

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO DE GAS DOMICILIARIO
PARA EL CORREGIMIENTO SAN MIGUEL DEL TIGRE-YONDÓ**

MARITZA ISABEL GONZALEZ BLANCO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
MAESTRIA EN INGENIERIA DE PETROLEO Y GAS
BUCARAMANGA**

2018

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO DE GAS DOMICILIARIO
PARA EL CORREGIMIENTO SAN MIGUEL DEL TIGRE-YONDÓ**

MARITZA ISABEL GONZALEZ BLANCO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN
INGENIERIA DE PETROLEO Y GAS**

**DIRECTOR
ERNESTO CALDERÓN CARRILLO
MAGISTER EN INFORMÁTICA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA
2018**

DEDICATORIA

Esta Tesis la dedico a Dios, por guíame y permitirme encarar las adversidades sin desfallecer en el intento, por demostrarme su inmenso poder.

Agradezco a mi familia, mis padres, hermanos, cuñada y hermosos sobrinos, por el cariño que me brindan.

A mi preciosa madre por su incansable apoyo y amor en todos los momentos de mi vida, A mi padre por enseñarme la constancia, perseverancia, y que cada día tiene un nuevo amanecer.

A mi Toons bella por su característico amor y humildad, por las palabras amorosas que tiene siempre.

A mi Nonita, por su ejemplo de mujer fuerte, por enseñarnos que la vida es un recorrido y siempre debemos estar bien, con la mejor actitud.

A mis primas lindas en especial a Yurisita y a Tatis, por ser tan hermosas, por su gran compañía y palabras bonitas que a veces necesitamos oír para continuar.

A los hermanos que la vida nos regala llamados Amigos, para disfrutar y compartir otros espacios y momentos de la vida, quienes en ocasiones creen mas en uno que uno mismo; Rodry, Yoha y Rafa.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2 JUSTIFICACIÓN	17
1.3 OBJETIVOS	18
2. MARCO TEORICO	19
2.1 CADENA DE GAS NATURAL	19
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL:	22
2.3 HURTO DE HIDROCARBUROS.....	24
2.3.1 Pega ilícita.	24
2.3.2 Tipos de conexiones irregulares en el mercado de gas natural	24
2.3.3 Leyes asociadas al manejo de Hidrocarburos en Colombia	24
2.4 ALTERNATIVAS PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE GAS DOMICILIARIO	29
2.4.1 Gas natural por redes	29
2.4.2 Gas Licuado de Petróleo “GLP”	30
2.4.3 Energía alternativa	30
3. MARCO PRÁCTICO	31
3.1 ANTECEDENTES.....	31
3.1.1 Convenio marco de colaboración para la construcción de redes de distribución de gas natural	31
4. MARCO LEGAL	35
5. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	36
5.1 MODELO DE DATOS DIAGNÓSTICO	36
5.2 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD	37
5.2.1 A partir del territorio	37
5.2.2 Ámbito socio-económico	37
5.3 TIPO DE CONEXIÓN	37

