte y distribución del gas natural. (Ver **Tabla 6.**)

<sup>7</sup> GAS NATURAL. Distribución de gas natural. Características Gas natural [en línea]. Con acceso el 06/07/2017. [España]. Disponible en Internet: <http://www.gasnaturaldistribucion.com/es/conocenos/quienes+somos/historia+del+gas/1297104955871/caracteristicas+del+gas+natural.html>

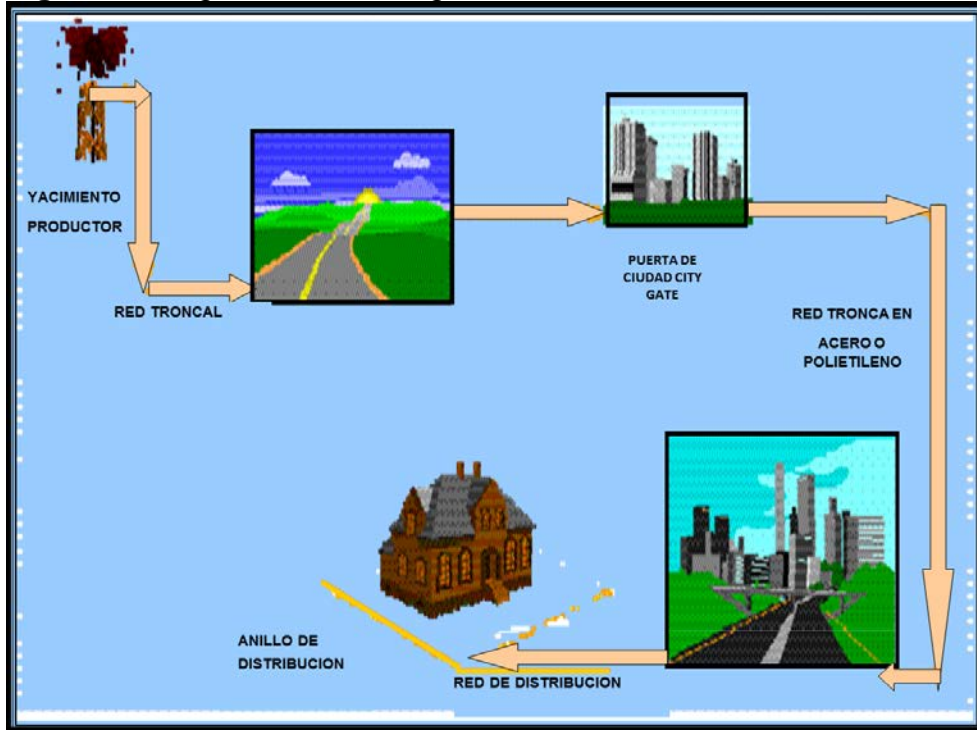
**Tabla 7.** Especificaciones de calidad del gas natural

ESPECIFICACIONES	Sistema Internacional	Sistema Inglés
Máximo poder calorífico bruto (GHV) (Nota 1)	42.8 MJ/m <sup>3</sup>	1.150 BTU/ft <sup>3</sup>
Mínimo poder calorífico bruto (GHV) (Nota 1)	35.4 MJ/m <sup>3</sup>	950 BTU/ft <sup>3</sup>
Contenido líquido (Nota 2)	Libre de líquidos	Libre de líquidos
Contenido total de H <sub>2</sub> S máximo	6 mg/m <sup>3</sup>	0.25 grano/100PCS
Contenido total de azufre máximo	23 mg/m <sup>3</sup>	1.0 grano/100PCS
Contenido CO <sub>2</sub> , máximo en % volumen	2%	2%
Contenido de N <sub>2</sub> , máximo en % volumen	3	3
Contenido de inertes máximo en % volumen (Nota 3)	5%	5%
Contenido de oxígeno máximo en % volumen	0.1%	0.1%
Contenido de agua máximo	97 mg/m <sup>3</sup>	6.0 Lb/MPCS
Temperatura de entrega máximo	49 °C	120°F
Temperatura de entrega mínimo	4.5 °C	40 °F
Contenido máximo de polvos y material en suspensión (Nota 4)	1.6 mg/m <sup>3</sup>	0.7 grano/1000 pc

El gas natural generalmente es transportado hasta los sistemas de distribución que entregan el gas a las instalaciones internas de cada usuario, a través de tuberías de acero denominados gasoductos, desde los campos de explotación y plantas de

tratamiento hasta las estaciones City gate o de entrega de gas a el municipio (Ver **Figura 3**).

**Figura 3.** Diagrama Ciclo del gas Natural



Fuente: AutoCAD Modificada por autor. Año 2017.

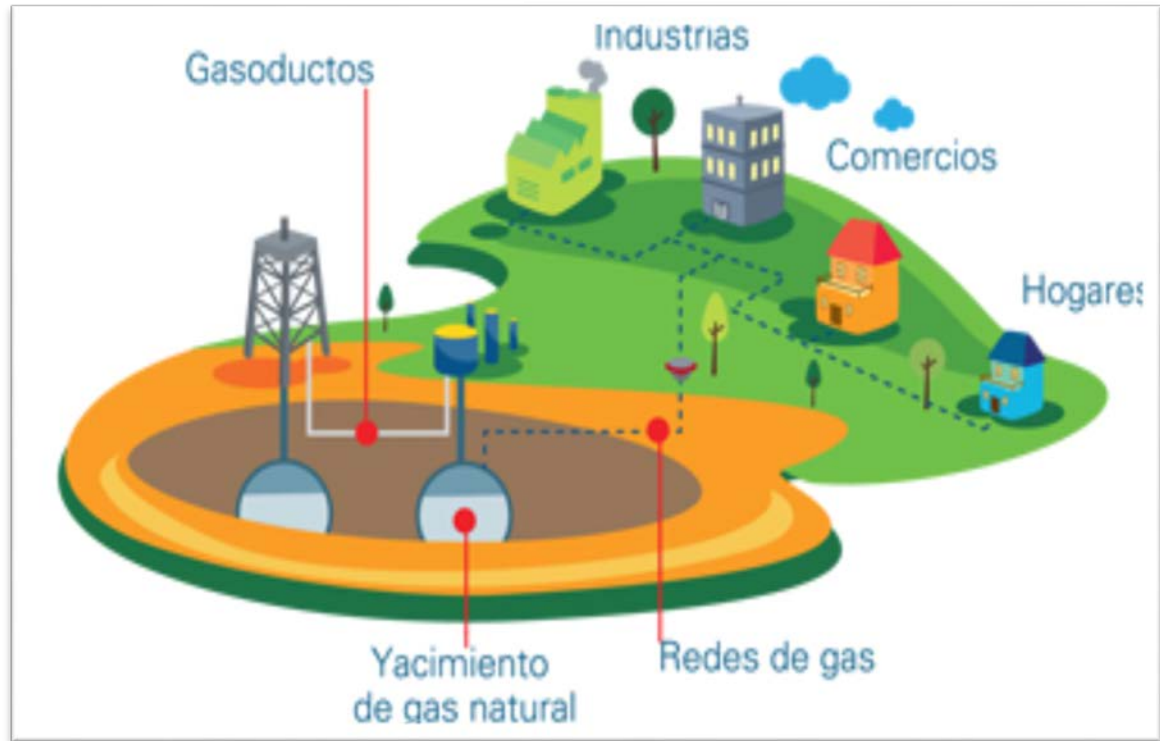
## 2.4 IMPLEMENTACIÓN GAS NATURAL DOMICILIARIO

La implementación de gas domiciliario en el municipio, se ha venido ejecutando por medio de la política de masificación para beneficio de la comunidad y se proyecta realizarlo en las zonas veredales gracias a que el municipio de Puente Nacional cuenta con el City Gate derivado del Sistema Nacional de Transporte propiedad de TGI (Transportes de Gas Internacional)

**2.4.1 Distribución del gas natural.** Se distribuye a través de gasoductos de acero y polietileno, materiales altamente resistentes incluso en zonas sísmicas. De esta forma se puede consumir en hogares, comercios e industrias. (Ver **Figura 4**).



**Figura 4.** Distribución Gas Natural



**Fuente:** Gas Natural Fenosa. Distribución del gas natural. [en línea]. Con acceso el 20/06/2017. [Colombia]. Disponible en World Wide Web: Disponible en: <http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/comercio/el+gas+natural/1297102553412/que+es.html>

## 2.5 PROCESAMIENTO DEL GAS NATURAL

Sus componentes son el propano, butano, son gases a temperatura ambiente y presión atmosférica. Cuando éstos se someten a presiones moderadamente bajas, no a refrigeración, se licuan, lo que hace posible que el GLP (Gas Licuado del Petróleo) se transporte y almacene como un líquido y se use como gas. (Ver **Figura 5**).

Las operaciones generales que se realizan en el procesamiento del Gas natural son:

**La separación inicial:** esta fase ocurre por medio de separación de densidades en donde el gas presenta menor densidad que el agua y el petróleo, es por este motivo que el agua se puede retirar por la parte inferior ya que el petróleo flota sobre ella, en caso que el gas este libre, es decir no este acompañado de crudo este proceso no puede ser necesario.

**Filtrado:** a través de filtros se separan los materiales solidos del gas.

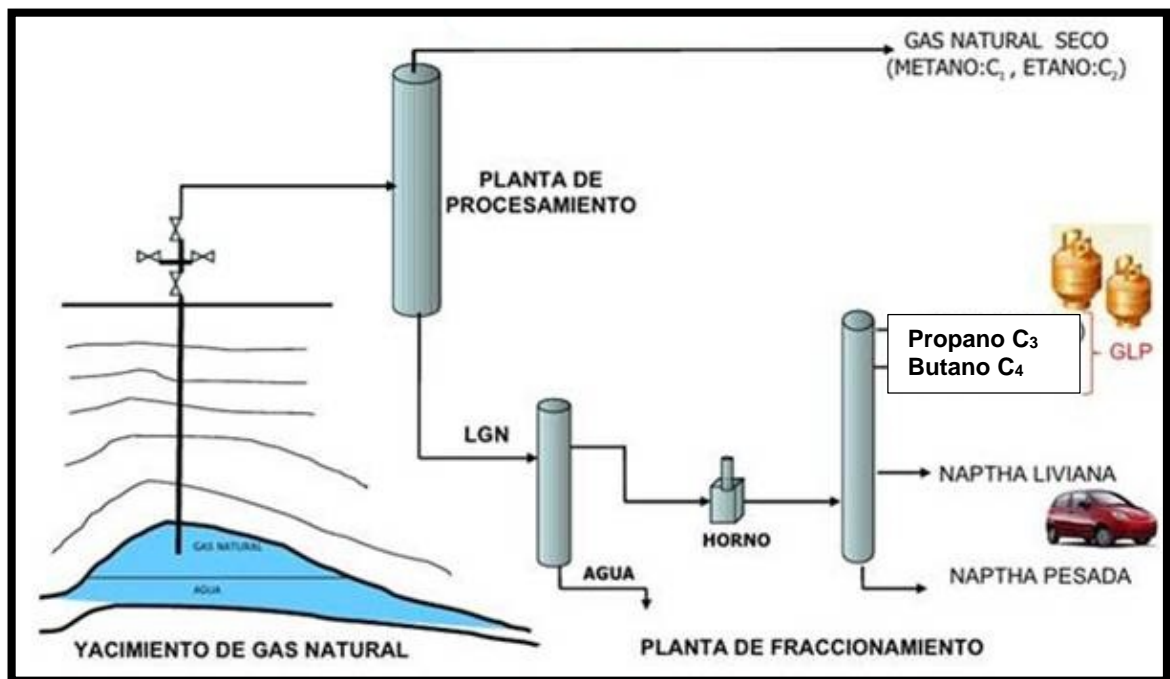
**Endulzamiento:** Se hace con el propósito de eliminar el  $H_2S$  y el  $CO_2$  es decir se ajustan los contenidos de gases que pueden ocasionar problemas como la corrosión y taponamiento.

**Deshidratación:** Esta fase se realiza con el fin de reducir los problemas del transporte retirando el vapor que se encuentra en el hidrocarburo a través de la absorción con glicol el cual retira el agua dando origen al gas seco.

**Extracción de hidrocarburos pesados:** Se retiran otro tipo de sustancias como el Etano, GLP, Propano y la Gasolina Natural por medio de procesos específicos como la absorción con aceites livianos adecuados para el proceso y la refrigeración.

**Compresión:** Esta fase se realiza para que gas natural pueda ser transportado a por gasoductos, lo cual esta se origina incrementando la presión con compresores.

**Figura 5.** Procesamiento GLP



**Fuente:** MECANICOS ¿QUÉ ES EL GLP? [en línea]. Con acceso el 21/06/2017. [Colombia]. Disponible en World Wide Web: <http://www.blogmecanicos.com/2014/07/el-gas-glp-como-combustible-alternativo.html>

## 2.6 USO DEL GAS NATURAL

El Gas Natural tiene una variedad de usos tanto en el sector industrial como petroquímico por lo que se puede utilizar como combustible o materia prima. Como combustible se puede utilizar en los hogares en los diversos artefactos como calentadores, estufas, hornos, carros etc. Como materia prima como compone que requiere el metano para producir nuevos productos como el hidrogeno entre otros.

### 3. NORMATIVIDAD

#### 3.1 MARCO REGULATORIO Y NORMATIVO

Se presenta a continuación una reseña del marco normativo y legal en que se desarrolla el proyecto (Leyes, reglamentos, decretos, acuerdos, planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, disponibilidades de servicios, (permisos, certificaciones, conceptos institucionales y otros).

Se toman en cuenta todos los lineamientos del Ministerio del Medio Ambiente, toda la normatividad vigente y pertinente tanto para la construcción del sistema de distribución como para la operación del mismo y su desarrollo equilibrado con el medio Ambiente en que se construirá, según Decreto 2140 de 2014.

El proyecto a desarrollar se ajusta a todos los requerimientos establecidos por el marco legislativo y normativo que rige para este tipo de obras. El cumplimiento de estos parámetros, garantiza la ejecución y operación segura y eficiente de las redes de gas natural, a la vez que minimiza la afectación del entorno, incluidos personas y bienes.

La legislación aplicable a los proyectos de distribución de gas Natural (gas natural, GLP, GNC) está enmarcada en tres grandes bloques normativos a saber:

- La Constitución Política Nacional de 1991.
- Las Leyes del Congreso de la República y decretos con fuerza de ley y decretos ley del Gobierno Nacional.
- Las regulaciones y requerimientos específicos para los trámites ambientales ante las autoridades competentes.

La **tabla 7** presenta las normas Regulatorias, Ambientales y Técnicas definidas por la CREG mediante decretos y leyes que se requieren para instalación de una red de gas natural domiciliario, también se incluye parámetros técnicos bajo la norma técnica colombiana.

**Tabla 8. Normas Regulatorias, Ambientales y Técnicas**

TIPO	NOMBRE	TITULO
Regulatorio	Ley 142 de 1994	Ley de Servicios Públicos Domiciliarios
	Res CREG067-1995	Por la cual se establece el Código de Distribución de Gas Natural por red
	Res CREG057-1996	Por la cual se establece el régimen tarifario par distribución de gas natural por red.
	Res CREG045-2002	Por la cual se establece la metodología de cálculo 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 periodotarifario.
	Res CREG072-2002	Por la cual se establece la metodología para clasificar la persona prestadora 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 resultados.
	Res CREG011-2003	Por la cual se establecen los criterios generales para remunerar las actividades de distribución comercialización de gas combustible y las fórmulas generales para la prestación del servicio público domiciliario de distribución de gas combustible por redes de tubería.
	Res CREG202 2013	Establece criterios para remunerar la distribución del gas a través de redes
	Res. CREG137 2013	Se estable formulas tarifario para la distribución del servicio de gas natural por tubería
Ambiental	LEY 99 DE 1993	Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza e Sistema Nacional Ambiental (SINA)
	DECRETO 1753 DE 1994	Sobre Licencias Ambientales. Art. 35 sobre modificación de Licencias
	DECRETO 1728 de 2002	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la Licencia Ambiental.
	DECRETO 1180 DE 2003	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la Licencia Ambiental.
	DECRETO 1220 DE 2005	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la Licencia Ambiental
	DECRETO 2820 DE 2010	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la Licencia Ambiental
	DECRETO 2041 DE 2014	Reglamenta el título de la ley 99 el cual se expidió de acuerdo a la obligatoriedad referente a las licencias ambientales
Técnico	NTC 2505	Instalación para suministro de gas en edificaciones residenciales y comerciales
	NTC 3808	Presiones de operación permisibles para el transporte distribución y suministro de gases
	NTC 3949	Estaciones de regulación para redes de transporte distribución de gas combustible.
	NTC 3728	Redes de distribución urbana de gas
	NTC 1746	Tubos y accesorios termoplásticos para la conducción del gas a presión.
	NTC 2576	Válvulas y mecanismos termoplásticos de corte accionados manualmente para sistemas de distribución de gas.

## 4. ESTUDIO TÉCNICO

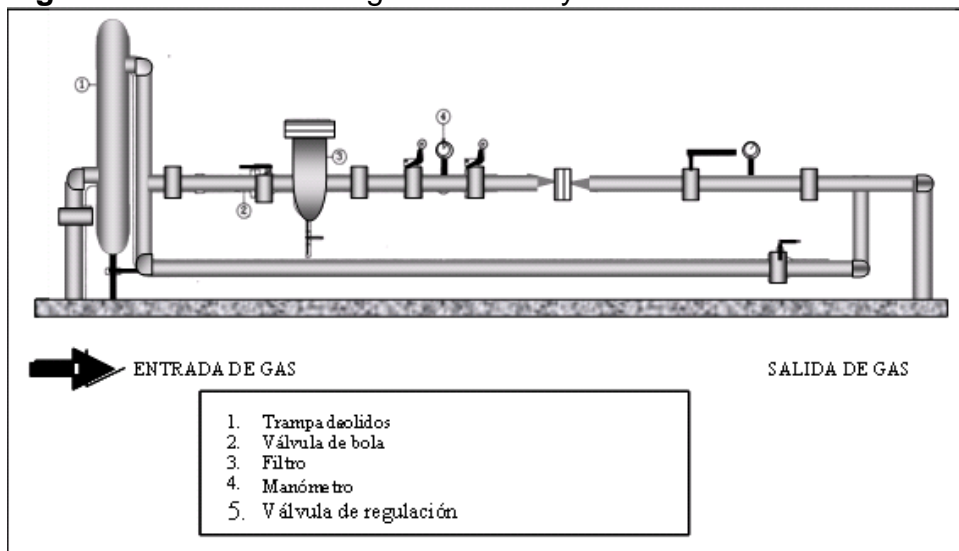
### 4.1 RED DE DISTRIBUCIÓN

Se entiende por red domiciliaria la infraestructura compuesta por la línea secundaria (troncal y anillos), al igual que las acometidas e instalaciones internas necesarias para llevar el Gas combustible hasta los usuarios.

**4.1.1 Estación City Gate.** Es la estación de entrega de gas natural y el punto desde el cual se deriva la red de distribución de gas domiciliario en el municipio. Para ejecutar la conexión de la red de distribución al City Gate, (ver **figura 6**) se hace necesario contar con la autorización del propietario del gasoducto y con los permisos y licencias establecidos en el artículo 26 de la Ley 142 de 1994.

Su ubicación debe estar fuera del casco urbano del municipio y acorde con lo establecido en la Norma Técnica Colombiana, NTC 3949.

**Figura 6.** Estación de Regulación – City Gate



**Fuente:** AutoCAD. Modificada por autor. Año 2017.

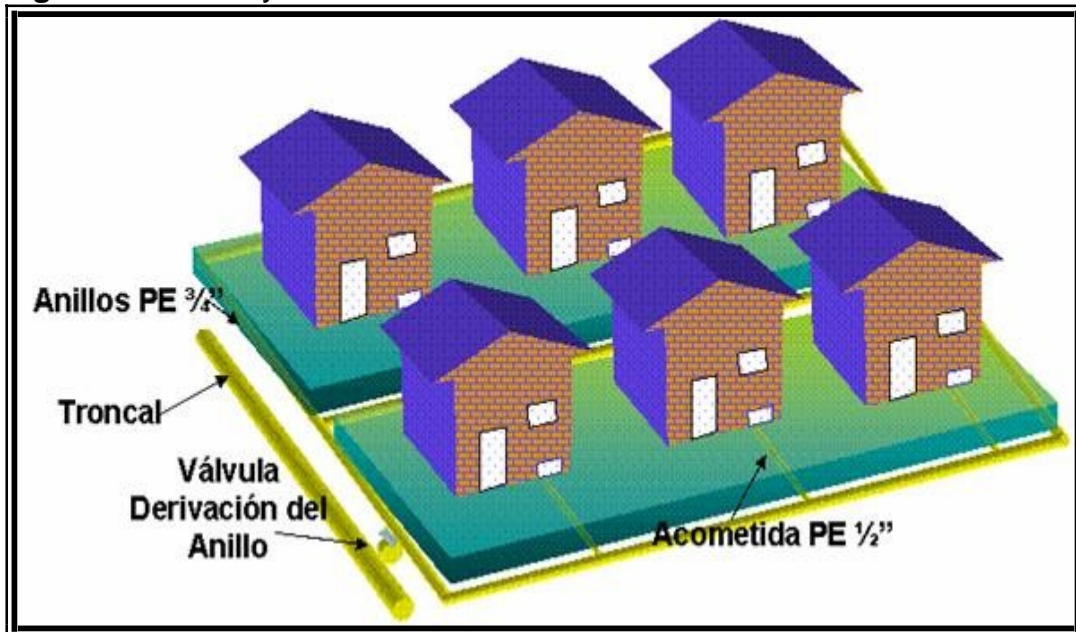
Las presiones máximas y mínimas que maneja el City Gate al recibir el gas de la línea troncal oscilan entre los 650 psi y 1200 psi correspondiente y lo entrega para distribución urbana o rural, filtrado, medido y odorizado a 60 psi. La red de distribución se conecta a este punto y desde allí se suministra el gas a través de la red. Para el caso de la red del Municipio de Puente Nacional esta conexión se realizó en tubería de polietileno de dos (2) pulgadas, y se encuentra en operación desde el año 2004.

**4.1.2 Troncal.** Compuesta por el sistema de tuberías y accesorios de polietileno de media densidad operados a media presión comprendida entre la estación de almacenamiento y regulación y las poliválvulas, que permiten la conexión de las mismas con cada una de las mallas. (Ver **Figura 7**).

**4.1.3 Mallas.** Están conformadas por los anillos de acuerdo al nivel de consumo observado en las manzanas que conforman las mallas, el número de manzanas enmalladas puede variar entre 6 y 9 manzanas.

**4.1.4 Anillos.** Es el conjunto de tuberías y accesorios de polietileno de media densidad operados a media presión que se derivan de las troncales formando circuitos cerrados. De estos anillos se hace la entrega de gas a los usuarios por medio de la acometida correspondiente. Para el municipio objeto se trabajan en tubería de polietileno de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. (Ver **Figura 7**).

**Figura 7.** Troncal y anillos

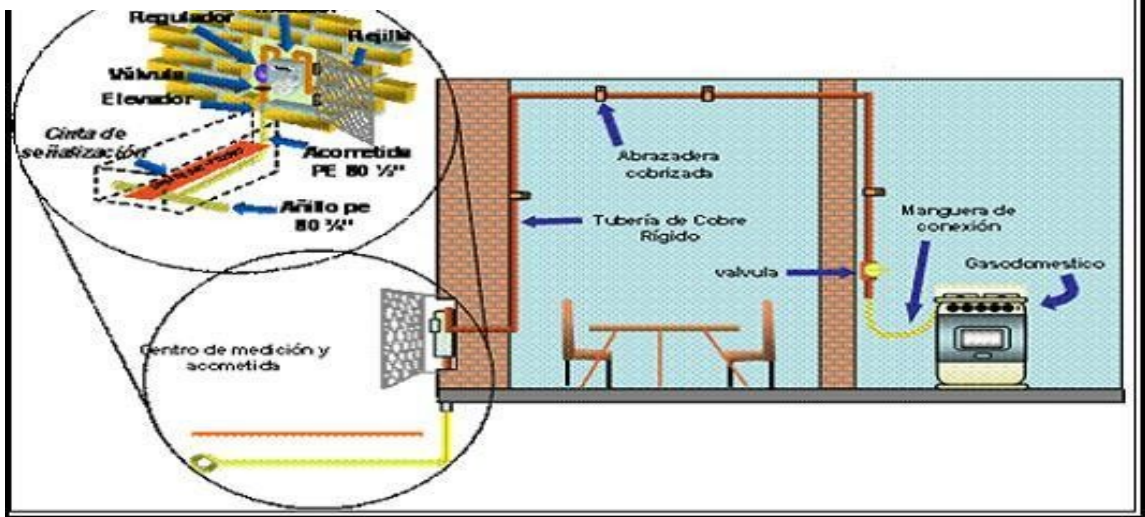


Fuente: AutoCAD. Modificada por autor. Año 2017.

## 4.2 ACOMETIDAS DOMICILIARIA

Derivación en tubería de polietileno de media densidad, operada a media presión que entrega el gas natural desde los anillos de distribución hasta el centro de medición individual en cada vivienda. (Ver **Figura 8 y 9**). (Ver **Tabla C1**).

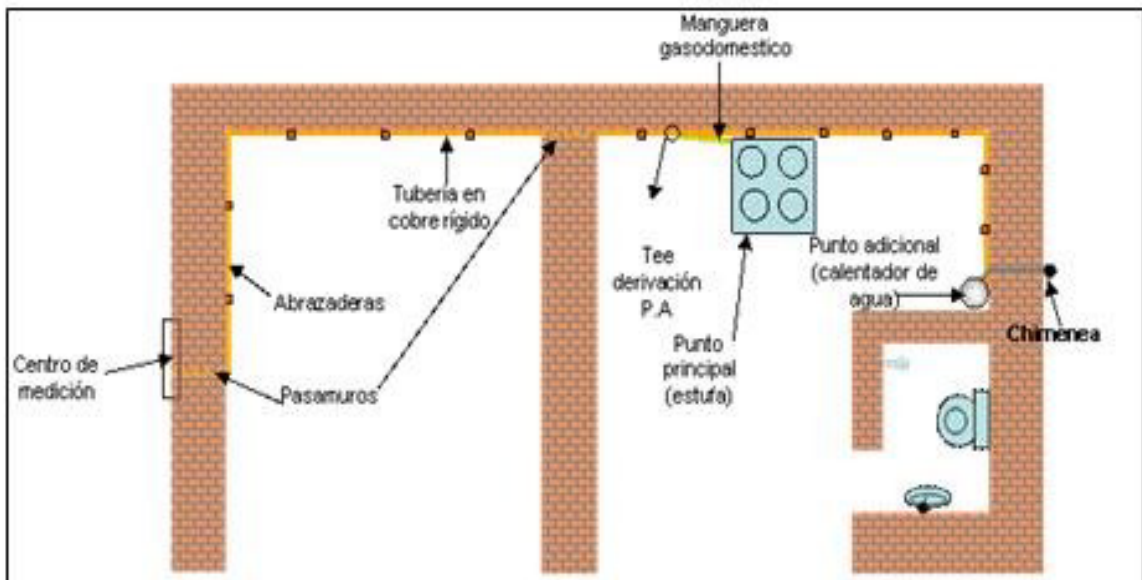
**Figura 8.** Acometida Domiciliaria



**Fuente:** AutoCAD. Modificada por autor. Año 2016.

**4.2.1 Instalación Interna.** Instalación de tubería encargada de llevar el gas desde la acometida y el centro de medición hasta el gasodoméstico. Se puede realizar en tubería de cobre rígido o flexible, o en tubería de acero.

**Figura 9.** Conexión de La red interna, (vista planta).



**Fuente:** AutoCAD. Modificada por autor. Año 2017.

Con el fin de llevar un control sobre los diseños para cada vivienda, se elabora un esquema de acuerdo a lo establecido por la **Resolución 14471** de **2002** del Ministerio de Desarrollo – Superintendencia de Industria y Comercio, para cada una de ellas, donde se especifica el tipo de tubería y accesorios, cantidades de



materiales, ventilación y trazado de la red interna desde el nicho hasta los gasodomésticos.

#### 4.3 TUBERÍA PARA INSTALACIÓN<sup>8</sup>

**4.3.1 Tuberías.** En la construcción de la red de distribución domiciliaria de gas combustible se utilizará tuberías plásticas (polietileno) en las redes externas y metálicas (cobre y/o acero galvanizado, PEALPE o cualquier otra que haya sido avalada por la Superintendencia de Industria y Comercio) se utilizan para las instalaciones internas. El material de las tuberías debe resistir la acción del gas combustible y del medio exterior con el que está en contacto; de lo contrario las tuberías deben estar protegidas. Los espesores de la pared deben cumplir las condiciones de ensayo de presión y de resistencia mecánica especificada para cada material en la norma correspondiente. Las características de la instalación de tuberías deben estar acorde con los parámetros establecidos en las normas técnicas colombianas. (Ver **Anexo D**)

**4.3.1.1 Tubería Plástica.** La tubería plástica y sus accesorios compatibles, deben emplearse únicamente en instalaciones enterradas. En la fabricación de tuberías plásticas para sistemas de conducción de gases combustibles, el material comúnmente utilizado es el polietileno de media densidad.

**4.3.1.2 Tubería Metálica (Rígidas y Flexibles).** Para la construcción de las redes internas se utilizarán tuberías de acero galvanizado, pealpe y/o de cobre o cualquier otra que está avalada para tal fin por la Superintendencia de Industria y Comercio o por el Icontec. En ningún caso se utilizarán tuberías de hierro fundido para la conducción de gas.

En la **Tabla 8** se presenta los diámetros de la tubería de polietileno utilizada y sus características generales

**Tabla 9.** Especificaciones técnicas de la tubería de polietileno

Diámetro nominal	Diámetro exterior (mm)	Características Generales
1/2 IPS	21.3	Polietileno de 1/2 densidad Excelente resistencia química Alta flexibilidad y tenacidad Resistencia a agentes y suelos corrosivos Alta resistencia a la abrasión Ausencia de toxicidad y olor Alta resistencia a la presión.
3/4 IPS	26.7	
1 IPS	33.4	
2 IPS	60.3	
3 IPS	88.9	
4 IPS	114.3	

**Fuente:** Catálogo de productos, EXTRUCOL, Chimita-Bucaramanga. Año 2017.

<sup>8</sup> DISEÑO DE REDES Diseño de Redes Hidráulicas, sanitarias, de gas, acueductos y alcantarillados. [en línea]. Con acceso el 22/06/2017. [Colombia]. Disponible en World Wide Web: <http://redeshidraulicas.blogspot.com.co/p/instalaciones-de-redes-de-gas.html>

**4.3.1.3 Tubería de Acero.** La tubería de acero a utilizar para las líneas de conducción de gas será mínimo schedule 40 que hace referencia a la especificación e identificación en el mercado y debe ajustarse a lo estipulado en las normas:

- “ANSI/ASME B36.10. Standard for Welded and Seamless Rought Steel Pipe.”<sup>9</sup>
- NTC 3470 Tubos de acero soldados o sin costura recubiertos de zinc por inmersión en caliente (procedimiento ANSI B31.8).
- NTC 2249/NTC 2104 Fabricación de tuberías de acero de conexión roscada.
- ASTM A106 Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service.

#### 4.3.1.4 Tubería de Cobre

- La tubería de cobre rígida sin costura debe ajustarse a lo establecido por la **NTC 3944**.
- La tubería de cobre flexible deberá cumplir con lo establecido por las normas **ASTM B280**, **ASTM B88** de tipo K o L, o **ASTM B88 M** de tipo A o B.

### 4.4 VÁLVULAS

La **figura 10** representa la válvula de bola utilizada en instalaciones internas de gas, debido a que ofrecen muy buena capacidad de cierre y además está en capacidad de controlar presiones de hasta 25 psi.

**Figura 10.** Válvula de bola



Fuente: AutoCAD. Modificada por autor  
. Año 2017.

---

<sup>9</sup> DN Brida - Espesor en tuberías de Acero Inoxidable según ASME B36.19M. [en línea]. Con acceso el 18/10/2016. [Colombia]. Disponible en World Wide Web: <http://www.dnbrida.com/espesor-tuberia-acero-inoxidable-sch-asme-b36.19m.php>

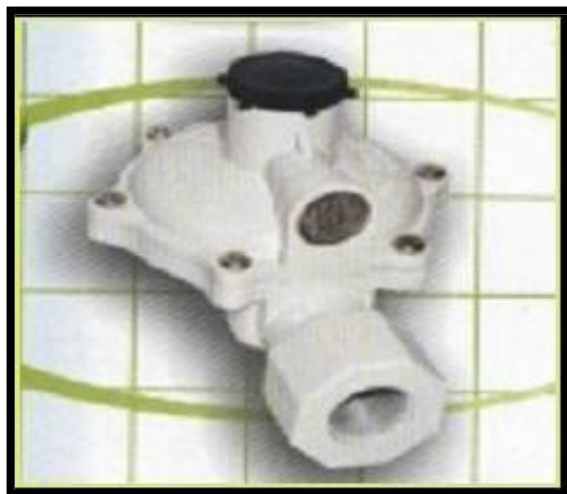
Las válvulas a utilizar en la red de distribución, proporcionan mediante una rápida operación, el bloqueo total del paso de gas o el flujo del mismo en el instante en que se requiera. Debe garantizar un cierre hermético bajo las condiciones de operación. Su fabricación cumple con los siguientes requisitos de acuerdo al rango de presión, así:

- Operación inferior a 170 mbar, norma UNE 60-708-877 (Mientras se adopte la NTC aplicable).
  - Presión de operación entre 70 mbar y 8 bares, norma NTC 3538.
  - Válvulas en líneas de servicio de polietileno, norma NTC 2576.
- Las válvulas utilizadas en la tubería de servicio serán válvulas de bola (Ver **Figura 10**), con las cuales no hay obstrucción al flujo, son de cierre positivo y se utilizan totalmente abiertas o cerradas.

#### 4.5 REGULADORES

Se utilizarán del tipo cargado por resorte, de fácil ajuste, con respuesta rápida a los cambios de presión y con orificio calibrado. Todas las especificaciones de diseño, fabricación e instalación de estos deben estar acordes con la NTC 2505 y NTC 3727. La capacidad se determina por el máximo consumo esperado cuando todos los artefactos funcionan en forma simultánea. El regulador posee dispositivos de seguridad incorporados al equipo o unidos a él, de manera que la presión corriente abajo no supere los límites permisibles. (Ver **Figura 11**).

**Figura 11.** Regulador Convencional



**Fuente:** AutoCAD. Modificada por autor. Año 2017.

#### 4.6 MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Estos medidores dividen o segregan el flujo en volúmenes discretos y luego suman el volumen total, contando las unidades de volumen que pasan a través del medidor. El tipo más común es el medidor de diafragma. La mayoría de estos medidores operan a 0.25 psi. (Ver **Figura 11**).

**Figura 12.** Medidor



**Fuente:** AutoCAD. Modificada por autor. Año 2017.

Las características físicas de estos medidores deben cumplir con lo estipulado por la NTC 3950. Las características metrológicas deben ajustarse a las especificaciones de la Organización Internacional de Metrología. Las especificaciones de diseño, fabricación e instalación se encuentran estipuladas en la NTC 2505.

En la **Tabla 9** se da a conocer las especificaciones técnicas de acuerdo a lo requerido por la NTC para la evaluación y desarrollo del proyecto.

**Tabla 10.** Especificaciones técnicas de los medidores de diafragma.

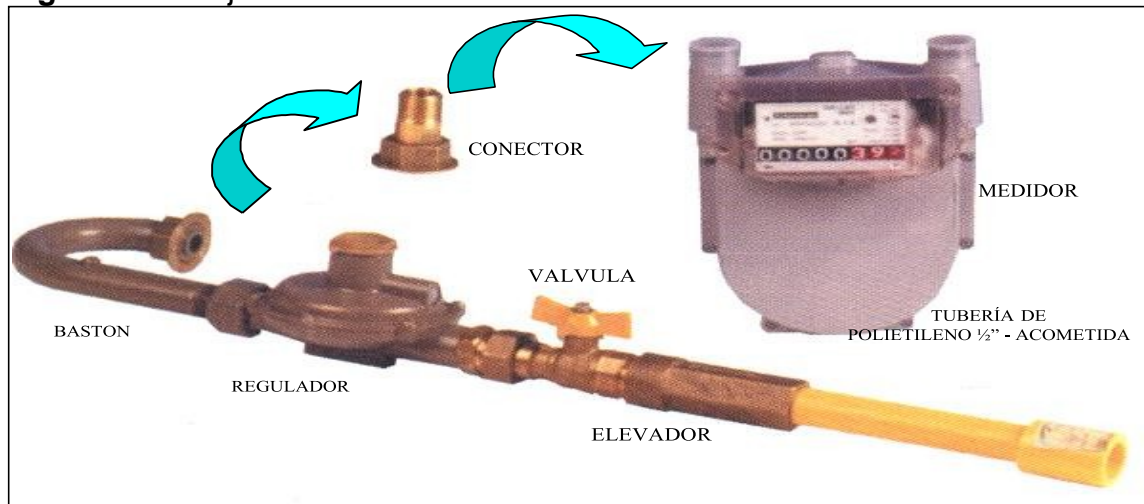
MEDIDOR RESIDENCIAL		
REF	ESPECIFICACIONES TECNICAS	
VY2	Capacidad (m <sup>3</sup> )	2.5
	Presión máxima (psi)	1.42
	Odómetro	Digital
	Lectura	m <sup>3</sup> /hr
	Volumen mínimo de registro	16
	Bloqueo Odómetro por Contraflujo	Si
	Uso	Doméstico
	Fabricante	METREX

**Fuente:** Tomado de catálogo METREX. [en línea] URL: <http://www.metrex.com.co/acerca-de-metrex>. Modificado por autor. Consultado 8 Marzo de 2017

Su localización será en el exterior de las viviendas o en zonas comunes, con facilidad de acceso para su lectura y de dimensiones tales que permitan la realización de trabajos de mantenimiento, control, inspección, reparación y reposición.

En la **Figura 13** se muestran los componentes que hacen parte del conjunto de instalación de medición del Gas natural residencial.

**Figura 13.** Conjunto Centro de Medición Residencial



Fuente: AutoCAD. Modificada por autor. Año 2017.

#### 4.7 ACCESORIOS

Cuando hablamos de accesorios es todo lo referente a todas las conexiones, derivaciones, acoples, con excepción de los elevadores (que permite el cambio de tubería de polietileno - acero) o transmisores, deben ser del mismo material y deben tener las mismas especificaciones que las indicadas para la tubería donde se usen.

- Los accesorios para tubería de polietileno se deben fabricar de conformidad con la NTC 3409, 3410 y ASTM F1055. Los materiales de fabricación deben estar acordes con los parámetros estipulados por la NTC 1746.
- Los accesorios para tuberías metálicas rígidas y flexibles de acero forjado deben ajustarse a las especificaciones de la norma ANSI B16.11.
- Los Accesorios para tubería de cobre flexible deben cumplir con lo estipulado en la NTC 4137 o 4138.
- Los accesorios para tubería rígida de aluminio deben ajustarse a lo estipulado por la norma ASTM B31.6.

## 4.8 PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO

**4.8.1 Características del gas a utilizar en el Municipio Puente Nacional.** Su composición, su gravedad específica, su peso molecular y su poder calorífico son diferentes en cada yacimiento. El gas a distribuir en el Municipio de Puente Nacional proviene del campo CUSIANA (Ver **Figura 14**), esto debido a que cuenta con una condición ideal como es un poder calorífico de 1127 BTU/ft<sup>3</sup> aprox, contenido de H<sub>2</sub>S de 6 mg/ft<sup>3</sup> y 23mg/ft<sup>3</sup> de azufre, lo cual permite facilidad en la distribución y mantenimiento de las redes de gas domiciliarias.

La composición del gas natural en Colombia varía para cada uno de los campos productores en el país. La composición del gas es un dato básico para determinar otras propiedades de este, tales como la gravedad específica, peso molecular, poder calorífico y viscosidad. Cualquier error generado al calcular una de estas propiedades puede reflejarse en los cálculos de caída de presión. Además la determinación correcta de la composición del gas es fundamental para el cálculo preciso de su poder calorífico, parámetro que le da el valor comercial al gas.

**Figura 14.** Campo petrolero Cusiana (Colombia)



**Fuente:** REPORTEROS ASOCIADOS un nuevo estilo de periodismo. [en línea]. Con acceso el 25/06/2017. [Colombia]. Disponible en World Wide Web: <http://www.reporterosasociados.com.co/2016/07/ecopetrol-asume-campo-cusiana-en-casanare/>

#### **4.9 RECOPIACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE**

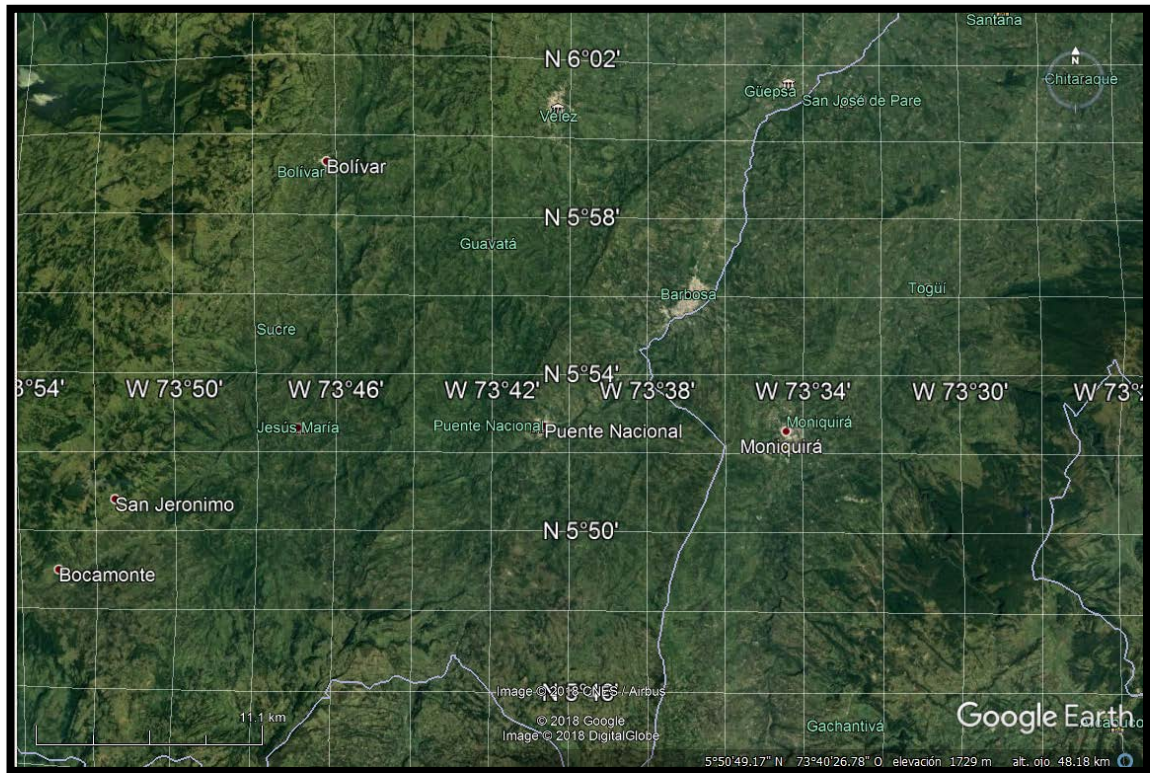
Esta fase de vital importancia en el cumplimiento de los objetivos del proyecto, consistió en la búsqueda y análisis de documentación y cartografía disponible tanto de la zona de estudio como de los temas a considerar. El análisis y la crítica de la información recogida permiten la comparación del estado anterior con la situación actual del área de estudio, el conocimiento de la evolución de algún elemento y las posibles causas de dicha evolución.

Se realizó la revisión de información de tipo técnico (libros, proyectos, informes, mapas y estudios anteriores similares realizados de la zona), ya que aportan datos importantes que complementan la información obtenida, en especial lo relacionado con los estudios de factibilidad y diseño para la construcción de la red de distribución de gas domiciliario para las veredas Semisa, Cantano, La Chicharrona, Peñitas, Agua Blanca y las vías de Guavatá y Jesús María del Municipio de Puente Nacional (Santander); y de tipo digital (planos en Autocad).