5.4 MODELO DE DIAGNÓSTICO	40
5.4.1 Parámetros de decisión	42
5.5 DISEÑO METODOLÓGICO.....	44
5.5.1 Contextualización.....	47
5.5.2 Hipótesis	48
5.5.3 Condiciones base	48
5.5.4 Implementación del diagnóstico.....	50
5.5.5 Factibilidad del proyecto	50
5.5.6 Establecer recursos	52
5.5.7 Toma de decisión.....	53
5.5.8 Análisis de criticidad de los caracteres para implementar en la legalización del suministro de gas.....	53
6. RESULTADOS.....	57
6.1 CORREGIMIENTO SAN MIGUEL DEL TIGRE	57
6.1.1 Contextualización.....	57
6.1.2 Hipótesis	59
6.1.3 Condiciones base	60
6.1.4 Implementación del diagnóstico.....	64
6.1.5 Factibilidad del proyecto	66
6.1.6 Establecer recursos	69
6.1.7 Toma de decisión.....	70
7. CONCLUSIONES	73
8. RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA.....	76
ANEXOS	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Calidad del Gas Natural. Recuperado de resolución CREG 071: 1999. ...	23
Tabla 2 Normas de referencia para redes de gas.....	29
Tabla 3 Referencias normativas y legales	35
Tabla 4 Parámetro en condición de la conexión	37
Tabla 5 Parámetros de valoración, modelo de diagnóstico para suministro de gas natural por pegas ilícitas	42
Tabla 6 Consideraciones para la generación de la Hipótesis	48
Tabla 7 Estándares de medición e indicadores para verificación	51
Tabla 8 Identificación de recursos mínimos.....	52
Tabla 9 Valoración de niveles de criticidad para la matriz de importancia.....	54
Tabla 10. Población conectada de manera irregular a la cadena de gas natural ..	60
Tabla 11 Número de usuarios residenciales.....	61
Tabla 12 Representación de variables para determinar el tamaño de la muestra .	61
Tabla 13 Tamaño de muestra determinado	62
Tabla 14 Análisis de información recolectada, total de usuarios para el proyecto de suministro de gas natural.....	62
Tabla 15 Resultados proyectados para el suministro de gas natural.....	64
Tabla 16 Diagnóstico para suministro de gas natural por pegas ilícitas	64
Tabla 17 Resultados obtenidos de las variables e indicador de verificación	66
Tabla 18 Especificaciones técnicas principales que debe cumplir la red de distribución construida	67
Tabla 19 Valor de la inversión total.....	68
Tabla 20 Resultados de los recursos mínimos base.....	69
Tabla 21 Otros costos asociados para la ejecución de la factibilidad	69
Tabla 22 Matriz de valoración de importancia de la factibilidad del proyecto	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cadena de gas natural tipo.....	19
Figura 2 Conexión tipo al anular de pozo de extracción de crudo	38
Figura 3 Conexión artesanal a la red de transporte de gas natural	39
Figura 4 Conexión a una red existente de distribución	39
Figura 5 Diagrama de flujo Datos de Diagnóstico.....	41
Figura 6 Esquema práctico de metodología aplicado a proyectos de masificación de gas natural	45
Figura 7 Árbol de problema	48
Figura 8 Identificación de variables para obtener factibilidad del estudio	50
Figura 9 Definición del área de trabajo	58
Figura 10 Árbol de problema, conexión ilícita corregimiento San Miguel del Tigre	59

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Determinación del tamaño de muestra.....	62
Ecuación 2. Distribución de IGT para el flujo de gas en tuberías.....	119

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Estudio técnico vereda san miguel del tigre	77
Anexo B. Características generales de construcción.....	103
Anexo C Memorias de diseño red de distribución de gas natural corregimiento san miguel del tigre.....	113
Anexo D Lista de chequeo para valoración de la red de distribución por parte de la UPME-Proyectos de Inversión Pública	124

RESUMEN

TITULO: Análisis de alternativas de suministro de gas domiciliario para el corregimiento San Miguel del Tigre-Yondó*

AUTOR: Maritza Isabel Gonzales Blanco**

PALABRAS CLAVE: Diagnóstico, Gas Natural, Metodología, Pegas ilícitas, Suministro y Transporte.

DESCRIPCIÓN:

En la actualidad el área rural del municipio de Yondó en el departamento de Antioquia, ofrece oportunidades de desarrollo social y económico, mediante la ejecución de servicios y proyectos para mejorar la calidad de vida de comunidades, como lo es el corregimiento de San Miguel del Tigre. Lo cual, se presenta como una alternativa de solución a la identificación de la problemática del mercado ilegal y hurto de gas natural en la red de transporte de la cadena de gas natural.

En este orden de ideas se realiza inicialmente el diagnóstico de la situación actual de conexión ilícita a la red de transporte, de la cual los usuarios del corregimiento San Miguel del tigre toman el combustible para cocción de los alimentos; posteriormente, se realiza el planteamiento de una metodología, que busca analizar la opción de reemplazar el uso del gas de manera ilícita por un sistema de distribución que cuente con los parámetros técnicos, económicos, legales y normativos, apto para la administración, operación y mantenimiento por parte de una empresa prestadora de servicios públicos. El propósito de este proyecto es plantear como desarrollarlo de manera idónea, permitiendo mitigar los riesgos ocasionados por las conexiones irregulares, regulando un nuevo mercado especial, brindado el servicio de gas natural a la comunidad afectada, supliendo las causas de la problemática, mediante la posibilidad de consecución de recursos por medio de fuentes estatales en conjunto con las administraciones locales.