Se utilizaron como fuentes de información las suministradas, entre otras por las siguientes instituciones: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (I.G.A.C), INGEOMINAS, IDEAM, DANE y el Municipio (EOT).

Las fotos relacionadas son del Municipio de Puente Nacional tomadas desde la vereda de Corinto.

**Figura 15.** Mapa Puente Nacional y veredas aledañas



**Fuente:**Google Earth Pro. Image CNES Airbus 2018. Image Landsat Copernicus 2018  
Google Image Digital Globe 2018 Modificada por Autor

#### **4.10 CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO**

Las siguientes son las principales consideraciones a tener en cuenta al momento de realizar el diseño de la red de gas combustible:

- Tipo de gas suministrado.
- Intercambiabilidad de gases; lo cual hace referencia a la capacidad de sustituir un combustible gaseoso por otro en un equipo de combustión, de manera que este no represente ningún tipo de riesgo durante la combustión.
- Características topográficas, geográficas y geológicas del sector donde se construyan las líneas de servicios. (ver **Figura 2.**)
- Demanda máxima prevista de tal forma que no se presenten caídas de presión superiores a la máxima permisible (25psi.)
- La máxima caída de presión permisible, de forma que bajo las máximas condiciones probables de flujo, la presión a cada artefacto sea igual o superior a la mínima necesaria para su correcto funcionamiento y operación.



- Presión mínima (20psi) para el correcto funcionamiento del regulador.
- Factor de demanda o similitud.
- Previsiones Técnicas a tener en cuenta para atender demandas futuras.

#### 4.11 PRESIÓN MÁXIMA Y MÍNIMA DE LA RED

La máxima presión de operación del sistema (MPOP) y la mínima, dependen del elemento a transportar por la misma, para el caso del Municipio de Puente Nacional, es el Gas Natural por red.

**Tabla 11.** Presiones de operación

<b>GAS COMBUSTIBLE</b>	<b>PRESIÓN MÁXIMA</b>	<b>PRESIÓN MÍNIMA</b>
GAS NATURAL - GNC GLP	60 psi 23 - 28 psi	20 - 25 psi 15-20 psi

#### 4.12 FACTOR DE DEMANDA

Para un grupo de suscriptores, clientes o usuarios, se define como la relación entre la máxima demanda simultánea de gas del grupo y el total de la carga conectada. Este factor de demanda es diferente para cada gasodoméstico, entendiéndose como gasodoméstico a todo artefacto que funcione con gas como combustible. Se hace menor a medida que aumenta el número de usuarios.

#### 4.13 APLICACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS

Los diseños se realizaron bajo el soporte de las normas técnicas colombianas y de las resoluciones expedidas por el Ministerio de Minas y de la Comisión Reguladora de Energía y Gas.

Para la construcción, operación y mantenimiento del sistema de transporte y distribución del gas natural, al igual que el transporte y la distribución del gas natural comprimido y gas licuado del petróleo – GLP, se tienen en cuenta normas nacionales que rigen la actividad, en caso de no existir estas, se deben acoger normas internacionales plenamente reconocidas que regulen y garanticen la segura y correcta operación del sistema, algunas de estas normas 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

#### **4.14 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN**

Con la información registrada, se procedió a la aplicación de los principios técnicos de diseño, construcción y operación de redes de distribución domiciliaria de gas combustible. Posteriormente se realizó un estudio de las variables requeridas por el software de diseño (presión, temperatura, gravedad específica del gas, eficiencia de flujo), para lo cual se hizo un estudio de las características geofísicas del municipio, como altura, temperatura registrada (máxima y mínima).

#### **4.15 TIPO GAS SUMINISTRADO**

La red está diseñada para transportar tanto GLP (gas licuado del petróleo), en estado gaseoso a partir de tanques de almacenamiento estacionarios, como para garantizar el transporte de GAS NATURAL o cualquier otro gas combustible disponible. Para el caso del proyecto de distribución en el las veredas aledañas al Municipio de Puente Nacional, el combustible a suministrar es el Gas Natural.

#### **4.16 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

Para poder realizar el diseño de las redes arterias en esta fase se desarrolló el trabajo de campo que consistió en el reconocimiento general de los elementos del medio físico realizándose un recorrido completo por todo el casco urbano y el sector rural del municipio de Puente Nacional con el objetivo principal de obtener la mayor y de manera precisa la siguiente información:

- Se registró fotográficamente la morfología urbana del municipio caracterizando de forma general la estructura física del casco urbano, analizándose tanto las vías urbanas vehiculares como peatonales (pendiente del terreno, ancho y alto de andenes y vías, pasos especiales, etc.).(Ver **anexo E**) Además se tomó en cuenta:
- Determinación del número de viviendas y lotes por manzana.
- Determinación aproximada del número de viviendas a construir en los lotes y definir las posibles áreas de expansión urbana del municipio.
- Reconocimiento de la red hidrográfica del municipio, estableciendo los puntos críticos o cruces de la línea de distribución sobre pasos especiales (áreas

sensibles o de tratamiento especial) y cuerpos de agua (como cañadas, quebradas y ríos).

- Revisión y redefinición del trazado preliminar de los anillos periféricos, las poliválvulas y válvulas de seccionamiento.
- Revisión del trazado preliminar de la troncal para determinar su longitud real y el impacto que ocasiona sobre el medio (remoción de cobertura vegetal como la cantidad de árboles a quitar, obstaculización por obras civiles, etc.)
- Reconocimiento geológico de campo. Análisis de la estratigrafía (formaciones geológicas), tectónica, geomorfología y principalmente los grados de estabilidad, buscando evidencias que pudieran sugerir inconvenientes durante las etapas de construcción y operación.
- Identificación de la posible presencia de reservas forestales, áreas sensibles de valor ambiental y construcciones catalogadas como patrimonio histórico y cultural.

#### **4.17 PREVISIONES TÉCNICAS PARA SATISFACER NECESIDADES FUTURAS**

Otro factor a tener en cuenta es el Crecimiento poblacional, el cual se fija en un 1.0% acorde con los registros de DANE y EOT, se toma sobre la vida útil un horizonte del proyecto (20 AÑOS) lo que permite asumir un 20% (1.0% ANUAL) de crecimiento.

#### **4.18 TRAZADO DE LA TRONCAL Y MALLAS**

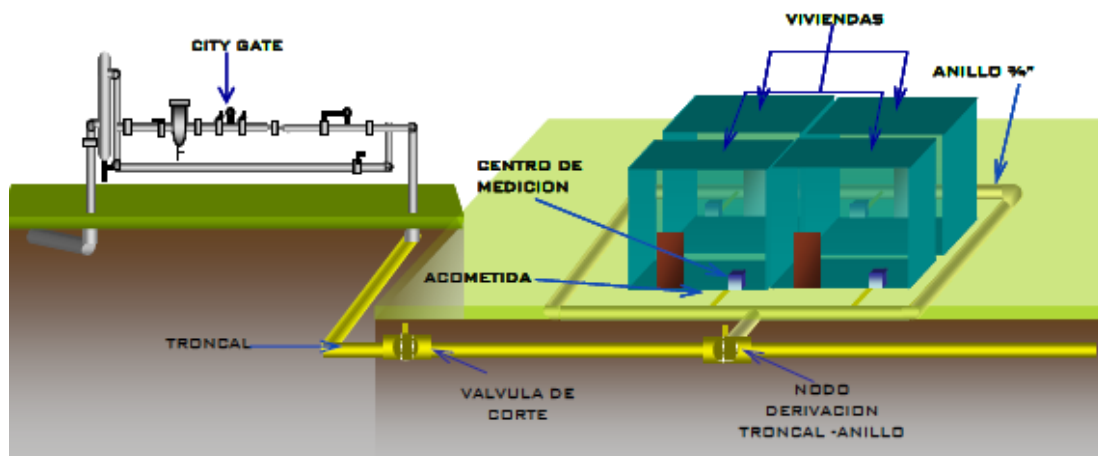
Una vez tabulada la información antes obtenida, se procedió a realizar el trazado definitivo de la tubería sobre el plano del sector rural, teniendo en cuenta las redes de distribución existentes y en operación en el casco urbano del Municipio de Puente Nacional, teniendo en cuenta:

- Zonas verdes, lotes, terrenos baldíos, colegios, escuelas, iglesias, parques, etc.
- Las vías principales y secundarias, pasajes comerciales, peatonales, etc.
- Características del terreno tales como tierra, asfalto, concreto, empedrado, etc.
- Topografía del terreno.
- Presencia de ríos, quebradas, puentes, etc., evitando que la red troncal tenga el menor número de pasos elevados posibles.

- Evitar un diseño complicado.
- Estética, armonía y principios de diseño.
- Presencia de reservas forestales y construcciones catalogadas como patrimonio histórico y cultural.
- Garantizar el suministro del gas por cualquier ruta que se pueda, en caso de que alguna sección de la red quede interrumpida por algún motivo.
- Evitar el transporte excesivo de gas por la red.

Después de hacer un estudio y análisis de estas variables, se lograra la mejor distribución y optimización de los diferentes tramos de tubería troncal y anillos de la red de gas domiciliario tal como se aprecia en el plano con el trazado de las redes. (Ver **Figura 17.**) Se tomó una (1) alternativa de suministro diseñada de forma óptima para el proceso de distribución.

**Figura 16.** Esquema de Suministro gas natural



**Fuente:** AutoCAD. Modificada por autor. Año 2017.

## 5. SIMULACIÓN SOFTWARE SIG

### 5.1 CÁLCULO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Una vez escogida la ecuación de flujo, de acuerdo a la presión del gas, a la temperatura y a la gravedad, el método de solución a utilizar e introducidos los demás datos al software, se obtienen resultados óptimos de presión en cada uno de los puntos de entrega (nodos), los caudales y los diámetros de tubería por tramo.

**5.1.1 Funcionamiento del Software.** El software de diseño de redes de gas, está desarrollado en ambiente Windows, lo que permite que su manejo sea sencillo. A continuación se explican las variables de entrada y la forma como fueron calculadas.

**5.1.2 Gravedad específica del gas.** 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, 14.7 psi). Para Gas Natural se utiliza 0.67, y para GLP se utilizó 1.8.

**5.1.3 Temperatura base.** Dato de entrada al software, que corresponde a las condiciones base, referencia o estándar (60°F).

**5.1.4 Presión base.** Dato de entrada al software, que corresponde a las condiciones base, referencia o estándar (14.7 psi).

**5.1.5 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 0,98. La eficiencia de flujo está relacionada con las pérdidas por fricción, las cuales para la tubería de polietileno y de acuerdo a su relación con la rugosidad son despreciables, por lo que se asumió 0.98.

**5.1.5.1 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 hemos escogido la ecuación de Weymouth<sup>10</sup> para gas a baja presión. La ecuación de Weymouth para el flujo de gas en tuberías. (Ver **Ecuación 1**).

#### Ecuación 1. Ecuación de Weymouth

$$Q = 280 * d^{2.667} \sqrt{\frac{(P_1^3 - P_2^3) * 520}{Sg * Lm * T}}$$

revistas UNIngeniería e Investigación ing.inv., Issue 44, p. 56-62,  
Con acceso el 22/07/2017. [Colombia]. Disponible en World Wide  
web: <https://revistas.unar.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/21300/22269>

**Fuente:** Gasoil S.A.S.

Dónde:

Q = Tasa de flujo, pies cúbicos por hora a condiciones normales.

T = Temperatura absoluta, (°R)

P1 = Presión de entrada al sistema considerado, psia.

P2 = Presión de salida del sistema considerado, psia.

d = Diámetro interno de la tubería, pulgadas.

Sg = Gravedad específica del gas (aire=1,0)

Lm = Longitud de la tubería, millas

La diferencia básica de las ecuaciones existentes para flujo de gas en tuberías radica en el valor correspondiente al coeficiente de fricción. Para el diseño de las redes, en este caso se utilizó la Ecuación de Flujo de Weymouth, por lo que se comporta muy bien bajo las condiciones de presión y temperatura presentes en el sitio del proyecto; aunque también se realizó la simulación con las ecuaciones de Spitzglass, y Oliphant, obteniéndose datos similares.

La Ecuación de Weymouth se usa principalmente en tramos o redes a bajas presiones (15-60 psi), de diámetros (3/4" 3") y longitudes pequeñas (menores 1500 metros) y en general en redes secundarias. Su coeficiente de fricción al igual que de las ecuaciones de Unwin, Spitzglass y Oliphant es función del diámetro interno de la tubería.

**5.1.6 Velocidad del Gas.** La velocidad del gas afecta la capacidad del sistema, la cual puede variar con la presión y el volumen de gas transportado. Un sistema de distribución de gas (GLP o Gas Natural) no debe presentar una velocidad mayor a 60 ft/seg, límite que puede extenderse hasta los 120 ft/seg cuando se trata de gas filtrado. Los resultados se presentan en la **Tabla 17**. El exceso debe evitarse, pues se puede producir lo siguiente:

- Ruidos o silbidos en la tubería que pueden irradiarse a las residencias cercanas.
- Polvo, líquido u otros materiales pequeños pueden ser arrastrados por el movimiento rápido del gas, produciendo abrasión en codos y tubería, debido a las coaliciones que estos producen.
- Una alta velocidad indica que la tubería está operando cerca de su máxima capacidad, lo cual debe evitarse.

De acuerdo con los parámetros de diseño en este documento, y con base en la normatividad vigente, se utilizó el Sistema Integrado de Gas – SIG para obtener los resultados de cálculo a partir del número de predios en el municipio, incluyendo las

zonas veredales aledañas, número de viviendas estimadas y crecimiento poblacional en un horizonte de 20 años. De igual forma se consideró un porcentaje de crecimiento de la red por efectos de la incidencia del sector comercial de 0.50% (casco urbano) y un porcentaje por crecimiento poblacional del 1,0% anual.

El consumo por unidad de vivienda se tomó en promedio de 16000 BTU/HR. Las propiedades básicas para el Gas Natural introducidas en la ecuación de Weymouth se observan en la **Figura 16**.

**Figura 17.** Propiedades del Gas Natural y Parámetros de Entrada SIG

**Fuente:** Programa simulador software SIG. Año 2017.

A partir de los datos de entrada (propiedades del gas, longitud de tramos de tubería, caudales en los nodos de diseño) y a través de un proceso iterativo el programa calcula las presiones de salida en cada nodo y tramo, así como los diámetros de tubería requeridos para el correcto funcionamiento del sistema. (Ver **Tabla 13** y **14**).

La demanda de gas para el sector rural Municipio de Puente Nacional, se calculó tomando como base el trabajo de campo 1.485 viviendas (Sector Rural); teniendo en cuenta además la proyección de crecimiento del municipio (1.0% anual).

Asumiéndose que en una vivienda de una familia Colombiana consume aproximadamente **0.6 a 0,7 m<sup>3</sup>/d en GAS NATURAL**, aceptando que la vivienda se encuentre dotada con una cocina con horno; así, y teniendo el número total de viviendas a ser dotadas con el combustible, solo se debe encontrar la cantidad de gas a ser consumido por la totalidad del municipio en metros cúbicos y hacer la transformación a pies cúbicos (1m<sup>3</sup> = 35,3147 ft<sup>3</sup>), unidad comúnmente utilizada al hablar del gas Combustible.

Debido a que la demanda obtenida es el consumo promedio diario, de esta manera se debe considerar que el gasto real puede estar tanto por encima como por debajo

del valor obtenido, por esta razón, para garantizar que el gasoducto tendrá la capacidad de abastecer el combustible en cualquier momento del día, se toma un valor de demanda de aproximadamente tres veces el valor promedio obtenido, que es el factor que se trabaja para las demandas de gas domiciliario en las horas pico.

La **Tabla 11**, ilustra el consumo promedio de algunos de los artefactos fundamentales a gas que se encuentran en una vivienda.

**Tabla 12.**Consumo promedio Gasodomésticos.

CONSUMO PROMEDIO DE ARTEFACTOS A GAS NATURAL		
	KJ/HR	BTU/HR
<b>ESTUFAS</b>		
QUEMADORES PEQUEÑOS	3360 – 4200	3185 - 3982
QUEMADORES MEDIANOS	5040 – 5880	4778 - 5574
QUEMADORES GRANDES	8400 – 10500	7963 - 9954
QUEMADORES DE HORNO	10500 – 16800	9954 - 15926
<b>CALENTADORES DE AGUA PASO DIRECTO</b>		
DE 3 LITROS /MIN.	19740 -21000	18714 - 19908
DE 5 LITROS /MIN.	30000 – 40000	28840 - 37920
DE 10 LITROS /MIN.	63000 – 67200	59724 - 63706
DE 12 LITROS /MIN.	75600 – 79800	71669 - 75650
DE 14 LITROS /MIN.	88200 – 94080	83614 - 89188
DE 16 LITROS /MIN.	100800 – 107100	95558 - 101531
<b>CALENTADORES DE AGUA (DE TANQUE)</b>		
DE 50 LTS CAPACIDAD 15 GLS	16800 – 21000	15926 - 19908
DE 50 LTS CAPACIDAD 15 GLS	21000 – 27300	19908 - 25880
DE 50 LTS CAPACIDAD 15 GLS	27300 – 33600	25880 - 31853
DE 50 LTS CAPACIDAD 15 GLS	33600 – 39900	31853 - 37825
<b>SECADORAS DE ROPA TIPO CENTRIFUGA</b>		
CONSUMO APROX. POR KG DE ROPA	4200	3982

Fuente: Gasoil S.A.S. Año 2017.

## 5.2 DISEÑO DE REDES ARTERIAS

En el cálculo de la red se determina para cada tramo, básicamente la siguiente información: la tasa de flujo y la presión en cada nodo del sistema.

## 5.3 REQUISITOS GENERALES

Cada uno de los componentes de un gasoducto urbano o red de distribución local, debe tener la capacidad de resistir presiones de operación y otras cargas previstas durante su instalación y vida útil.



Además se debe incluir para este proyecto personal calificado que este en capacidad de realizar las respectivas instalaciones cumpliendo con cada una de las normas que están sancionadas para el desarrollo de redes de gas domiciliarias desde el punto técnico, y de diseño cumpliendo con los requisitos generales para que se pueda establecer un buen funcionamiento de la operación de distribución y entrega de gas en cada uno de los domicilios.

#### **5.4 DEMANDA MÁXIMA HORARIA**

Para el diseño de la red debe tomarse en cuenta la demanda máxima horaria que es el consumo que se tiene en la hora del día de mayor demanda de año. También se le conoce como consumo máximo en la hora pico.

El diseño está previsto para que inicialmente sea construido un 85% aproximadamente de las redes en la zona rural calculada para el diseño y en un futuro se realicen las obras de interconexión que le permita a la red tener una mayor confiabilidad y cobertura (100%).

#### **5.5 TRAZADO**

Como los anillos están encargados de proporcionar gas a los usuarios directamente, deben circundar cada manzana completamente.

Un criterio común para el trazado es que cada nodo debe abastecer entre seis y nueve manzanas, dependiendo del número de viviendas por manzana. Este número varía de acuerdo al tamaño de la manzana, al número de usuarios, el consumo por usuario y de las costumbres de la región. Los criterios anteriores se ajustaron a la zona rural en el municipio.

#### **5.6 DIMENSIONAMIENTO**

Por experiencia y por criterio común de las distribuidoras, la unificación de un diámetro de tubería, facilita entre otros las siguientes actividades:

- La construcción de la red de gas
- Un mayor control de los inventarios de tubería
- Facilidad al momento de adelantar reparaciones

Estas variables han determinado que los anillos de distribución se hayan diseñado en tubería de polietileno de media densidad de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro.

#### **5.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Los resultados de los anillos indican que las caídas de presión son considerables pero siempre dentro del rango previsto de operación, debido a lo siguiente:

- El número de usuarios por manzana es medido requiriendo consumos altos, sobre todo en las manzanas donde se presentan sectores comerciales e industriales, los cuales requieren una mayor demanda del consumo.
- La presión de entrada en cada anillo (presión final del nodo en la troncal) es alta, por encima de **45 psi**. (ver **tabla 17**).

## **5.8 SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE**

Con la información registrada, se procedió a la aplicación de los principios técnicos de diseño, construcción y operación de redes de distribución domiciliaria de gas combustible. Posteriormente se realizó un estudio de las variables requeridas por el software de diseño (presión, temperatura, gravedad específica del gas, eficiencia de flujo), para lo cual se hizo un estudio de las características geofísicas del municipio de Puente Nacional, como temperatura registradas (máxima y mínima), además del análisis de los resultados de la cromatografía del Gas Natural, con el fin de obtener datos más exactos de la composición y características del fluido combustible a transportar o distribuir.

**5.8.1 Bases de Cálculo.** Se calculó el caudal en cada tramo partiendo del punto más lejano de la estación de recibo, considerando el caudal correspondiente al número de viviendas proyectadas a 20 años incluyendo las proyecciones de consumo del sector comercial y teniendo en cuenta que en todo nodo la suma algebraica de los flujos que entran y salen es igual a cero.

**5.8.2 Presión Mínima.** Se diseñó la red de gas con una presión mínima de llegada al regulador de cada vivienda de 15 - 20 psia, para garantizar la operación óptima de los reguladores y de los artefactos o gasodomésticos de la vivienda. Dado que los reguladores domiciliarios pueden operar a 25 psia.

**5.8.3 Presión Máxima.** La presión máxima en el sistema es de 60 psia y se presenta únicamente a la salida de la Estación de Entrega – Nodo Fuente y recorrido hasta el casco urbano en cada alternativa, condición establecida por las condiciones de operación de la tubería de polietileno de media densidad PE80.

**5.8.4 Temperatura de Flujo.** La temperatura considerada en los cálculos de flujo de gas, tenida en cuenta en el diseño de la red de distribución para el municipio de Puente Nacional es de 20 °C. Cuando la temperatura ambiente aumenta, la presión se incrementa en las redes, reduciéndose la caída de presión en las tuberías optimizando el flujo de gas por el sistema.

**5.8.5 Gravedad Específica del Gas.** 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, 14.7 psi), para el caso del gas natural se utilizó el valor de 0.67 y para el caso de GLP 1.8.

**5.8.6 Eficiencia de Flujo.** Es un factor el cual tiene un valor máximo de 1, que permite establecer las limitaciones del sistema por variables que no incluye la ecuación, tales como condiciones de operación, material de la tubería y estado de las mismas.

**5.8.7 Factor de Demanda.** Para un grupo de suscriptores, clientes o usuarios, se define como la relación entre la máxima demanda simultánea de gas del grupo y el total de la carga conectada. Este factor de demanda es diferente para cada gasodoméstico y se hace menor a medida que aumenta el número de usuarios. Los factores de demanda (FD) que se tuvieron en cuenta para el diseño de la red se pueden observar en la **Tabla 12**, donde Nv corresponde al número de viviendas a las que se les instalará el servicio de gas Combustible.

**Tabla 13.** Factor de Demanda o Similitud.

Nv	FD	Nv	FD	Nv	FD	Nv	FD	Nv	FD	Nv	FD
1	1	11	0,64	21	0,55	31	0,51	41	0,48	60	<b>0,45</b>
2	0,8	12	0,63	22	0,54	32	0,51	42	0,47	70	<b>0,43</b>
3	0,78	13	0,62	23	0,54	33	0,5	43	0,47	80	<b>0,42</b>
4	0,76	14	0,61	24	0,53	34	0,5	44	0,47	90	<b>0,41</b>
5	0,74	15	0,6	25	0,53	35	0,5	45	0,47	100	<b>0,4</b>
6	0,72	16	0,59	26	0,53	36	0,49	46	0,47	200	<b>0,38</b>
7	0,7	17	0,58	27	0,52	37	0,49	47	0,46	300	<b>0,36</b>
8	0,68	18	0,57	28	0,52	38	0,49	48	0,46	400	<b>0,33</b>
9	0,66	19	0,56	29	0,52	39	0,48	49	0,46	500	<b>0,3</b>
10	<b>0,65</b>	<b>20</b>	<b>0,55</b>	<b>30</b>	<b>0,51</b>	<b>40</b>	<b>0,48</b>	<b>50</b>	<b>0,46</b>	<b>1000</b>	<b>0,26</b>

**Fuente:** Empresas Públicas de Medellín. Año 2016.

Por tal razón este parámetro se tuvo en cuenta en las consideraciones de diseño, en donde se analizaron los puntos críticos (tramos de caudales mayores, a mayor caudal mayor velocidad) en cada tipo de tubería (diferentes diámetros), obteniéndose velocidades en el rango permitido para todos los tramos ubicados en el casco urbano y sector rural del municipio. Se tomó la decisión de no incrementar diámetros de tubería para disminuir velocidades para no incurrir en sobredimensionamiento de la red de distribución. (Ver **tabla15**)

**5.8.7 Elementos de una red.** Una red es un conjunto de tuberías interconectadas o tramos en varias direcciones y que transportan gas desde uno a varios puntos o nodos hacia los demás componentes del sistema o viceversa.

- Nodo: punto donde se conectan dos o más tuberías de una red, o el punto donde ocurre un flujo externo.
- Nodo fuente: punto de la red por el cual se suministra el caudal de gas a distribuir.
- Tramo: sección de tubería que une dos nodos.
- Malla: todo recorrido cerrado formado por un conjunto de tramos en la red.

En la **Tablas 13** se aprecian los datos básicos de demanda y tramos del sistema de distribución. Se debe tener consideraciones de la red actual existente ya que se trata de una expansión para zonas veredales a la cabecera municipal.

**Tabla 14.** Caudal por nodo para la Red Troncal Sector Expansión + Red existente Casco Urbano

Nodo	Viviendas actuales	Viviendas Proyectadas	Sector Comercial	Total Viviendas	Qviv	Qnodo	Qnodo
		1,00%	%		(BTU/h)	(BTU/h)	(MMPCD)
1	88	18		106	16.000	658.944	0,005930
2	49	10		59	16.000	366.912	0,003302
3	62	12		74	16.000	464.256	0,004178
4	45	9		54	16.000	336.960	0,003033
5	102	20		122	16.000	763.776	0,006874
6	120	24		144	16.000	898.560	0,008087
7	58	12		70	16.000	434.304	0,003909
8	0	-		-	16.000	0	0,000000
9	80	16		96	16.000	599.040	0,005391
10	0	-		-	16.000	0	0,000000
11	140	28		168	16.000	1.048.320	0,009435
12	56	11		67	16.000	419.328	0,003774
13	80	16		96	16.000	599.040	0,005391
14	110	22		132	16.000	823.680	0,007413
15	80	16		96	16.000	599.040	0,005391
16	38	8		46	16.000	284.544	0,002561
17	105	21		126	16.000	786.240	0,007076
18	120	24		144	16.000	898.560	0,008087
19	70	14		84	16.000	524.160	0,004717
20	54	11		65	16.000	404.352	0,003639
21	0	-		-	16.000	0	0,000000
22	0	-		-	16.000	0	0,000000
23	81	16		97	16.000	606.528	0,005459
24	73	15		88	16.000	546.624	0,004920
25	86	17		103	16.000	643.968	0,005796
26	61	12		73	16.000	456.768	0,004111
27	0	-		-	16.000	0	0,000000
28	67	13		80	16.000	501.696	0,004515
29	78	16		94	16.000	584.064	0,005257
30	88	18		106	16.000	658.944	0,005930
31	32	6		38	16.000	239.616	0,002157
32	79	16		95	16.000	591.552	0,005324
33	42	8		50	16.000	314.496	0,002830
34	118	24		142	16.000	883.584	0,007952
35	112	22		134	16.000	838.656	0,007548
36	34	7		41	16.000	254.592	0,002291
37	101	20		121	16.000	756.288	0,006807
38	0	-		-	16.000	0	0,000000
39	28	6		34	16.000	209.664	0,001887
40	130	26		156	16.000	973.440	0,008761
<b>TOTAL</b>	<b>2.667</b>	<b>533</b>	<b>-</b>	<b>3.200</b>		<b>0,045557</b>	

**Fuente:** Resultado simulador software SIG. Modificada por autor. Año 2017

El proyecto al ser ampliación de la red existente en el Municipio de Puente Nacional, en la simulación de la red de distribución se incluye el número de usuarios del Casco Urbano que cuenta actualmente con servicio y los usuarios a conectar pertenecientes al sector rural. (2.667 usuarios, 1182 Casco Urbano y 1.485 usuarios Nuevos Sector Rural). A partir de la recopilación de la información, el reconocimiento de la zona se determina las viviendas que van a ser beneficiadas y

así mismo la longitud verdadera de los tramos, adicionalmente el diámetro de la tubería a utilizar. (Ver **Tabla 14**).

**Tabla 15.** Longitud y Diámetro de tubería troncal por tramos.

Tramo	Longitud (metros)	Longitud (millas)	Diámetro (pulgadas)
1_2	1484	0,9221	1"
2_3	870	0,5406	1"
2_10	132	0,0820	1"
10_9	109	0,0677	1"
9_8	132	0,0820	1"
8_7	400	0,2485	2"
7_6	365	0,2268	2"
6_5	280	0,1740	1"
10_11	108	0,0671	1"
11_12	140	0,0870	1"
12_13	266	0,1653	1"
13_4	98	0,0609	1"
13_15	152	0,0944	1"
15_16	850	0,5282	1"
16_17	436	0,2709	1"
15_14	35	0,0217	1"
14_18	102	0,0634	1"
18_19	260	0,1616	1"
19_22	132	0,0820	1"
18_21	30	0,0186	1"
21_25	24	0,0149	1"
25_24	98	0,0609	2"
24_20	72	0,0447	1"
20_12	148	0,0920	1"
24_23	214	0,1330	2"
23_28	62	0,0385	2"
28_27	67	0,0416	2"
27_26	200	0,1243	2"
8_27	405	0,2517	2"
26_32	102	0,0634	2"
32_31	40	0,0249	2"
31_30	756	0,4698	2"
30_29	452	0,2809	1"
32_33	1028	0,6388	2"
33_34	520	0,3231	2"
34_35	1425	0,8855	1"
34_37	1030	0,6400	1"
31_36	600	0,3728	2"
36_38	200	0,1243	2"
38_39	903	0,5611	3"
39_40	800	0,4971	2"
<b>Total</b>	<b>15.527</b>	<b>9,6481</b>	

**Fuente:** Resultado simulador software SIG. Modificada por autor. Año 2017.

La **Tabla 15** es verdaderamente importante debido a que identifica los nodos de mayor influencia, o críticos, porque a partir de cada uno de ellos se establece y se asegura que las presiones que se están teniendo en cada uno de los diferentes puntos corresponden a la indicada, todo esto cumpliendo y respetando las

condiciones básicas de diseño y asegurando un buen funcionamiento de operación de la red y de los mismos equipos que hacen parte de la misma.

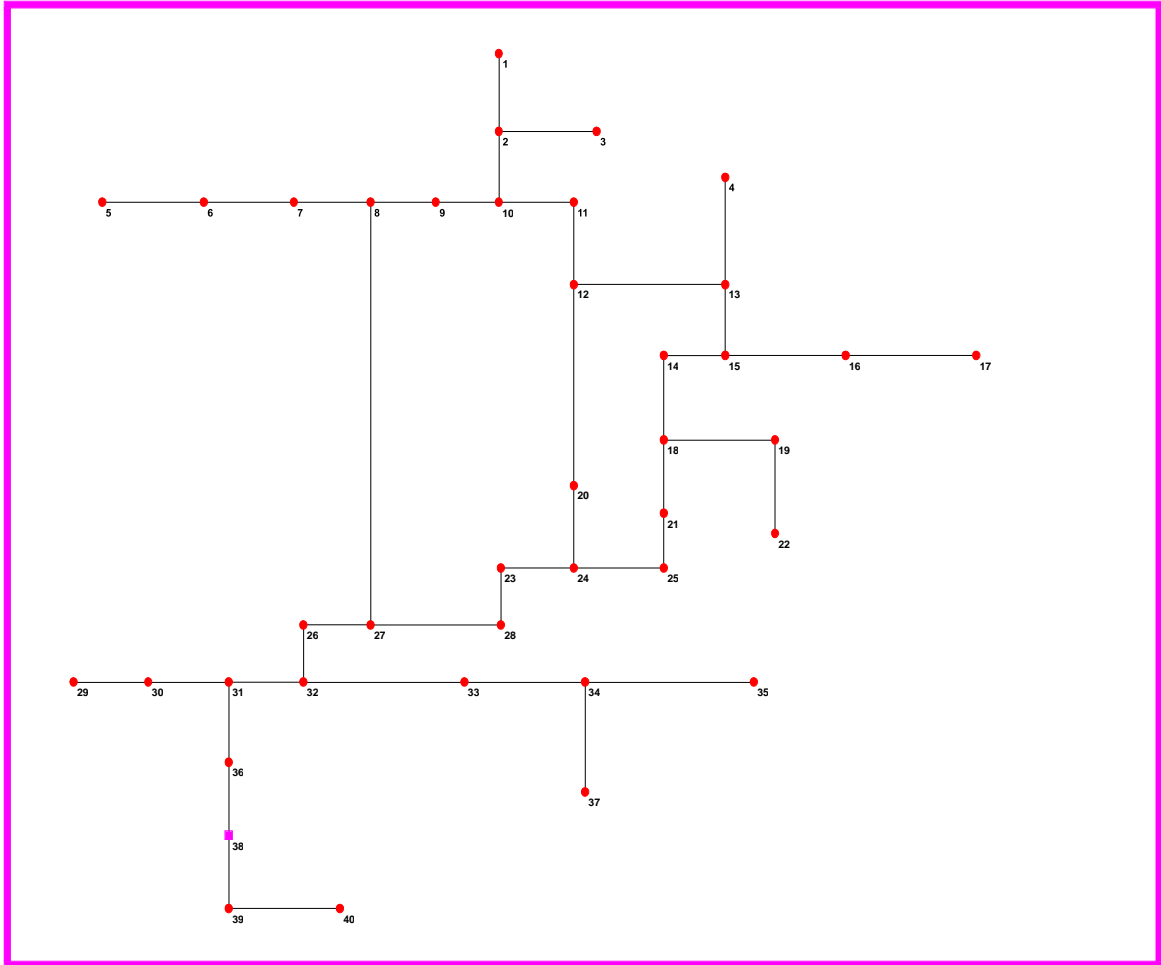
**Tabla 16.** Nodos críticos

Nodo	Presión [psia]
1	52,4547
5	53,9171
6	54,0393
9	53,2974
11	52,8393
13	52,3544
14	52,3379
15	52,3081
17	51,3342
18	52,6108
23	53,2931
25	53,0568
30	55,4372
34	55,2034
35	55,0308
37	55,2034
40	59,9919

**Fuente:** Resultado simulador software SIG. Modificada por autor. Año 2017.

La **Figura 18** muestra la simulación por medio del SIG donde se representan los nodos que van a ser utilizados para la troncal, es importante fundamentar que para la selección de los nodos es importante conocer el conjunto de los factores de la simulación.

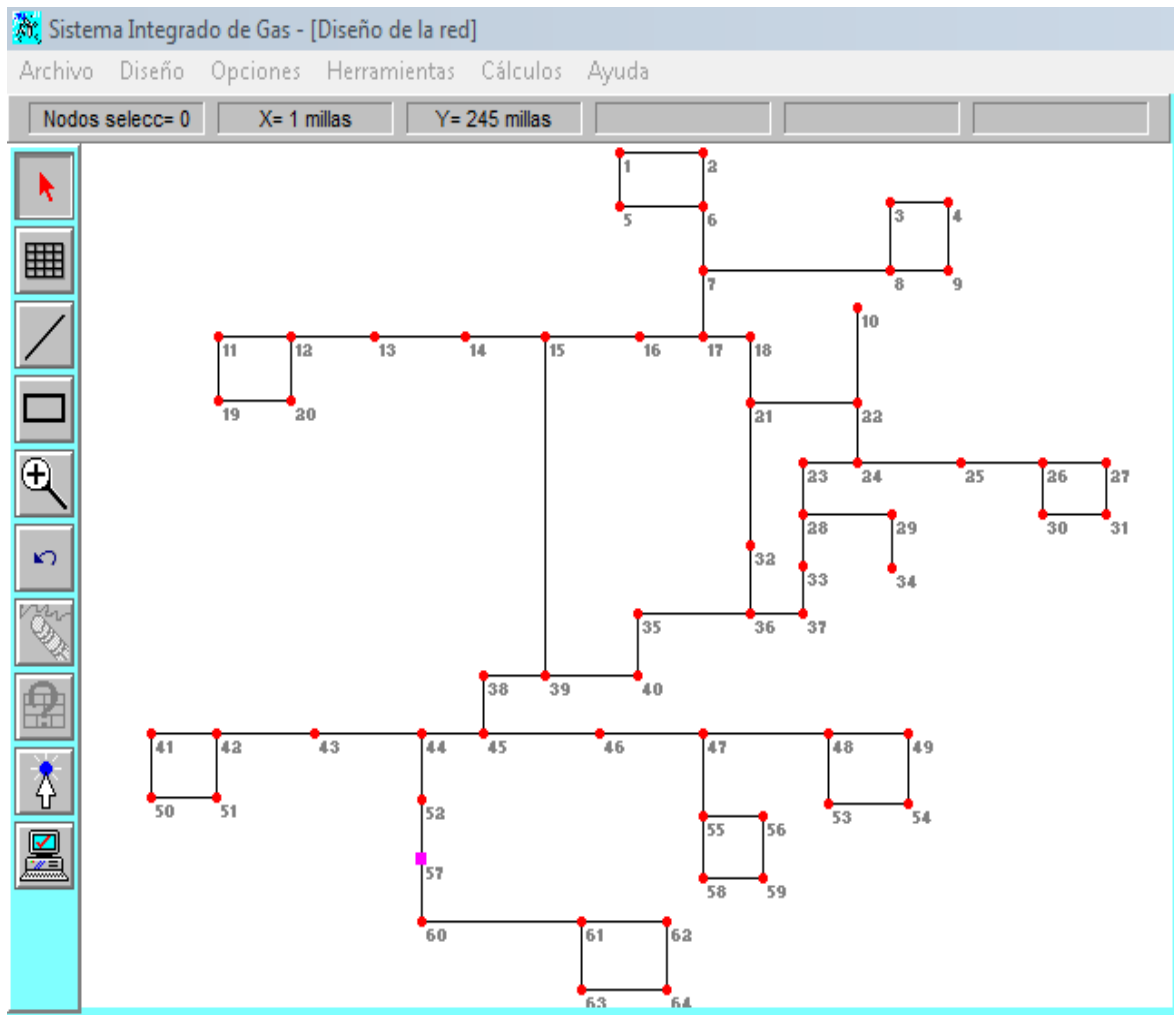
**Figura 18.** Simulación Red Troncal



**Fuente:** Gasoil E.S.P. Resultado simulador software SIG. Año 2017.

La **Figura 19.** No es más que la simulación de la red troncal incluyendo los anillos.

**Figura 19.** Simulación Red Troncal y Anillos municipio de Puente Nacional.



**Fuente:** Resultado simulador software SIG. Modificada por autor. Año 2017.

## 5.9 RESULTADOS DEL SOFTWARE

Los cálculos simulados en el software de diseño tanto para la Red Troncal en tubería de polietileno como las manzanas anilladas para cada nodo se pueden apreciar en la **Tabla 16**. Donde por medio de diferentes iteraciones que realiza el simulador SIG conocemos el caudal correspondiente a cada uno de los nodos y de los tramos utilizando la ecuación de Weymouth que a consideración fue la más acertada para cada uno de los criterios y parámetros que se reconocieron durante el desarrollo del proyecto.

Es importante mencionar que durante la simulación se pueden obtener caudales negativos, esto hace referencia es a la orientación del flujo de gas para mantener las perdidas y compensación del gas en el sistema.



**Tabla 17.** Caudal y Presión de la Red Troncal por sección de tubería.

Tramo	Long. [millas]	Diam. [pulg]	Caudal. [MMpc/día]	Nodo	Entrega. [MMpc/día]	Presión. [psia]
1 - 2	0.372800	1.0000	-0.006000	1	0.008000	52.4547
2 - 3	0.540000	1.0000	0.004200	2	0.003300	52.6581
2 - 10	0.082000	1.0000	-0.013500	3	0.004200	52.5138
10 - 11	0.087100	1.0000	0.006626	4	0.003000	52.3460
11 - 12	0.087000	1.0000	-0.002874	5	0.006900	53.9171
12 - 13	0.165300	1.0000	0.014073	6	0.008100	54.0393
4 - 13	0.061000	1.0000	-0.003000	7	0.004000	54.0580
13 - 15	0.094400	1.0000	0.005673	8	0.000001	54.0908
15 - 16	0.528200	1.0000	0.009700	9	0.005400	53.2974
16 - 17	0.270900	1.0000	0.007100	10	0.000010	52.8837
14 - 15	0.022000	1.0000	0.009427	11	0.009500	52.8393
14 - 18	0.063400	1.0000	-0.016837	12	0.003800	52.8501
18 - 19	0.161600	1.0000	0.004730	13	0.005400	52.3544
19 - 22	0.082200	1.0000	0.000010	14	0.007410	52.3379
18 - 21	0.018600	1.0000	-0.029667	15	0.005400	52.3081
21 - 25	0.015000	1.0000	-0.029677	16	0.002600	51.5457
24 - 25	0.061000	2.0000	0.035477	17	0.007100	51.3342
20 - 24	0.045000	1.0000	-0.024446	18	0.008100	52.6108
12 - 20	0.092000	1.0000	-0.020746	19	0.004720	52.5560
23 - 24	0.133000	2.0000	0.064844	20	0.003700	52.6803
23 - 28	0.038500	2.0000	-0.070344	21	0.000010	52.8581
27 - 28	0.042000	2.0000	0.074854	22	0.000010	52.5560
8 - 27	0.252000	2.0000	-0.044537	23	0.005500	53.2931
8 - 9	0.082000	1.0000	0.025536	24	0.004920	53.0854
9 - 10	0.068000	1.0000	0.020136	25	0.005800	53.0568
26 - 27	0.124000	2.0000	0.119401	26	0.004110	54.9129
26 - 32	0.063400	2.0000	-0.123511	27	0.000010	54.2731
31 - 32	0.024900	2.0000	0.149382	28	0.004510	54.1873
31 - 36	0.372800	2.0000	-0.162772	29	0.005260	55.3254
36 - 38	0.124300	2.0000	-0.165212	30	0.005930	55.4372
38 - 39	0.404000	3.0000	0.010440	31	0.002200	55.4581
39 - 40	0.263000	2.0000	0.008600	32	0.005200	55.2598
32 - 33	0.248500	2.0000	0.020671	33	0.004600	55.2218
33 - 34	0.199000	2.0000	0.016071	34	0.008770	55.2034
34 - 35	0.224000	1.0000	0.007300	35	0.007300	55.0309

Tramo	Long. [millas]	Diam. [pulg]	Caudal. [MMpc/día]	Nodo	Entrega. [MMpc/día]	Presión. [psia]
34 - 37	0.265000	1.0000	0.000001	36	0.002440	58.8721
30 - 31	0.469000	2.0000	-0.011190	37	0.000001	55.2034
29 - 30	0.281000	1.0000	-0.005260	38	Nodo Fuente	60.0000
7 - 8	0.248500	2.0000	-0.016000	39	0.001840	59.9983
6 - 7	0.227000	2.0000	-0.015000	40	0.008600	59.9919
5 - 6	0.174000	1.0000	-0.006900			

**Fuente:** Resultado simulador software SIG. Modificada por autor. Año 2017.

A partir de los datos obtenidos en el software, podemos asegurar un óptimo desempeño en cuanto a los límites de las presiones que se mencionaron durante el desarrollo del proyecto y que no se excedían de 60 psia, estas mismas juegan un papel importante cuando nos referimos a un diseño, ya que de ellas depende el funcionamiento y así asegurar que no exista un déficit en la prestación del servicio.

**Tabla 18.** Caudal y Presión de la Red Troncal y anillos por sección de tubería

Distribución de Caudales y Presiones

Tramo	Caudal, [MMpc/día]	Nodo	Presión, [psia]
6-7	-0.010376	1	47.520
7-17	-0.020134	2	47.679
16-17	0.020903	3	48.823
15-16	0.026294	4	48.762
15-39	-0.050324	5	47.679
39-40	0.079401	6	49.086
35-40	-0.074886	7	49.734
35-36	0.069427	8	49.371
17-18	0.000768	9	48.823
18-21	-0.008667	10	49.811
21-22	0.010889	11	49.924
22-24	0.002465	12	51.131
23-24	0.011505	13	51.522
23-28	-0.018918	14	51.557

Cerrar

Distribución de Caudales y Presiones

Tramo	Caudal, [MMpc/día]	Nodo	Presión, [psia]
28-33	-0.031732	15	51.612
33-37	-0.031742	16	50.730
36-37	0.037538	17	50.263
32-36	-0.026969	18	50.028
21-32	-0.023330	19	49.788
28-29	0.004727	20	49.924
29-34	0.000010	21	50.132
24-25	0.008579	22	49.820
25-26	0.006018	23	49.856
26-30	0.002655	24	49.810
30-31	0.000885	25	49.185
27-31	0.000885	26	49.026
26-27	0.002655	27	47.350
10-22	-0.003033	28	50.218

Cerrar

Distribución de Caudales y Presiones

Tramo	Caudal, [MMpc/día]	Nodo	Presión, [psia]
10-22	-0.003033	27	47.350
14-15	-0.024030	28	50.218
13-14	-0.020121	29	50.160
12-13	-0.012034	30	47.350
12-20	0.002580	31	47.160
19-20	-0.000860	32	50.922
11-19	0.000860	33	50.514
11-12	-0.002580	34	50.160
2-6	-0.002223	35	51.673
1-2	-0.000741	36	51.428
1-5	-0.000741	37	51.395
5-6	-0.002223	38	52.647
38-39	0.129726	39	51.856
38-45	-0.133837	40	51.756

Cerrar

Tabla 17 (Continuación)

Tramo	Caudal, [MMpc/día] ▲	Nodo	Presión, [psia] ▲
38-45	-0.133837	40	51.756
44-45	0.177725	41	51.631
44-52	-0.195089	42	52.961
52-57	-0.197527	43	53.323
57-60	0.016765	44	53.363
60-61	0.014926	45	53.071
61-62	0.003195	46	52.933
62-64	0.001065	47	52.846
63-64	0.001065	48	52.298
61-63	0.003195	49	48.924
45-46	0.038701	50	51.481
46-47	0.034129	51	51.631
47-48	0.012718	52	58.381
48-53	0.002730	53	48.924

Cerrar

Tramo	Caudal, [MMpc/día] ▲	Nodo	Presión, [psia] ▲
48-53	0.002730	52	58.381
53-54	0.000910	53	48.924
49-54	0.000910	54	48.535
48-49	0.002730	55	52.204
47-55	0.012643	56	50.243
55-56	0.002700	57	60.000
56-59	0.000900	58	50.243
58-59	0.000900	59	50.020
55-58	0.002700	60	59.996
43-44	-0.015207	61	59.976
42-43	-0.009277	62	57.583
42-51	0.002010	63	57.583
50-51	-0.000670	64	57.311
41-50	0.000670		

Cerrar

Tramo	Caudal, [MMpc/día] ▲	Nodo	Presión, [psia] ▲
58-59	0.000900	52	58.381
55-58	0.002700	53	48.924
43-44	-0.015207	54	48.535
42-43	-0.009277	55	52.204
42-51	0.002010	56	50.243
50-51	-0.000670	57	60.000
41-50	0.000670	58	50.243
41-42	-0.002010	59	50.020
7-8	0.006458	60	59.996
3-8	-0.001140	61	59.976
3-4	0.000380	62	57.583
4-9	-0.000380	63	57.583
8-9	0.001140	64	57.311

Cerrar

Fuente: Resultado simulador software SIG. Modificada por autor. Año 2017.

**Tabla 19. Velocidades del Gas**

TRAMO	CAUDAL		DIAMETRO pulg	AREA		VELOCIDAD ft/seg
	MMPCD	ft3/seg		pulg2	ft2	
18_19	0,258	2,9861	2,15787402	3,6572	0,025381	117,65
13_14	0,166	1,9155	2,15787402	3,6572	0,025381	75,47
6_14	0,056	0,6447	1,19606299	1,1236	0,007798	82,68
16_17	0,011	0,1273	0,95629921	0,7183	0,004985	25,54

**Fuente:** Resultado simulador software SIG. Modificada por autor. Año 2017.

**Tabla 20. Cantidad Tendido Tubería de Polietileno por Diámetro Y Obra Civil**

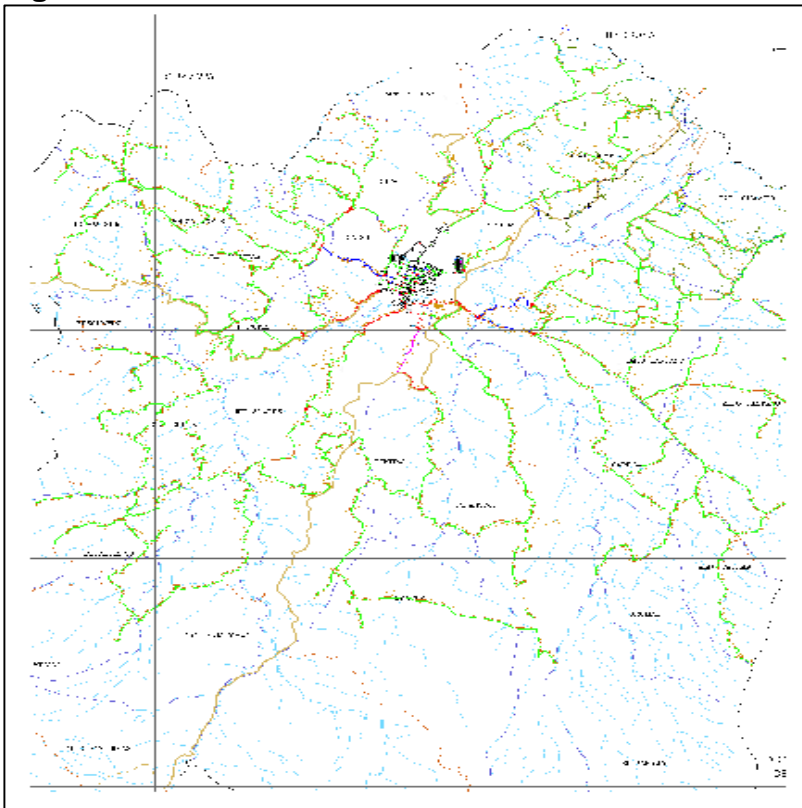
REDES DE DISTRIBUCION	214.086,00
<i>Tubería de Polietileno de 3/4 pulg. en Calzada Concreto</i>	-
<i>Tubería de Polietileno de 3/4 pulg. en Anden Concreto</i>	-
<i>Tubería de Polietileno de 3/4 pulg. en Zona Verde</i>	183.655,0
<i>Tubería de Polietileno de 3/4 pulg en Piedra</i>	18.163,0
<i>Tubería de Polietileno de 1 pulg. en Calzada Concreto</i>	284,0
<i>Tubería de Polietileno de 1 pulg. en Anden Concreto</i>	567,0
<i>Tubería de Polietileno de 1 pulg. en Zona Verde</i>	5.602,0
<i>Tubería de Polietileno de 1 pulg en Piedra</i>	638,0
<i>Tubería de Polietileno de 2 pulg. en Calzada Concreto</i>	-
<i>Tubería de Polietileno de 2 pulg. en Anden Concreto</i>	-
<i>Tubería de Polietileno de 2 pulg. en Zona Verde</i>	3.932,0
<i>Tubería de Polietileno de 2 pulg en Piedra</i>	342,0
<i>Tubería de Polietileno de 3 pulg. en Calzada Concreto</i>	-
<i>Tubería de Polietileno de 3 pulg. en Anden Concreto</i>	-
<i>Tubería de Polietileno de 3 pulg. en Zona Verde</i>	813,0
<i>Tubería de Polietileno de 3 pulg en Piedra</i>	90,0

**FUENTE:** Gasoil S.A.S E.S.P. AÑO 2017.

## 6. ESTUDIO FINANCIERO

El Municipio de Puente Nacional Santander se encuentra ubicado hacia el sur del Departamento de Santander, un pequeño porcentaje de la zona urbana carece de suministro de gas natural, sin embargo, la mayor parte de las veredas aledañas no cuenta con el servicio, como consecuencia, las comunidades se han visto forzadas a utilizar leña como fuente de energía la cual produce un 80% más de Dióxido de Carbono que el gas natural, esto ha generado la inhalación de humo por parte de las comunidades desencadenando graves enfermedades respiratorias; por otro lado, la tala de árboles ha ocasionado deforestación masiva afectando la flora y fauna del área de influencia. Un gran porcentaje de la población en sustitución de leña utiliza Gas Licuado del Petróleo, sin embargo, se han reportado altos índices de accidentalidad asociado a este recurso. La empresa Gasoil S.A.S E.S.P diseño una red se gas natural para las Veredas Semisa, Cantano, La Chicharrona, Peñitas, Aguablanca y las vías de Guavata y Jesus Maria. En la **Figura 19** se presenta el diseño final de la red.

**Figura 20.** Plano de Puente Nacional – Sector Rural



**Fuente:** Gasoil S.A.S. Año 2016.

La evaluación financiera fue desarrollada desde la posición de la empresa Gasoil S.A.S E.S.P. la cual asume los costos de construcción y operación de la red. El tiempo estipulado para la evaluación corresponde a 20 años (la tarifa del servicio

de gas combustible por red es calculada con base en la demanda proyectada para dicho periodo tal como lo establece la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG en la resolución 011 del 2003) segmentado en cinco periodos cuatrienales. La empresa realiza todas las operaciones monetarias en Pesos Colombianos (COP). El Departamento Comercial de la compañía establece una Tasa de Interés de Oportunidad de 13.5 % E.A., para la ejecución de sus proyectos. El indicador financiero utilizado correspondió al Valor Presente Neto (VPN).

## **6.1 ANALISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN (CAPEX)**

Los costos de inversión corresponden a los desembolsos que realiza la empresa con el propósito de ofrecer un servicio y obtener resultados satisfactorios.

El costo de inversión del proyecto está asociado a los costos básicos de construcción de la red de distribución de gas natural, para una cobertura del 85% aproximadamente del total de las viviendas estimadas como viables desde el punto de vista técnico. No incluye la obra requerida para expansiones futuras de la red.

El costo de construcción de la red está compuesto por tres factores:

- i. **Suministro de tubería y accesorios:** Cantidades de tuberías necesarias para la construcción.
- ii. **Costos de construcción de redes:** Excavación, tapado y limpieza, colocación de caja válvula y mano de obra.
- iii. **Suministro, sistema de distribución de gas natural:** Requerimientos necesarios para el montaje del sistema de distribución de gas natural.

En la **Tabla 19** se presentan los costos totales del proyecto, de la red externa, acometidas, centros de medición y red interna.

**Tabla 21. Costo Totales del Proyecto – Incluye Derechos De Conexión (cifras en COP)**

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO PRECIOS CREG	VALOR TOTAL	ENTE COFINANCIADOR
1	<b>SISTEMA DE DISTRIBUCION DE GAS NATURAL</b>				<b>4.713.067.061</b>	<b>MUNICIPIO – TRANSPORTADORA DE GAS INTERNACIONAL (85%)  GASOIL FINANCIA EL 15%</b>
	<b>REDES DE DISTRIBUCION</b>	<b>214.086</b>			<b>4.713.067.061</b>	
	Tubería de Polietileno de 3/4 pulg. en Zona Verde	183.655	ML	18.059	3.316.683.313	
	Tubería de Polietileno de 3/4 pulg en Piedra	18.163	ML	47.187	857.057.481	
	Tubería de Polietileno de 1 pulg. en Calzada Concreto	284	ML	72.379	20.555.651	
	Tubería de Polietileno de 1 pulg. en Anden Concreto	567	ML	51.872	29.411.922	
	Tubería de Polietileno de 1 pulg. en Zona Verde	5.602	ML	20.571	115.242.305	
	Tubería de Polietileno de 1 pulg en Piedra	638	ML	48.945	31.226.910	
	Tubería de Polietileno de 2 pulg. en Zona Verde	3.932	ML	31.362	123.316.151	
	Tubería de Polietileno de 2 pulg en Piedra	342	ML	66.755	22.830.210	
	Tubería de Polietileno de 3 pulg. en Zona Verde	813	ML	51.772	42.090.772	
	Tubería de Polietileno de 3 pulg en Piedra	90	ML	78.899	7.100.910	
	Cruces Via Nacional	2	UND	12.000.000	24.000.000	
	Caja Válvula	42	UND	526.588	22.116.696	
	Pasos Elevados	1	GL	65.000.000	65.000.000	
	Caja de Inspección	10	UND	3.643.474	36.434.740	
2	<b>DERECHOS DE CONEXIÓN (CREG 057 DE 1996)</b>				<b>839.500.200</b>	<b>GOBERNACIÓN DE SANTANDER</b>
	Acometida + Centro de medición	1.485	UND	565.320	839.500.200	
3	<b>RED INTERNA</b>				<b>1.009.286.190</b>	<b>USUARIOS - MUNICIPIO – TRANSPORTADORA DE GAS INTERNACIONAL</b>
	Red Interna	1.485	UND	679.654	1.009.286.190	
4	<b>VALOR TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>6.561.853.451</b>	

**Fuente.** Masificación De Gas Natural Sector Rural Aledaño A La Cabecera Municipal De Puente Nacional – Santander. Gasoil S.A.S E.S.P. Pág.62.

Tal como se evidencia en la tabla, del costo total del proyecto, GASOIL S.A.S E.S.P. únicamente financia el 15% de las redes de distribución, lo demás es financiado por el municipio, Transportadora de Gas Internacional (TGI), Gobernación de Santander y los usuarios. En la **Tabla 20** se presenta los costos de inversión inicial de cada uno de los entes cofinanciadores.

**Tabla 22.** Costo de inversión inicial (cifras en COP).

Ente cofinanciador	Costo red de distribución	% de participación	Valor participación
GASOIL S.A.S	4.713.067.061	15%	706.960.059
TGI		21%	1.000.000.000
MUNICIPIO		64%	3.006.107.002
	<b>Total</b>	100%	

**Fuente:** Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017.

El valor neto de la inversión por parte de Gasoil S.A.S para el periodo cero, corresponde a un valor de 709.960.059 COP.

## 6.2 ANALISIS DE COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación están representados por los sueldos y salarios, contribuciones efectivas, aportes sobre la nómina, gastos generales, mantenimiento, impuestos, contribuciones y tasas.

Los sueldos y salarios corresponden a gastos de personal en oficina principal y en el municipio. En la oficina principal los cargos están compuestos por asistente de gerencia, gerente, asistente administrativo (control interno), contador, revisor fiscal, ingeniero de petróleos y la auditoria externa. El personal correspondiente al municipio está compuesto por el coordinador del municipio, la secretaria y el personal técnico de obras el cual está compuesto por un técnico, un operario del sistema de almacenamiento y descompresión de gas, y un operario de redes de distribución, el técnico está dotado de sistemas de comunicación como radioteléfono y celular.

En la **Tabla 21** se presenta los costos resumidos de sueldos y salarios, contribuciones efectivas y aportes sobre la nómina. Es importante mencionar que a partir del segundo periodo la nómina del municipio se reduce, suprimiendo el cargo del coordinador. Además, a partir del décimo año se estipula reducir personal para disminuir los costos asociados al presente factor en 29% aproximadamente.



**Tabla 23.** Costos resumidos asociados a talento humano (cifras en COP)

Periodo	Sueldos y salarios	Contribuciones efectivas	Aportes sobre la nomina	Total
1	237.511.489	60.606.178	9.748.460	307.866.128
2	235.075.089	59.984.478	9.648.460	304.708.028
3	201.048.327	51.301.816	8.251.860	260.602.003
4	167.021.564	42.619.154	6.855.260	216.495.979
5	167.021.564	42.619.154	6.855.260	216.495.979

**Fuente.** Proyección de gastos de operación, operación y mantenimiento. Gasoil S.A.S E.S.P. Año 2017.

Los costos de operación correspondientes a impuestos, contribuciones y tasas están compuestos por los aportes correspondientes a la CREG y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, impuestos entre ellos Industria y Comercio, entre otros. En la **Tabla 22** se presenta el resumen de costos de operación asociado a este factor.

**Tabla 24.** Costos resumidos asociados a impuestos, contribuciones y tasas (cifras en COP)

Periodo	Impuestos, contribuciones y tasas
1	16.816.988
2	10.544.980
3	9.823.846
4	9.109.798
5	9.197.434

**Fuente.** Proyección de gastos de operación, operación y mantenimiento. Gasoil S.A.S E.S.P. Modificada por autor. Año 2017.

**6.2.1 Compra y transporte de gas.** A partir de la normatividad vigente y con lo establecido en la Resolución CREG 137 de 2013, se calculó el gasto tarifario para la zona rural del municipio de Puente Nacional Santander el cual está compuesto por un cargo variable que para este proyecto se estableció por un valor de 2.812,83 COP por m<sup>3</sup> consumido y una variación de 21.04% cuatrienal. (Ver **Tabla 23** y **27**).

**Tabla 25.** Costo de compra y transporte de gas en periodos cuatrienales. (Cifras en COP)

Periodo	Número de usuarios	Consumo cuatrienal (m3)	Cargo Variable
1	1.576	1.512.960	4.255.744.666
2	1.673	1.606.080	4.997.912.170
3	1.775	1.704.000	5.866.292.640
4	1.884	1.808.640	6.888.404.390
5	2.000	1.920.000	8.089.862.400

**Fuente:** Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017.

En la **Tabla 24** se presentan los costos de operación (cargo variable, sueldos y salarios, contribuciones efectivas, aportes sobre la nómina, impuestos, contribuciones y tasas, y mantenimiento).

**Tabla 26.** Costos de operación (cifras en COP)

Periodo	Sueldos y salarios, contribuciones efectivas, aportes sobre la nómina	Impuestos, contribuciones y tasas	Mantenimiento	Cargo Variable	Total
1	307.866.128	16.816.988	20.586.644	4.255.744.666	4.601.014.426
2	304.708.028	10.544.980	20.586.644	4.997.912.170	5.333.751.822
3	260.602.003	9.823.846	20.586.644	5.866.292.640	6.157.305.133
4	216.495.979	9.109.798	20.586.644	6.888.404.390	7.134.596.811
5	216.495.979	9.197.434	20.586.644	8.089.862.400	8.336.142.457

**Fuente:** Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017.

### 6.3 ANALISIS DE INGRESOS

Los ingresos están representados en las tarifas pagadas por los usuarios a causa la prestación del servicio de gas combustible por red; para tal fin, surge la necesidad de establecer los usuarios potenciales del servicio durante los próximos 20 años y se determina que cada vivienda representa un usuario.

Para realizar la proyección de viviendas se toma como base el número de viviendas actual certificado por la Secretaria de Planeación Municipal (1.485 viviendas) y se realiza el respectivo incremento con base en el porcentaje de crecimiento establecido por la Secretaria (1,5% anual).<sup>11</sup> En la **Tabla 25** se presenta el número de viviendas cuatrienal durante los próximos 20 años.

**Tabla 27.** Proyección de viviendas Zona Rural Municipio de Puente Nacional Santander

Periodo	Número de viviendas	Crecimiento
0	1.485	-
1	1.576	91
2	1.673	97
3	1.775	102
4	1.884	109
5	2.000	116

**Fuente.** Masificación De Gas Natural Sector Rural Aledaño A La Cabecera Municipal De Puente Nacional – Santander. Gasoil S.A.S E.S.P. Pág.17.Año 2017.

<sup>11</sup> MASIFICACIÓN DE GAS NATURAL PARA EL SECTOR RURAL DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL – SANTANDER. GASOIL S.A. E.S.P. pág. 10.

De acuerdo al análisis de la tarifa indicativa calculada para la prestación del servicio de gas natural para el sector rural del municipio y acorde a los cargos de distribución y comercialización obtenidos del Estudio de Tarifa Indicativa<sup>12</sup>(ver **Tabla 26**), de acuerdo con lo establecido en la Resolución CREG 011 de 2003, CREG 137 de 2013 y CREG 202 DE 2013 se calcularon los cargos tarifarios para el sector rural del municipio de Puente Nacional Santander.

El precio del metro cubico que se cobraría en el sector rural por la empresa GASOIL S.A.S E.S.P es el siguiente:

**Tabla 28.** Valor venta estimado del gas en el municipio

Cargo	COP
Cargo Variable x m3	2.812,86
Cargo Fijo	4.361,50

**Fuente.** Masificación De Gas Natural Sector Rural Aledaño A La Cabecera Municipal De Puente Nacional – Santander. Gasoil S.A.S E.S.P. Pág.28. Año 2017.

Para la proyección del cargo fijo durante los 20 años del proyecto, se tuvo en cuenta el promedio de la variación porcentual anual de los índices del precio al consumidor (IPC) del periodo correspondiente a 2001 – 2016<sup>13</sup>, equivalente a 4,89%. En la **Cálculo 1** se presenta la conversión de tasa anual a cuatrienal.

**Cálculo1** Tasa cuatrienal del IPC

$(1+i)^n = (1+i)^n$ $(1+i)^4 = (1+i)$ $(1+0,0489)^4 = 1+i$ $i = 1.2104 - 1$ $i_{\text{cuatrienal}} = 21,04\%$
---

**Fuente:** Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017

La variación porcentual cuatrienal del cargo fijo comprendido en la tarifa se establece en 21,04%.

Para la proyección del cargo variable durante el tiempo del proyecto, se tuvo en cuenta el promedio de la variación porcentual anual de los índices del precio al productor (IPP) del periodo correspondiente a 2001 – 2016<sup>14</sup>, equivalente a 2,56%. En el **Cálculo 2** se presenta la conversión de tasa anual a cuatrienal.

<sup>12</sup> Ibid, pág. 27

<sup>13</sup> Colombia, Índice de Precios al Consumidor, DANE.

<sup>14</sup> Ibid.

## Cálculo 2 Tasa cuatrienal del IPP

$$\begin{aligned}(1+i)^n &= (1+i)^n \\ (1+i)^4 &= (1+i) \\ (1+0,0256)^4 &= 1+i \\ i &= 1.1063 - 1 \\ i_{\text{cuatrienal}} &= 10,63\%\end{aligned}$$

**Fuente:** Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017.

La variación porcentual cuatrienal del cargo variable comprendido en la tarifa se establece en 10,63%.

En la **Tabla 27** se presenta los valores cuatrienales correspondientes al valor de venta de cargo fijo y variable durante los 20 años del proyecto.

**Tabla 29.** Proyección precio cargo fijo y variable (cifras en COP)

Periodo	Cargo Fijo	Cargo Variable <sup>15</sup>
1	4.361,50	2.812,86
2	5.279,16	3.111,87
3	6.389,89	3.442,66
4	7.734,33	3.808,61
5	9.361,63	4.213,47

**Fuente:** Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017.

De acuerdo a la encuesta realizada en campo presentada en el informe de GASOIL S.A.S E.S.P<sup>16</sup>, el consumo de subsistencia promedio por usuario (vivienda) es de aproximadamente 20 m<sup>3</sup> mensual, 240 m<sup>3</sup> anual y 960 m<sup>3</sup> cuatrienal. Con base en la proyección de viviendas se presenta el consumo cuatrienal, (Ver **Tabla 28**).

**Tabla 30.** Consumo gas natural

Periodo	Número de usuarios	Consumo mensual (m <sup>3</sup> )	Consumo anual (m <sup>3</sup> )	Consumo cuatrienal (m <sup>3</sup> )
1	1.576	31.520	378.240	1.512.960
2	1.673	33.460	401.520	1.606.080
3	1.775	35.500	426.000	1.704.000
4	1.884	37.680	452.160	1.808.640
5	2.000	40.000	480.000	1.920.000

**Fuente:** Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017.

<sup>15</sup> Por metro cubico de gas consumido

<sup>16</sup> Masificación De Gas Natural Sector Rural Aledaño A La Cabecera Municipal De Puente Nacional – Santander. Gasoil S.A.S E.S.P. pág.28.

En la **Tabla 29** se presentan los ingresos correspondientes a los cargos cobrados por periodo.

**Tabla 31.** Ingresos por cargos aplicados a facturación en periodo cuatrienal (cifras en COP)

Periodo	Número de usuarios	Consumo cuatrienal (m3)	Cargo variable	Cargo fijo
1	1.576	1.512.960	4.255.744.666	329.938.752
2	1.673	1.606.080	4.997.912.170	423.937.665
3	1.775	1.704.000	5.866.292.640	544.418.628
4	1.884	1.808.640	6.888.404.390	699.430.931
5	2.000	1.920.000	8.089.862.400	898.716.480

**Fuente:** Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017.

Por otro lado, los usuarios deben realizar el pago por derecho de conexión, únicamente facturado una vez, en el periodo 1. En la **Tabla 30** se presentan los ingresos por derecho de conexión.

**Tabla 32.** Ingresos por derecho de conexión

Periodo	Ítem	ingreso por usuario	Número de usuarios	Total
1	Derecho de conexión	565.320	1.485	839'500.200

**Fuente:** Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017.

Además, los usuarios deben realizar pago único en periodo 1 por la instalación interna que conecten los equipos desde la acometida hasta la vivienda. En la **Tabla 31** se presentan los ingresos por instalación de red interna.

**Tabla 33.** Ingresos red interna con financiación de hasta 60 meses

Periodo	Ítem	ingreso por usuario	Número de usuarios	Total
1	Red Interna	679.654	1.485	1 009.286.190

**Fuente:** Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017.

En la **Tabla 32** se presenta los ingresos.

**Tabla 34.** Ingresos por periodo cuatrienal (cifras COP)

Periodo	Red Interna	Derecho de conexión	Cargo variable	Cargo fijo	Total
1	1.009.286.190	839.500.200	4.255.744.666	329.938.752	6.434.469.808
2	-	-	4.997.912.170	423.937.665	5.421.849.835
3	-	-	5.866.292.640	544.418.628	6.410.711.268
4	-	-	6.888.404.390	699.430.931	7.587.835.321
5	-	-	8.089.862.400	898.716.480	8.988.578.880

**Fuente:** Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017.

## 6.4 EVALUACION FINANCIERA

El estudio financiero del presente proyecto se ha de evaluar la viabilidad del mismo la cual se determina por medio del indicador Financiero Valor Presente Neto (VPN).

## 6.5 VALOR PRESENTE NETO (VPN)

Indicador financiero que representa al día de hoy tanto los ingresos como egresos futuros del proyecto, descontados a una tasa de interés de oportunidad, que para el presente proyecto es de 13.5%

El Valor Presente Neto fue calculado por medio de la **Ecuación 3**.

### Ecuación 2. Valor Presente Neto (VPN)

$$VPN(i) = \sum F_n (1+i)^{-n}$$

n = Periodo de tiempo

i = Tasa de Inversión de Oportunidad (TIO)

F<sub>n</sub> = Flujo neto de caja

**Fuente:** BACCA. Guillermo. Ingeniería Económica. Valor Presente Neto. Capítulo 9. Fondo Educativo Panamericano. Octava Edición. p.197 [PDF].

La Tasa de Interés de Oportunidad corresponde a 13,50% E.A, en el **Cálculo 3** se presenta la tasa cuatrienal.

### Cálculo 3. Tasa de Inversión de Oportunidad

$$\begin{aligned}(1+i)^n &= (1+i)^n \\ (1+0,135)^4 &= (1+i) \\ i &= 1,659 - 1 \\ i &= 65,9\%\end{aligned}$$

El análisis del indicador implica que cuando el VPN es mayor a cero, el proyecto es atractivo para el inversionista porque le retorna una ganancia extraordinaria adicional a la TIO; si el VPN es menor a cero, el proyecto no cumple con las expectativas del inversionista; y cuando el VPN es igual a cero, el proyecto es indiferente financieramente para el inversionista.

Para establecer el estado financiero del proyecto, se realiza un flujo de caja el cual permite determinar en cada periodo cuatrienal tanto las entradas como las salidas de efectivo.

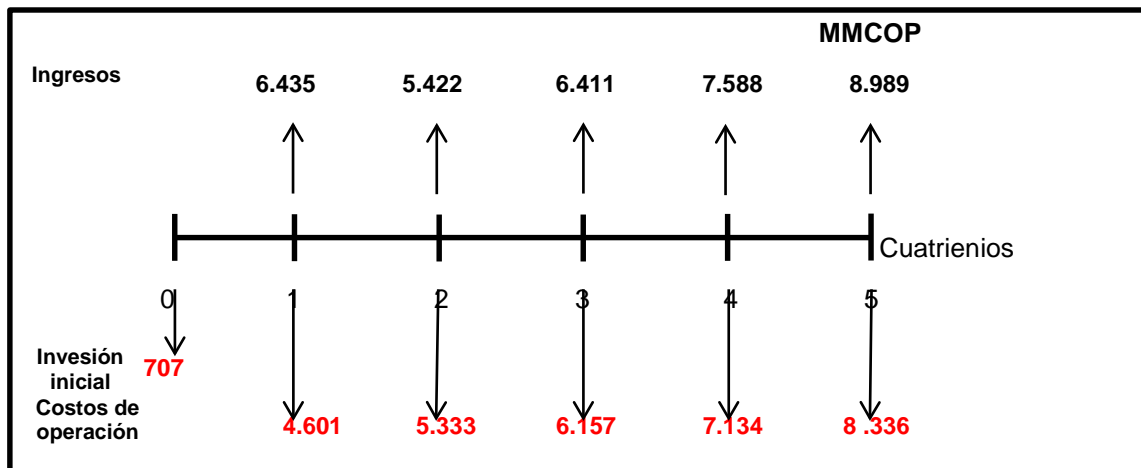
En la **Gráfica 1** se presenta el flujo de caja. Las flechas en la parte superior de la línea del tiempo representan ingresos mientras los egresos son ubicados en la parte inferior.

**Tabla 32.** Resumen ingresos y egresos (cifras COP).

Periodo	0	1	2	3	4	5
Ingresos		6.434.469.808	5.421.849.835	6.410.711.268	7.587.835.321	8.988.578.880
Egresos	706.960.059	4.601.014.426	5.333.751.822	6.157.305.133	7.134.596.811	8.336.142.457

Fuente: Autor. Año 2017.

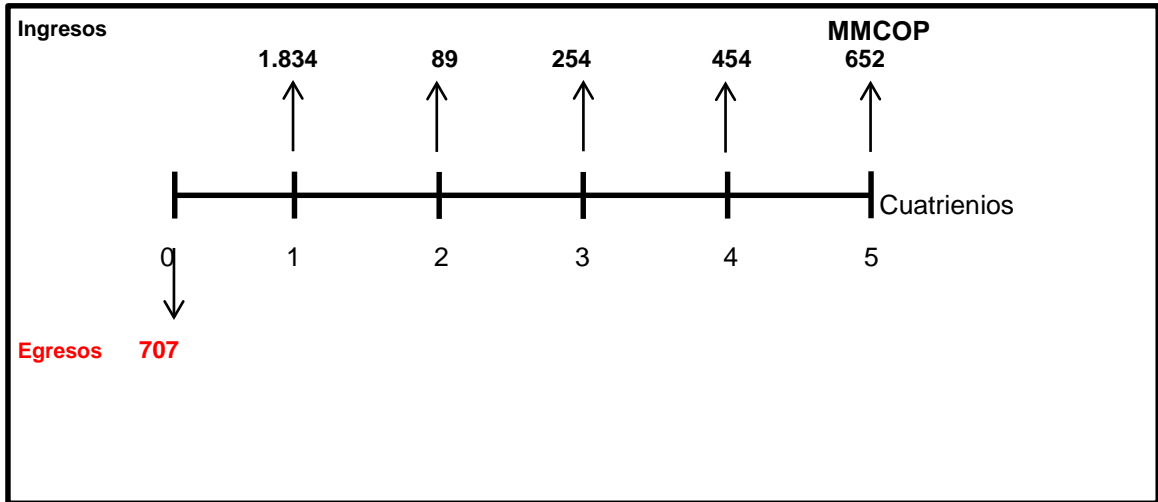
**Gráfico 1.** Flujo de caja



Fuente: Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017.

En la **Gráfico 2** se presenta el flujo de caja neto, la flecha hacia arriba simboliza un periodo de ganancia mientras la flecha hacia abajo un periodo de pérdida.

**Gráfico 2.** Flujo de caja neto



Fuente: Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017

En la **Cálculo 3** se observa el Valor Presente Neto. La Tasa Interna de Oportunidad (TIO) correspondió a 13.5%.

**Cálculo 3.** Valor Presente Neto

$$\begin{aligned}
 VPN (0,659) &= -706.960.059 + \frac{1.833.455.382}{(1 + 0,659)^1} + \frac{88.098.013}{(1 + 0,659)^2} + \frac{253.406.135}{(1 + 0,659)^3} \\
 &\quad + \frac{453.238.510}{(1 + 0,659)^4} + \frac{652.436.423}{(1 + 0,659)^5} \\
 &= 537.620.677
 \end{aligned}$$

Fuente: Gasoil S.A.S. E.S.P. Modificado por autor. Año 2017

**6.6 CONCLUSION DE LA EVALUACION FINANCIERA**

El proyecto es atractivo ya que al día de hoy los ingresos son mayores a los egresos traídos al Valor Presente Neto, y descontados a la TIO, dando como resultado un valor correspondiente de 537.620.677 COP. Por esta razón se recomienda a la compañía Gasoil S.A.S. la construcción de la red de gas para la zona veredal del Municipio Puente Nacional en el departamento de Santander.



## 7. CONCLUSIONES

- El campo petrolero indicado para el diseño de la red, por calidad del gas, debido a su poder calorífico aprox. de 1127 btu/pc, el bajo contenido de H<sub>2</sub>S y azufre de 6 y 23 mg/ft<sup>3</sup> correspondientemente, es el campo Cusiana, debido a que facilita la distribución y el mantenimiento de las redes de distribución domiciliaria, permitiendo que las empresas que se encargan del manejo no incurran en alterar parámetros que son importantes para el bienestar y el progreso del municipio.
- Esta evaluación para el diseño de una red de gas natural se centralizó en las zonas veredales de Puente Nacional, sector con vías de acceso que posibilitan el desarrollo del proyecto; con la investigación realizada se deduce que es factible su ejecución porque considera fortalezas importantes, como el mejoramiento de la calidad de vida y la economía para el usuario.
- El estudio realizado da a conocer que el Municipio de Puente Nacional Santander y las zonas veredales aledañas cuenta con diversos tipo de bosque que para el proyecto no presentan riesgo y no se afecta áreas naturales protegidas y que sean de gran importancia ambiental pero que con el desarrollo del proyecto se utilizara el mecanismo adecuado en busca de la protección de los bosques.
- La deducción del estudio ejecutado demuestra que el proyecto cuenta con toda la reglamentación enfocada en los diversos factores de calidad y seguridad establecidos por la CREG; Por lo cual es factible su ejecución de acuerdo a cada una de las investigaciones hechas y según los análisis de la zona de aplicación, los materiales y recursos demostrando así que es de calidad.
- De acuerdo a las cantidades de tubería necesaria para la construcción de una red de distribución de gas en las zonas veredales del Municipio de Puente Nacional Santander, se establece que el proyecto tendrá una cobertura estimada de 214 km., utilizando tubería de polietileno que varía entre rangos de 3/4" hasta 3". Además se establecen los requerimientos básicos para el montaje haciendo referencia a los derechos de conexión que rige la resolución de la CREG O57 y la red interna de cobre de 1/2" utilizando presiones máximas de hasta 60 psia y presiones mínimas de 15 – 20 psia cumpliendo con los requisitos de diseño.
- El proyecto requiere de aportes del Estado por más del 40% del valor total de la inversión para la aplicación del proyecto de redes de distribución de lo contrario no generara los ingresos necesarios para que la compañía realice el seguimiento del servicio.

## 8. RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta de no incrementar el diámetro en la tubería de  $\frac{3}{4}$ ", puesto que se podría incurrir en sobredimensionamiento de la red.
- Tener presente como base el estudio hecho en relación a la velocidad del gas para no afectar su capacidad la cual no debe ser mayor a 60ft/seg.
- Probar el mismo diseño por medio de otras ecuaciones de flujo que pueden ser tenidas en cuenta, tales como: Blasius, Rix y Unwin, para generar una comparación con los presentes resultados obtenidos en el proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, Castro Oscar Leonardo; Jaramillo Julián Ernesto & Abril Blanco Henry (2013). Estimación de emisiones de GEI (CO<sub>2</sub> Y CH<sub>4</sub>) generadas durante el transporte de gas natural en Colombia, aplicando metodología IPCC. Vol.11, N° 2, pág. 44.

DIAGNOSTICO, Rural3.Doc. Puente nacional. Santander. [En línea]. Colombia. s.n. s.f. [Citado en 22-Junio-2016.]. Disponible en internet: [http://puentenacional-santander.gov.co/apc-aa-files/30616136343230343562346565376263/DIAGNOSTICO\\_RURAL3.PDF](http://puentenacional-santander.gov.co/apc-aa-files/30616136343230343562346565376263/DIAGNOSTICO_RURAL3.PDF)

DNP. El Consejo Nacional de Política Económica y Social, Conpes [En línea]. Colombia. Gobierno de Colombia, 2016. [Citado en 30-Junio-2017] Disponible en internet: <https://www.dnp.gov.co/CONPES/Paginas/conpes.aspx>

DISEÑO DE REDES. Diseño de Redes Hidráulicas, sanitarias, de gas, acueductos y alcantarillados [En línea], Colombia Ronald Romero. s.f. [Citado en 2-Junio-2017] Disponible en versión HTML: <http://redeshidraulicas.blogspot.com.co/p/instalaciones-de-redes-de-gas.html>

ECOPETROL. Gas Natural. Información General ¿Qué es el Gas Natural? [En línea]. Colombia: Wpadmin 2014. [Citado en 10-Junio-2017]. Disponible en internet: [http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/productos-y-servicios/productos/gas-natural/Informaci%C3%B3n%20General/que-es-el-gas-natural!/ut/p/z0/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy9DZwt3QwcjTwsQxw9g4I8nlz0C7IdFQEONbdQ/](http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/productos-y-servicios/productos/gas-natural/Informaci%C3%B3n%20General/que-es-el-gas-natural!/ut/p/z0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy9DZwt3QwcjTwsQxw9g4I8nlz0C7IdFQEONbdQ/)

ECU RED. Gas licuado [en línea]. Colombia. s.n. s.f. [Citado en 10-Agosto-2017]. Disponible en internet: [https://www.ecured.cu/Gas\\_licuado](https://www.ecured.cu/Gas_licuado)

GAS NATURAL, Distribución. Historia del gas. Características del gas natural. Composición y propiedades [En línea]. España. Gas Natural. s.f. [Citado en 13-Junio-2017]. Disponible en versión HTML: <http://www.gasnaturaldistribucion.com/es/conocenos/quienes+somos/historia+del+gas/1297104955871/caracteristicas+del+gas+natural.html>

GAS NATURAL, Fenosa. El gas natural. ¿Qué es? [En línea]. Colombia Gas Natural. s.f. [Citado en 18-Junio-2017]. Disponible en versión HTML: <http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/comercio/el+gas+natural/1297102553412/que+es.html>

GAS NATURAL, Fenosa. Grandes Clientes. Normativa. [En línea]. Colombia s.n. s.f. [Citado en 20-Junio-2017]. Disponible en versión HTML:

<http://www.gasnaturalfenosa.com.mx/mx/grandes+clientes/1285346674414/normativa.html>

EL GAS NATURAL, Gas natural y sus emisiones contaminantes. [En línea]. Colombia. Lina Jiménez, s.f. [Citado en 01-Agosto-2017]. Disponible en: versión HTML:  
<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/flujodegases/energiaygas/energiaygas.html>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas. NTC1486. Sexta actualización. Bogotá: ICONTEC, 2008 110 p.

----- Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613 Bogotá: El Instituto, 2008, p. 1 – 2.

----- Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 4490. Bogotá: El Instituto, 1998, p.2

MINMINAS. Ministerio de Minas y Energía. Resolución 81960 de 1998 [en línea] Colombia. s.n, 2017 [Citado en 18-Agosto-2017]. Disponible en internet: [http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/pdf/resolucion\\_minminas\\_81960\\_1998.pdf](http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/pdf/resolucion_minminas_81960_1998.pdf)

MI PAÍS. Puente Nacional. [En línea]. Colombia. nate, 2009 [Citado en 05 Agosto-2017]. Disponible en: <http://nairo1.blogspot.com.co/>

ND BRIDA. Norma. Espesor en tuberías de Acero Inoxidable según ASME B36.19M. [En línea]. España. Miquel, s.f. [Citado en 01-Junio-2017]. Disponible en internet: <http://www.dnbrida.com/espesor-tuberia-acero-inoxidable-sch-asme-b36.19m.php>

SCIELO. Gas Natural En Colombia - Gas E.S.P. [En línea]. Colombia. Fernando Guerrero Suárez, 2003. [Citado en 18-Agosto-2017]. Disponible en internet: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-59232003000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-59232003000200006)

SERVICIO PÚBLICO DE GAS NATURAL DOMICILIARIO, Historia y evolución del gas natural en Colombia. [En línea]. Colombia. Argemiro Caicedo Mondragón, 2013. [Citado en 26-Junio-2017.]. Disponible en versión HTML: <http://espgasnaturaldomiciliario.blogspot.com.co/2013/03/historia-y-evolucion-del-gas-natural-en.html>

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. Informe Sectorial Energía Eléctrica, Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo. [En línea].

Colombia. Superservicios, 2013. [Citado en 23-Agosto-2017]. Disponible en internet: <http://www.superservicios.gov.co/content/download/8267/70214>

SERVICIOS MINMINAS. La Comisión De Regulación De Energía y Gas Resolución 015 2 de Junio de 1995. [En línea]. Con acceso el 22/07/2016. [Colombia]. Disponible en versión HTML: [http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/resolucion\\_creg\\_0015\\_1995.htm](http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/resolucion_creg_0015_1995.htm)

TEORIA DE FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERIAS. Capitulo1.Pdf [En línea]. Colombia. s.n. s.f. [Citado en 24-Julio-2017]. Disponible en internet: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6149/27/CAPITULO1.pdf>

# **ANEXOS**

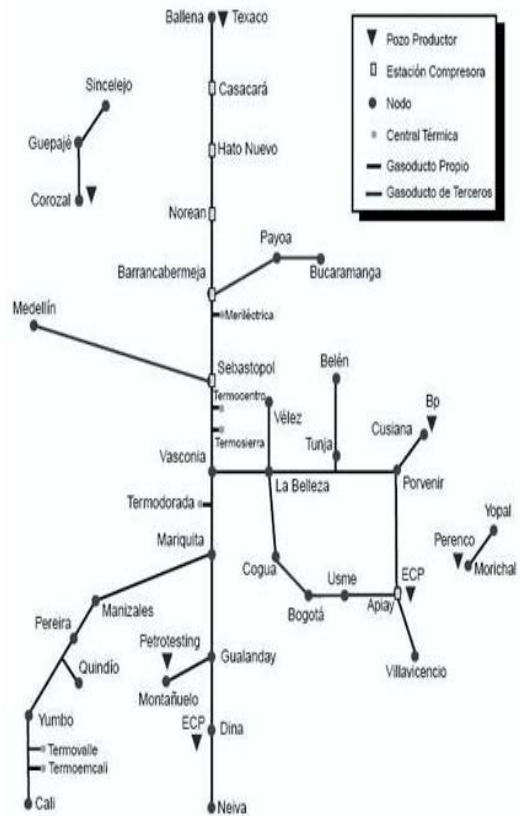
## ANEXO A. MAPAS RED DE GAS

**Figura A1 Diagrama Red de Gasoductos**

Mapas y diagrama de redes de distribución (Colombia)



Diagrama de flujo de la Red Nacional de Gasoductos



Fuente: Ecogás

**Fuente:** UNIVERSIDAD ICESI. Gas Natural En Colombia - Gas e.s.p. [en línea]. Con acceso el 02/08/2017. [Colombia]. Disponible en World Wide Web: [https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios\\_gerenciales/article/view/110/html](https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/110/html)

## ANEXO B. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

### EVALUACIÓN AMBIENTAL

EL Estudio de Impacto Ambiental hace parte de la definición genérica de Evaluación de Impacto Ambiental -EIA-, que es un "procedimiento jurídico administrativo cuyo objeto es la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado mediante el cual un grupo de expertos de diferentes disciplinas identifican los efectos ambientales que una acción humana produce en su entorno, los cuantifica y propone las medidas correctivas, mitigadoras, compensatorias y/u otras necesarias para evitar o disminuir los impactos ambientales negativos y optimizar la calidad de estos impactos así como la prevención, corrección y valoración de los mismos los aspectos positivos. Para ser presentado ante las autoridades ambientales correspondientes, para su apreciación y debida calificación.

**Tabla B1.** Lista de control de diferentes efectos al entorno, producidos por el proyecto.

TEMA	SI	PUEDA SER	NO	COMENTARIOS
<b>Formas del terreno. ¿Producirá el proyecto?</b>				
Amplia destrucción del desplazamiento del suelo			X	Excavación sencilla de 0.25 a 0.30 m de ancho X 0.70 a 1.0 m de profundidad. Se hará la correspondiente reposición del área
forma del terreno, destrucción o modificación de rasgos físicos singulares			X	
<b>Aire / climatología. ¿Producirá el proyecto?</b>	X			Posibles fugas durante la operación de la red de gas (odorizante)
Olores desagradables		X		
Alteración del movimiento del aire, humedad o temperatura			X	Material particulado producto de las excavaciones
Emissiones de contaminantes que deterioren la calidad del aire	X			
<b>Agua. ¿Producirá el proyecto?</b>				
Vertidos a un sistema público de aguas			X	Los cruces se realizarán aéreos y de acuerdo a la NTC 3728.
Vertidos en aguas superficiales			X	
Alteración en la dirección, volumen y calidad de aguas subterráneas			X	
<b>Residuos sólidos. ¿Producirá el proyecto?</b>				
Basuras en volumen significativo			X	Los volúmenes normales producidos por:
Material inerte	X			Excavación de zanjas, que no puedan ser usados como material de relleno
<b>Ruido. ¿Producirá el proyecto?</b>				
Aumento de los niveles sonoros actuales		X		Operación de Los equipos de rotura y excavación.
Mayor exposición de la gente a ruidos elevados			X	La obra se realizará en horarios de poca afectación - Diurno.
<b>Vida vegetal. ¿Producirá el proyecto?</b>				
Cambios en la diversidad del componente biótico			X	El trazado de la red y la conexión a la Estación de Almacenamiento no contempla afectación de estos componentes
Reducción del hábitat o número de individuos de alguna especie			X	



<b>Uso del suelo. ¿Producirá el proyecto?</b>				
Alteración sustancial de los usos actuales o previstos para el área			X	Compatible con el uso del suelo previsto en el POT.
Provocará impacto sobre el espacio público	X			Tendido de la red en andenes y calzadas.
<b>Recurso Natural, ¿producirá el proyecto?</b>				Uso del gas natural como combustible domiciliario
Aumento en la intensidad del uso de algún recurso	X			
<b>Transporte y flujo de tráfico. ¿Producirá el proyecto?</b>				El trazado se hará en su mayor parte por andenes de tal forma que no se afecte el tráfico vehicular en gran proporción.
Movimiento adicional de vehículos	X			
Impacto sobre el sistema de transporte actual	X			
Alteración sobre las pautas de circulación y/o movimiento de la gente	X			
<b>Población. ¿El proyecto provocará?</b>				No se requiere de desplazamiento de población o reasentamiento de la misma.
Alteración en la ubicación o distribución de la población en el área			X	
<b>Economía. ¿Producirá el proyecto?</b>				
Algún efecto adverso sobre las condiciones económicas locales			X	Mejoramiento en el cubrimiento de servicios.
Generación de empleo	X			Empleos temporales y fijos. Mejoramiento en la calidad de vida.
<b>Estética. ¿Producirá el proyecto?</b>				
Cambios significativos en el carácter del entorno próximo			X	No hay afectación de estos parámetros.
Cambios en una vista escénica o un paisaje abierto al público			X	
Alteraciones en construcciones, objetos o edificios de interés arqueológico, cultural o histórico.			X	
<b>El proyecto demandará o tendrá algún efecto sobre los servicios públicos en las siguientes áreas:</b>				Los contemplados en el Plan de Contingencia que hace parte de este documento.
Servicios médicos y atención de emergencias				
Protección contra incendios	X			

## DETERMINACIÓN DE IMPACTOS POTENCIALES

Una vez analizadas las características del proyecto y el medio donde se va a desarrollar, podemos afirmar que se producirán, o existe la probabilidad de que ocurran los impactos:

### Medio Social

- Generación de Expectativas a nivel Social.
- Implementación y Generación de Empleo.
- Afectación al Uso del Suelo
- Ocupación Temporal del Espacio Público y Afectación Temporal del Tráfico Vehicular y Peatonal.
- Afectación de Otros Servicios Públicos.
- Riesgo de Accidentalidad en la construcción de la obra.
- Generación de Ruido.
- Afectación al paisaje.
- Cambio de las Costumbres por Uso de Nuevo Energético.

### Medio Físico

- Contaminación Atmosférica (material particulado)
- Afectación del Recurso Agua.
- Generación de Residuos Sólidos.
- Afectación del Recurso suelo.

### Medio Biótico

- Afectación de la Cobertura Vegetal – Remoción, transplante, etc.
- Compensación forestal por medio de (calculo Biomasa), en las áreas de remoción Vegetal.

Las principales actividades del proyecto de construcción de la Red De Gas Domiciliario susceptibles de generar algún cambio en el medio ambiente se muestran en las siguiente **Tabla B2**

**Tabla B2.** Resumen de actividades para el Proyecto de Gas Combustible Domiciliario.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	CONSIDERACIONES
CONSTRUCCION Y OPERACIÓN	<b>EXCAVACIONES Y RECUPERACION DEL AREA DE TRABAJO</b>	Se refiere a las labores de adecuación, disposición de escombros y utilización del área de terreno donde se va a instalar la red de distribución existente y la conexión a la Estación de regulación, acorde a las dimensiones y lineamientos indicados en los diseños y con las normas de protección ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación de terreno</li> <li>• Rotura de andenes y/o calzadas</li> <li>• Disposición final de escombros</li> <li>• Reposición del área</li> <li>• Recolección de escombros</li> <li>• (Mitigación del impacto visual)</li> </ul>
	<b>CONEXIÓN ESTACION REGULACION</b>	Se refiere a todas las actividades dirigidas al empalme de la Estación Reguladora, con la red de distribución que suministrara gas natural al Sector Rural Aledaño a la Cabecera Municipal de Puente Nacional - Santander.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación salida en tubería de acero y montaje transitoma acople con la red de polietileno</li> <li>• Alineación y Soldadura de tubería de polietileno</li> <li>• Prueba Neumática a la red troncal de polietileno</li> <li>• Recolección de escombros.</li> <li>• Limpieza final</li> </ul>
	<b>OPERACIÓN DE LA RED</b>	Consiste en la puesta en servicio de la red, así como de todas las actividades de mantenimiento y obras de protección ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puesta en servicio de la Conexión a Estación de Regulación</li> <li>• Puesta en servicio de red domiciliaria por parte de PROMESA S.A. E.S.P ENCARGADA DE LA OPERACIÓN DE LA RED (AOM)</li> <li>• Mantenimiento preventivo</li> <li>• Mantenimiento correctivo</li> <li>• Capacitación a personal operador</li> <li>• Prevención contra escapes, incendios y demás eventos amenazantes.</li> </ul>

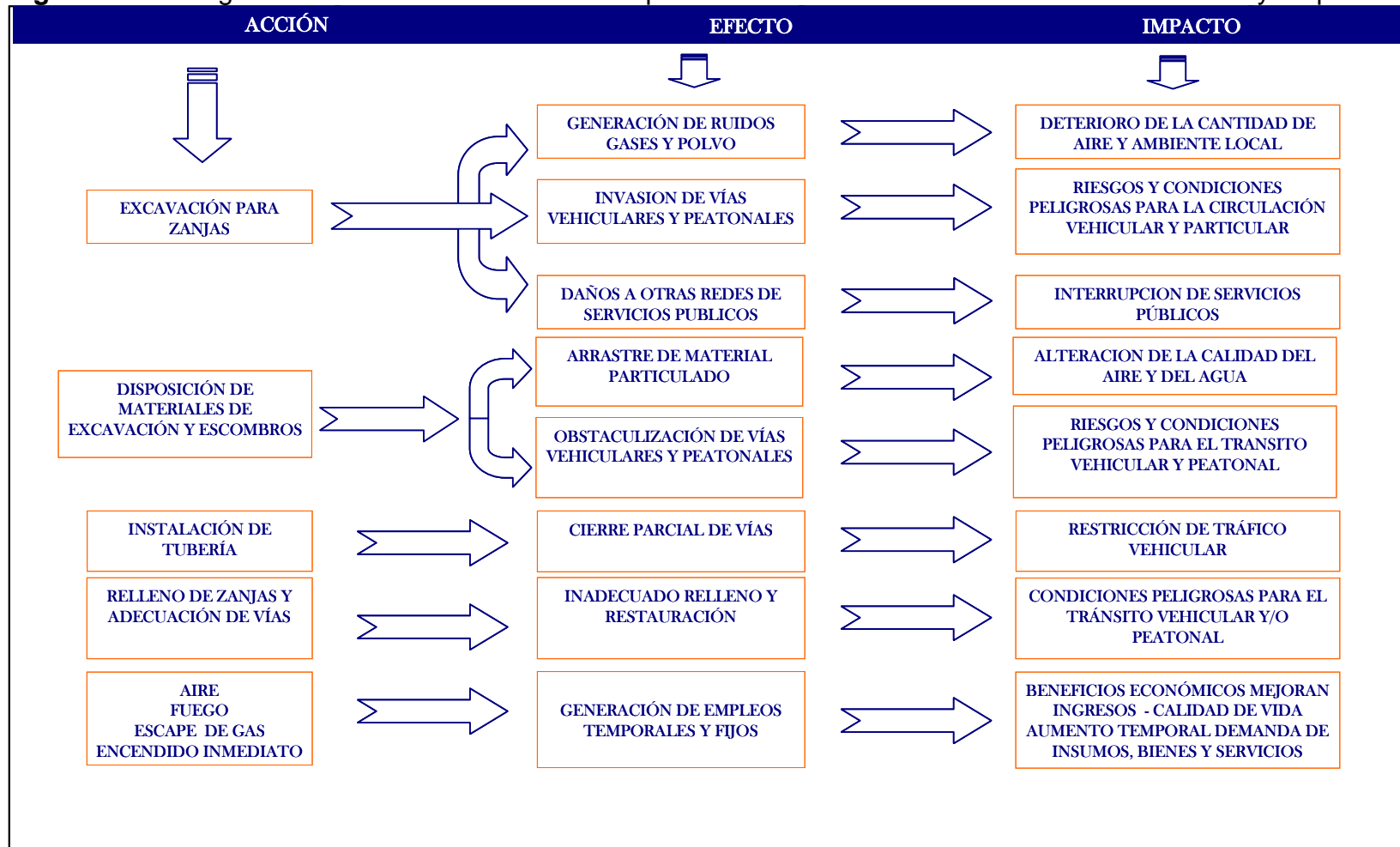
**Tabla B2** (Continuación)

ETAPA	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES
INSTALACION DE REDES	EXCAVACIONES	<p>Se refiere a las labores de adecuación, disposición de escombros y utilización del área de terreno donde se debe instalar la tubería conforme a las dimensiones y lineamientos indicados en los diseños y con las normas de protección ambiental vigentes en Colombia. Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Adecuación del terreno</li> <li>•Señalización</li> <li>•Apertura</li> <li>•Disposición de escombros</li> </ul>
	TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERIA	<p>Se refiere a las actividades de transporte e instalación de la tubería. El transporte se debe realizar teniendo cuidado en no causar daño a las tuberías y para la instalación se debe tener en cuenta la NTC 3728 y los diseños. Tendido, alineación y termofusión de la tubería de polietileno, prueba neumática y correcciones.</p>
INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS	<p>Simultáneamente al tendido, la alineación e instalación de la tubería de polietileno (troncal y anillos) se procede a instalar las derivaciones para cada una de las viviendas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tendido</li> <li>•Alineación y termofusión</li> <li>•Atraque del elevador</li> <li>•Prueba neumática</li> </ul>
RELLENOS Y ADECUACIÓN DE VÍAS Y ANDENES	<p>Terminada la instalación de cada anillo y realizada la prueba neumática, se procede a realizar los rellenos y efectuar las reparaciones en las vías y en los andenes en los que se hicieron roturas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Primer relleno</li> <li>•Instalación cinta de señalización</li> <li>•Relleno final</li> <li>•Compactación de rellenos</li> <li>•Reconstrucción de vías y andenes</li> </ul>

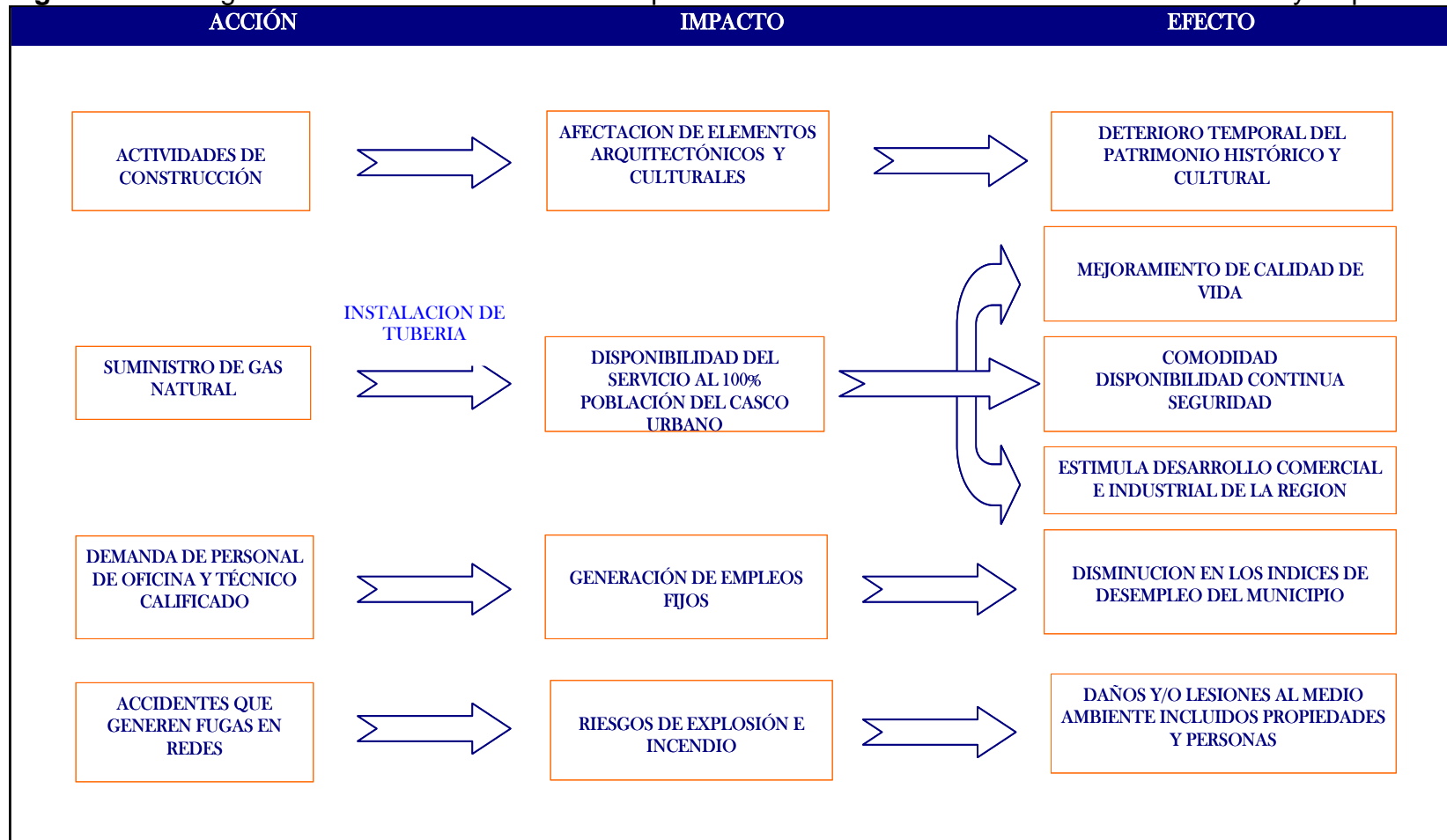
Continuación **Tabla B2**

ETAPA	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES
<b>INSTALACIONES INTERNAS</b>	Las instalaciones internas pueden ser elaboradas en tubería de cobre, PEALPE y/o de acero galvanizado, de acuerdo a la solicitud del usuario y teniendo en cuenta la NTC 2505 (Cuarta actualización).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apertura de regata (bastones de red interna)</li> <li>• Instalación de tubería</li> <li>• Prueba neumática (aire comprimido)</li> <li>• Tapado y adecuación de la regata</li> </ul>
<b>INSTALACION DE CENTROS MEDICIÓN</b>	Terminadas las instalaciones internas y la acometida se realiza la instalación del centro de medición de cada vivienda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Apertura del nicho</li> <li>◆ Armado e instalación del centro de medición</li> <li>◆ Instalación de la rejilla protectora</li> <li>◆ Verificación del flujo de gas</li> </ul>
<b>ACTIVIDADES FINALES</b>	Son aquellas actividades que se deben realizar luego de las recuperaciones de los andenes y las vías.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Limpieza final</li> <li>◆ Disposición final de escombros</li> <li>◆ Prueba de Hermeticidad red externa</li> <li>◆ Cargada de la tubería con Gas Combustible</li> </ul>

**Figura B1** Diagrama de Identificación de Impactos Ambientales fases de Construcción y Operación.



**Figura B1** Diagrama de Identificación de Impactos Ambientales fases de Construcción y Operación.



**Tabla B3.** Evaluación Cualitativa de Impactos en las Etapas de Construcción y Operación

IMPACTO	CLASE	PROBABILIDAD	DURACIÓN	MAGNITUD	MITIGABILIDAD
<b>CONSTRUCCION</b>					
1. ALTERACION DE LA CALIDAD DE AIRE	Negativo	Probable	Media	Media	Media
2. CIRCULACIÓN PELIGROSA	Negativo	Cierta	Media	Alta	Alta
3. INTERRUPCIÓN DE SERVICIOS	Negativo	Probable	Muy Corta	Alta	Alta
4. CONTAMINACIÓN DE AGUA	Negativo	Probable	Media	Baja	Alta
5. CIERRE DE VÍAS	Negativo	Cierta	Muy Corta	Baja	Media
8. AFECTACION DEL PATRIMONIO HISTÓRICO	Negativo	Probable	Media	Media	Alta
7. BENEFICIOS ECONÓMICOS	Positivo	Cierta	Media	Media	.....
<b>OPERACIÓN</b>					
1. MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA	Positivo	Cierta	Permanente	Alta	.....
2. BENEFICIOS ECONÓMICOS	Positivo	Cierta	Permanente	Media	.....
3. DANOS A PERSONAS Y PROPIEDADES	Negativo	Improbable	Media	Alta	Alta

**Tabla B4.** Evaluación Cuantitativa de Impactos en las Etapas de Construcción y Operación

IMPACTO	CLASE	P	E	M	D	CA	IMPORTANCIA AMBIENTAL
<b>CONSTRUCCIÓN</b>							
1. Alteración de la calidad de aire	Negativo	1	1	1	1	-3.47	Media
2. Condiciones peligrosas para la circulación	Negativo	1	1	1	1	-6.24	Alta
3. Interrupción de servicios públicos	Negativo	0	1	1	0	-0.47	Muy baja
4. Contaminación de agua por aporte de sedimentos	Negativo	0	1	0	0	-0.8	Muy baja
5. Cierre de vías	Negativo	1	1	0	0	-2.19	Baja
8. Afectación del patrimonio histórico y cultural	Negativo	0	0	0	0	-0.91	Muy Baja
7. Beneficios económicos	Positivo	1	1	1	1	4.95	Media
<b>OPERACIÓN</b>							
1. Mejoramiento de la calidad de vida	Positivo	1	1	1	1	5.45	Alta
2. Beneficios económicos	Positivo	1	1	1	1	4.75	Media
3. Daños a personas y propiedades	Negativo	0	1	1	0	-0.48	Muy baja

### IMPACTOS SONOROS

Durante la etapa de construcción los impactos sonoros están dados por las obras necesarias para la instalación de la tubería de conducción de gas y está relacionada con la conformación y adecuación de la zona de trabajo, excavación de las zanjas, tapado y reconfiguración de la zona de trabajo. Mediciones durante la fase de construcción en excavaciones alcanzan valores máximos de 89 dB como se puede ver en la **Tabla B5**.



Los impactos sonoros pueden ser de interés durante las etapas de construcción y operación del proyecto. Los ruidos que se presentarán por parte del proyecto, están asociados a la operación de los diferentes equipos utilizados durante la rotura de calzadas y/o andenes, excavación, retiro de escombros, levantamiento de asfalto y demás operaciones de construcción de la red. Para minimizar este impacto se establecerán ciertas medidas de prevención y mitigación de los mismos, las que se pueden apreciar en las fichas de manejo ambiental. Se puede decir que el impacto sonoro es cierto durante la fase de construcción, y que es mitigable en la medida en que se tomen acciones dirigidas a la minimización del ruido generado por las máquinas encargadas de la excavación y/o el transporte de escombros, como por ejemplo la sincronización de todos estos equipos, además se contemplan otro tipo de medidas dirigidas a no afectar los espacios de esparcimiento y descanso de la comunidad, como por ejemplo restringir las labores de construcción a las horas diurnas.

**Tabla B5.** Rangos normales de niveles de ruido equivalentes en (dB) (A) en lugares de construcción con todos los equipos requeridos presentes

PROYECTO	VIVIENDA	EDIFICIOS DE OFICINAS HOSPITALES COLEGIOS	CENTROS COMERCIALES ESTACIONES DE SERVICIO	CARRETERAS AUTOPISTAS ALCANTARILLADO
FASE				
Limpieza del terreno	83	84	84	84
Excavación	88	89	89	88
Cimentación	81	78	77	88
Levantamiento	81	87	84	79
Acabado	88	89	89	84

**Fuente:** Manual de Evaluación del Impacto Ambiental. Larry W. Carter. McGraw Hill

En la **Tabla B6** se aprecia los diferentes niveles de ruido en los equipos utilizados para la construcción del proyecto

**Tabla B6.** Intervalo de ruido en equipos de construcción

db A	60	70	80	90	100	110	
EQUIPOS CON MOTORES DE COMBUSTION INTERNA	Compactadores						
	Cargadores						
	Retroexcavadoras						
	Camiones						
	Bombas de Hormigon						
	Gruas Moviles						
	Bombas						
	Generadores						
	Compresores						
	EQUIPOS DE IMPACTO	Llaves neumatica					
		Martillo y Perforadores de roce					
		Martillo y Perforadores de impacto					
	OTROS	Vibrocompactadores					
Sierras							

## IMPACTO SOBRE EL SISTEMA DE TRANSPORTE Y EL TRÁFICO

Normalmente los proyectos de desarrollo y otro tipo de actividades provocan impacto sobre el tráfico y el sistema de transporte local, dentro de los cuales se pueden mencionar: el crecimiento o de crecimiento en la densidad del tráfico, las variaciones temporales, los trastornos durante la fase de construcción y el aumento o disminución en los tiempos de recorrido.

Se puede decir que los impactos generados sobre este aspecto están condicionados directamente con la etapa constructiva de la tubería de conducción de Gas. Estos impactos son ciertos y prevenibles y/o Mitigables y están relacionados con actividades como la conformación del área de trabajo en las vías y andenes, la apertura de zanjas, disposición, acumulación y retiro de escombros, disposición de equipos y materiales etc. La zona donde se va a instalar la tubería de gas corresponde a las vías secundarias y terciarias del sector rural del Municipio de Puente Nacional – Santander y la vía que conduce igualmente al punto de localización de la Estación de Almacenamiento y Regulación.

## **IMPACTOS VISUALES - PAISAJÍSTICOS**

El análisis de los posibles impactos visuales del proyecto incluye el área de estudio, los límites de las propiedades, al igual que las vistas escénicas próximas. La expansión de la red se llevará a cabo en un sector del casco urbano (troncal 2" para empalme a red existente) y en las vías terciarias del municipio en los sectores veredales. No se contempla en el diseño cruzar áreas sensibles o de valor ambiental, es decir: escarpas de protección, fuentes hídricas, etc. para el tendido de la red. El proyecto además no Eliminará, bloqueará o esconderá parcial o totalmente panoramas, sitios considerados como patrimonio cultural y/o histórico de la región como monumentos, capillas entre otras, vistas y reconocidas como importantes para esta zona.

Durante la etapa de construcción este factor sufrirá algunas alteraciones debidas al tendido de la tubería de conducción de Gas. Los impactos están determinados por la acumulación de escombros en el espacio público, la localización de equipos y materiales en la vía; estos impactos son ciertos y mitigables y/o prevenibles puesto que se adoptan medidas que pueden minimizarlos y que se pueden ver en las fichas de manejo Ambiental.

## **IMPACTO SOBRE EL SUELO**

El suelo puede ser afectado en forma cierta en la fase de construcción, limitándose a la excavación para localización de las tuberías de conducción de gas, lo cual genera un cambio en su estructura debido a la inclusión de un cuerpo diferente (tuberías). El proyecto prevé así mismo el relleno con material inerte, escogido del material de excavación y arena, y el acabado superficial de la zona de excavación. Además puede ser que sea afectado durante la fase de operación por eventuales fugas de productos que se filtren pudiendo así contaminar las aguas subterráneas. Para la prevención de estos eventos se realizarán a las tuberías las pruebas necesarias y requeridas por la normatividad vigente que garanticen la hermeticidad del sistema de distribución y se encamisará la tubería en las áreas sensibles a las amenazas del medio o en las zonas donde no se pueda aplicar los parámetros normativos. PROMESA S.A. E.S.P cuenta con un recurso humano de técnicos profesionales calificados para realizar las obras requeridas y de esta forma disminuir el grado de alteración que se pueda presentar en el terreno. Con base en estos aspectos se puede decir que el impacto generado sobre este componente por el proyecto es bajo gracias a que la línea de conexión a la estación de almacenamiento y la red se enterrará a lo largo del margen de la vía sin afectar este componente, además la red de distribución de Gas Combustible se construirá en un gran porcentaje (98%) en las vías del sector rural.

## **IMPACTO SOBRE LA FLORA Y LA FAUNA**

En cuanto a los componentes bióticos (hábitat y vegetación) el impacto es bajo pues la intervención del proyecto aun cuando está dirigida al sector rural del municipio, se trabajará sobre o al margen de las vías terciarias y/o caminos veredales, por lo cual estos componentes se limitan a arbustos, plantas ornamentales etc., terciarias las cuales no cuentan con intervención para pavimentos de ningún tipo. PROMESA S.A E.S.P cuenta con un recurso humano de técnicos y profesionales calificados para realizar la obra evitando que exista remoción de la cobertura vegetal o talada de árboles en ningún punto de su recorrido. Sin embargo de requerirse talar algún árbol, se tramitará el permiso correspondiente ante la autoridad competente para ser compensado.

### **IMPACTO SOBRE EL AGUA.**

Los impactos generados sobre este aspecto pueden tener su origen en:

- Disposición de aguas residuales producto de las actividades de reposición del área de Trabajo.
- Material inerte arrastrado por acción de las aguas de escorrentía.

El área de ubicación del proyecto cuenta con fuentes hídricas cercanas que pueden ser contaminadas por los residuos generados por los desechos de construcción de la tubería de conducción del gas, lo que implica establecer unas medidas de manejo que permitan prevenir y/o mitigar los posibles impactos que se puedan presentar.

Se puede generar por acción de las aguas de escorrentía producto de las aguas lluvias que arrastren material de excavación y/o relleno y contaminen cuerpos de agua donde puedan ser depositados o que con el tiempo puedan provocar bloqueos por depositación de sólidos en el trayecto del recorrido de las aguas negras por el alcantarillado. Para prevenir este efecto se colocará un sintético sobre los montículos de tierra que se ha sacado de la zanja y se dispondrán piedras, ladrillos o cualquier otro elemento que pueda actuar como “barrera” alrededor del material acumulado, evitando su arrastre.

La red de distribución debe cruzar algunas corrientes de agua, para evitar la contaminación eventual de estas, los cruces se ejecutarán de acuerdo a los parámetros contemplados por la Norma Técnica Colombiana NTC 3728 (Primera Actualización), que contempla entre otras medidas encamisar la tubería de polietileno (tubería de acero).

### **IMPACTO SOBRE EL MEDIO ATMOSFÉRICO**

Los impactos atmosféricos tienen que ver con el aumento de partículas en suspensión producto de las actividades relacionadas con la construcción e instalación de la tubería de gas (apertura de zanjas, remoción y transporte de escombros etc.), de ahí la importancia del cumplimiento de los procedimientos de

cargue, descargue, disposición y eliminación de material de excavación, relleno y escombros. Ver fichas ambientales.

De igual forma se relacionan con las actividades de puesta en operación de la red. Durante la fase de operación de la red se presentarán venteos de vapores a la atmósfera producto de la “cargada” de la red con Gas Natural, así como de eventuales escapes a la atmósfera producto de ocasionales fugas que pueden ser producto de fallas humanas, técnicas, mecánicas (accesorios) o causadas por agentes externos.

Este tipo de emisiones es bastante molesto para algunos pobladores del municipio, debido a que la generación de polvo al medio causa a ciertas personas traumas de tipo alérgico a nivel de las vías respiratorias. El polvo y el material particulado son generados desde el momento de la apertura de zanjas hasta la reposición del área de trabajo, este periodo de emisión puede ser corto o prolongado dependiendo de los contratiempos que se presenten en el desarrollo del tendido de la red. Para prevenir los efectos generados sobre el medio se han dispuesto ciertas medidas dirigidas a prevenir y/o mitigar este impacto, estas tienen que ver con el riego y cubrimiento del material de excavación y relleno al lado de la zanja, así como del material sobrante (escombros) transportado hasta el sitio de disposición de escombros definido por el municipio.

## **IMPACTO SOCIOECONÓMICO**

El impacto generado sobre este componente es cierto y muy positivo, gracias a que no se está afectando o alterando de forma adversa la economía de la comunidad, por el contrario se está colaborando con el mejoramiento en la calidad de vida gracias a: la prestación de un servicio adicional que no existe en el sector, lo que contribuye al desarrollo y complemento de la infraestructura de servicios del municipio, la generación de empleos temporales durante la fase de construcción y fijos durante la operación de la red de distribución de gas, mejoramiento en la calidad de vida del usuario y demanda de elementos necesarios para las fases de construcción y operación. Además se está generando una nueva fuente energética más económica para el usuario y que sustituye a los demás energéticos utilizados en el municipio, sin afectarlo.

## **ANEXO C.**

## ACOMETIDA

**Tabla C1.** Acometida de ½ IPS

Ítem	Elementos	Unidad	Cantidad
<b>1</b>	Tubería de Polietileno		
<b>1,1</b>	Tubería PE 1/2"	ML	2
<b>2</b>	Accesorios		
<b>2,1</b>	Tee PE 3/4"x 1/2"x 1/2"	UN	1
<b>2,2</b>	Unión PE 1/2"	UN	1
<b>2,3</b>	Elevador	UN	1
<b>2,4</b>	Válvula de corte semi-universal de 1/2"	UN	1
<b>3</b>	Obra Civil + Materiales		
<b>3,1</b>	Mano de obra + materiales de la obra civil	UN	1

**Tabla C2.** Centro de Medición

2,1	Tornillos 1/4 X 1 1/2"	UN	15
2,11	Válvula baja presión-gasodoméstico	UN	1
2,12	Gastop 36 cm <sup>3</sup>	UN	1
2,13	Manguera para servicio	ML	1
<b>3</b>	Obra Civil + Materiales		
3,1	Mano de obra + materiales de la obra civil	UN	1

Ítem	Elementos	Unidad	Cantidad
<b>1</b>	Accesorios		
<b>1,1</b>	Medidor	UN	1
<b>1,2</b>	Regulador	UN	1
<b>1,3</b>	Codos HG de 1/2"	UN	2
<b>1,4</b>	Niples HG de 1/2"	UN	3
<b>1,5</b>	Conectores medidor	UN	3
<b>1,6</b>	Gastop fuerza alta	UN	1

## ANEXO D. ESPECIFICACIONES DE TUBERIA

**Tabla D1.** Tubería de Polietileno PE80 por Km. en Asfalto – Grupo A.

<b>CANALIZACIONES EN ASFALTO TUBERIA DE POLIETILENO</b>											
ITEM	ACTIVIDAD	Un.	DIAMETRO DE TUBERIA DE POLIETILENO								
			TPE1/2 AS	TPE3/4 AS	TPE1AS	TPE1- 1/4AS	TPE1- 1/2AS	TPE2AS	TPE3AS	TPE4AS	TPE6AS
<b>A. SUMINISTROS</b>											
	Tubería X" PE IPS	ML	1,030	1,030	1,030	1,030	1,030	1,030	1,030	1,030	1,030
	Tapón X" PE IPS	UN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Tee X" PE IPS	UN	9	4	4	4	4				
	Unión X" PE IPS	UN	7	7	7	7	7				
	Polivalvula X" PE IPS	UN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Reducción X" x X" PE IPS	UN		4	4	4	4	2			
	Codo X" PE IPS	UN						2	2	2	2
	Silleta X" x X" PE IPS	UN						2	2	2	2
	Silleta X" x X" PE IPS (electrofusión)	UN						2	3	4	4
	Cinta de señalización	ML	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010
<b>B. OBRA CIVIL</b>											
A1.p	Rotura y reposición de pavimento flexible (e=0.15 m)	M3	41.40	41.40	41.40	41.40	41.40	41.40	41.40	41.40	41.40
A2.p	Excavación en tierra o recebo, tape, compactación y	M3	99.94	101.31	102.69	104.06	105.43	108.17	113.66	119.15	130.12
	Suministro de recebo	M3	143.52	143.52	143.52	143.52	143.52	143.52	143.52	143.52	143.52
A4.p	Instalación de tubería de polietileno	ML	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
A5.p	Excavación en roca, tape, compactación y limpieza	M3	27.76	28.14	28.52	28.91	29.29	30.05	31.57	33.10	36.14
A6.p	Perforación neumática en pavimento flexible (hasta 2")	ML	80	80	80	80	80				
A8.p	Perforación neumática en 3" , 4" y 6"	ML						80	80	80	80
A9.p	Retiro de escombros	M3	231.34	231.72	232.10	232.48	232.86	233.63	235.15	236.67	239.72
A11.p	Construcción de cajas para polivalvulas en	UN							1	1	1
A12.p	Suministro e instalación de cajas prefabricadas para	UN	1	1	1	1	1	1			
A13.p	Prueba neumática y gasificación para redes de	ML	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
A14.p	Señalización con plaquetas	UN	30	30	30	30	30	30	30	30	30

**Tabla D2. Tubería de Polietileno PE80 por Km en Calzada Concreto – Grupo A.**

<b>CANALIZACIONES EN CALZADA CONCRETO</b>											
<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Un.</b>	<b>DIAMETRO DE TUBERIA DE POLIETILENO</b>								
			TPE1/2	TPE3/4	TPE1CO	TPE1-	TPE1-	TPE2CO	TPE3CO	TPE4CO	TPE6CO
<b>A. SUMINISTROS</b>											
	Tubería X" PE IPS	ML	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030
	Tapón X" PE IPS	UN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Tee X" PE IPS	UN	9	4	4	4	4				
	Unión X" PE IPS	UN	7	7	7	7	7				
	Polivalvula X" PE IPS	UN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Reducción X" x X" PE IPS	UN		4	4	4	4	2			
	Codo X" PE IPS	UN						2	2	2	2
	Silleta X" x X" PE IPS	UN						2	2	2	2
	Silleta X" x X" PE IPS (electrofusión)	UN						2	3	4	4
	Cinta de señalización	ML	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
<b>B. OBRA CIVIL</b>											
C1p	Rotura y reposición de concreto 3000 PSI (e=0.20 m)	M3	48	48	48	48	48	48	48	48	48
C2.p	Excavación en tierra o recebo, tape, compactación y	M3	74.29	75.43	76.57	77.72	78.86	81.14	85.72	90.29	99.43
C4.p	Suministro de recebo	M3	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4
C5.p	Instalación de tubería de polietileno	ML	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
C6.p	Excavación en roca, tape, compactación y limpieza	M3	24.76	25.14	25.52	25.91	26.29	27.05	28.57	30.10	33.14
C8.p	Perforación neumática en concreto (hasta 2")	ML	200	200	200	200	200	200			
C10.p	Perforación neumática en 3" , 4" y 6"	ML							200	200	200
C11.p	Retiro de escombros	M3	143.27	143.66	144.04	144.42	144.80	145.56	147.08	148.61	151.66
C12.p	Construcción de cajas para poliválvulas en	UN							1	1	1
C13.p	Suministro e instalación de cajas prefabricadas para		1	1	1	1	1	1			
C14.p	Prueba neumática y gasificación para redes de	ML	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
C15.p	Señalización con plaquetas	UN	30	30	30	30	30	30	30	30	30



**Tabla D3.** Tubería de Polietileno PE80 por Km. en Anden Concreto – Grupo A.

CANALIZACIONES EN ANDEN CONCRETO											
ITEM	ACTIVIDAD	Un.	DIAMETRO DE TUBERIA DE POLIETILENO								
			TPE1/2	TPE3/4	TPE1AC	TPE1-	TPE1-	TPE2AC	TPE3AC	TPE4AC	TPE6AC
<b>A. SUMINISTROS</b>											
	Tubería X" PE IPS	ML	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030
	Tapón X" PE IPS	UN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Tee X" PE IPS	UN	9	4	4	4	4				
	Unión X" PE IPS	UN	7	7	7	7	7				
	Polivalvula X" PE IPS	UN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Reducción X" x X" PE IPS	UN		4	4	4	4	2			
	Codo X" PE IPS	UN						2	2	2	2
	Silleta X" x X" PE IPS	UN						2	2	2	2
	Silleta X" x X" PE IPS (electrofusión)	UN						2	3	4	4
	Cinta de señalización	ML	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
<b>B. OBRA CIVIL</b>											
C1p	Rotura y reposición de concreto simple (e=0.10 m)	M3	24	24	24	24	24	24	24	24	24
C2.p	Excavación en tierra o recebo, tape, compactación y	M3	92.29	93.43	94.57	95.72	96.86	99.14	103.72	108.29	117.43
C4.p	Suministro de recebo	M3	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4
C5.p	Instalación de tubería de polietileno	ML	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
C6.p	Excavación en roca, tape, compactación y limpieza	M3	30.76	31.14	31.52	31.91	32.29	33.05	34.57	36.10	39.14
C8.p	Perforación neumática en concreto (hasta 2")	ML	200	200	200	200	200				
C10.p	Perforación neumática en 3" , 4" y 6"	ML							200	200	200
C11.p	Retiro de escombros	M3	125.27	125.66	126.04	126.42	126.80	127.56	129.08	130.61	133.66
C12.p	Construcción de cajas para poliválvulas en	UN							1	1	1
C13.p	Suministro e instalación de cajas prefabricadas para	UN	1	1	1	1	1	1			
C14.p	Prueba neumática y gasificación para redes de	ML	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
C15.p	Señalización con plaquetas	UN	30	30	30	30	30	30	30	30	30

**Tabla D4** Tubería de Polietileno PE80 por Km. en Tableta, Baldosín, Gravilla – Grupo A.

<b>CANALIZACIONES EN TABLETA, BALDOSIN, GRAVILLA DE TUBERIA DE POLIETILENO</b>											
<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Un.</b>	<b>DIAMETRO DE TUBERIA DE POLIETILENO</b>								
			TPE1/2	TPE3/4	TPE1TA	TPE1-	TPE1-	TPE2TA	TPE3TA	TPE4TA	TPE6TA
<b>A. SUMINISTROS</b>											
	Tubería X" PE IPS	ML	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030
	Tapón X" PE IPS	UN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Tee X" PE IPS	UN	9	4	4	4	4				
	Unión X" PE IPS	UN	7	7	7	7	7				
	Polivalvula X" PE IPS	UN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Reducción X" x X" PE IPS	UN		4	4	4	4	2			
	Codo X" PE IPS	UN						2	2	2	2
	Silleta X" x X" PE IPS	UN						2	2	2	2
	Silleta X" x X" PE IPS (electrofusión)	UN						2	3	4	4
	Cinta de señalización	ML	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
<b>B. OBRA CIVIL</b>											
TB1.p	Rotura y reposición de tableta, baldosín y gravilla	M2	150	150	150	150	150	150	240	240	240
TB2.p	Excavación en tierra o recebo, tape, compactación y	M3	55.14	55.71	56.29	56.86	57.43	58.57	60.86	63.14	67.72
TB4.p	Suministro de recebo	M3	39	39	39	39	39	39	39	39	39
TB5.p	Instalación de tubería de polietileno	ML	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
TB6.p	Excavación en roca, tape, compactación y limpieza	M3	36.76	37.14	37.52	37.91	38.29	39.05	40.57	42.10	45.14
TB8.p	Perforación neumática en tableta, baldosín y gravilla	ML	500	500	500	500	500	500			
TB10.p	Perforación neumática en 3" , 4" y 6"	ML							200	200	200
TB11.p	Retiro de escombros	M3	83.83	84.21	84.59	84.98	85.36	86.12	89.44	90.97	94.01
TB12.p	Construcción de cajas para poliválvulas en	UN							1	1	1
TB13.p	Suministro e instalación de cajas prefabricadas para	UN	1	1	1	1	1	1			
TB14.p	Prueba neumática y gasificación para redes de	ML	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
TB15.p	Señalización con plaquetas	UN	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabla D5 Tubería de Polietileno PE80 por Km. en Zona Verde – Grupo A.

CANALIZACIONES EN ZONA VERDE DE TUBERIA DE POLIETILENO											
ITEM	ACTIVIDAD	Un.	DIAMETRO DE TUBERIA DE POLIETILENO								
			TPE1/2	TPE3/4	TPE1ZV	TPE1-	TPE1-	TPE2ZV	TPE3ZV	TPE4ZV	TPE6ZV
<b>A. SUMINISTROS</b>											
	Tubería X" PE IPS	ML	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030
	Tapón X" PE IPS	UN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Tee X" PE IPS	UN	9	4	4	4	4				
	Unión X" PE IPS	UN	7	7	7	7	7				
	Polivalvula X" PE IPS	UN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Reducción X" x X" PE IPS	UN		4	4	4	4	2			
	Codo X" PE IPS	UN						2	2	2	2
	Silleta X" x X" PE IPS	UN						2	2	2	2
	Silleta X" x X" PE IPS (electrofusión)	UN						2	3	4	4
	Cinta de señalización	ML	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
<b>B. OBRA CIVIL</b>											
ZV1.p	Reposición en zona verde	M2	300	300	300	300	300	300	300	300	300
ZV2.p	Excavación en tierra o recebo, tape, compactación y	M3	147.05	148.57	150.10	151.62	153.14	156.19	162.29	168.38	180.58
ZV3.p	Instalación de tubería de polietileno	ML	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ZV4.p	Excavación en roca, tape, compactación y limpieza	ML	36.76	37.14	37.52	37.91	38.29	39.05	40.57	42.10	45.14
ZV5.p	Perforación neumática en tableta, baldosín y gravilla	ML	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZV6.p	Perforación neumática en 3" , 4" y 6"	ML	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZV7.p	Retiro de escombros	M3	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95
ZV9.p	Construcción de cajas para polivalvulas en	UN							1	1	1
ZV10.p	Suministro e instalación de cajas prefabricadas para	UN	1	1	1	1	1	1			
ZV11.p	Prueba neumática y gasificación para redes de	ML	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ZV12.p	Señalización con plaquetas	UN	30	30	30	30	30	30	30	30	30

**ANEXO E.  
FOTOGRAFIAS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL Y ZONAS  
VEREDALES**

**Fotografía E1** Vereda El Rincon Via Jesus Maria



**Fuente:** Fotografías de Daniel García Ariza. Puente Nacional Santander Tomada desde la carretera vía Jesús Maria .2017.

**Fotografía E2** Vereda Culebrilla



**Fuente:** Fotografías de Daniel García Ariza. Puente Nacional Santander. Vereda culebrilla 2017.