Asimismo, se determina la aceptabilidad del proceso establecido para valorar la factibilidad del proyecto y la selección de la mejor alternativa técnico-económica, mediante la valoración de las variables preponderantes para la proyección y ejecución del suministro de gas domiciliario legal en el área diagnosticada.

* Tesis de Maestría

** Facultad de Ingenierías Físico- Químicas. Especialización en Ingeniería del Gas. Director: Msc. Ernesto Calderón Carrillo

ABSTRACT

TITLE: Analysis of home gas supply alternatives for the San Miguel del Tigre-Yondó village

AUTHOR: Maritza Isabel Gonzales Blanco*

KEYWORDS: Diagnostic, Natural Gas, Methodology, Illicit gas market, Supply and Transportation. **

DESCRIPTION:

Currently the rural area of the Yondó town in the department of Antioquia, offers opportunities for social and economic development through the execution of services and projects to improve the quality of life of communities, such as the village of San Miguel del Tigre. This is presented as an alternative solution to the identification of the illegal market and the theft of natural gas in the transport network of the natural gas chain.

Based on that situation, the diagnosis of the current illicit connection to the transport network is made, from which the users of the San Miguel del Tigre village take the fuel for cooking the food; Subsequently, a methodology is proposed, which seeks to analyze the option to replace the use of gas in an illicit manner by a distribution system that has the technical, economic, legal and regulatory parameters, suitable for administration, operation and maintenance by a utility provider. The purpose of this project is to propose how to develop it in an ideal way, allowing mitigating the risks caused by irregular connections, regulating a new special market, providing the natural gas service to the affected community, supplying the causes of the problem, through the possibility of obtaining resources through state sources in conjunction with local administrations.

Likewise, the acceptability of the established process is determined to assess the feasibility of the project and the selection of the best technical-economic alternative, through the review of the preponderant variables for the projection and execution of the legal gas supply in the area diagnosed.

* Master Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico- Químicas. Especialización en Ingeniería del Gas. Director: Msc Ernesto Calderón Carrillo

INTRODUCCIÓN

El corregimiento San Miguel del Tigre, ubicado en zona rural del municipio de Yondó, Antioquia presenta una situación de irregularidad por el consumo ilícito del gas natural proveniente de una red de distribución, que no se encuentra operada por una empresa de servicios públicos y que está conectada de manera directa al gasoducto Galán-Yondó, sin pagar ningún tipo de retribución por el servicio desde hace 14 años.

Por lo anterior, en este orden de ideas se busca obtener una alternativa viable para el suministro del gas natural combustible, de manera legal y por una red de distribución apta para la prestación del servicio domiciliario que elimine la adquisición de gas de manera ilegal de la red de transporte por parte de los residentes del corregimiento San Miguel del Tigre, permitiendo la ejecución del proyecto a través de una empresa que cuente con la idoneidad para prestar el servicio público de gas natural combustible en la región.

Por ello, el presente trabajo de aplicación, se fundamenta en el desarrollo de un modelo de diagnóstico que a partir de datos permita brindar especificaciones y correlaciones entre las variables que afectan la solución para seleccionar la alternativa viable para brindar legalidad a la adquisición de gas natural, mediante un conjunto de parámetros de valoración para evaluar la mejor alternativa de suministro del gas natural al usuario final.

Se plantea una metodología en función de brindar una alternativa factible de suministro de gas domiciliario, que sea administrado, operado y mantenido por una empresa de servicios públicos. Al implementar la metodología en el área de impacto de zona rural del municipio de Yondó en San Miguel del Tigre, permitirá legalizar la adquisición de gas natural durante el año 2018 y desconectar las pegadas ilícitas a la

línea de gas natural del gasoducto de entrada a la ciudad proveniente de la estación Galán ubicada en Barrancabermeja.

El proyecto permitirá impactar de manera positiva a las comunidades del Magdalena Medio, donde se presentan inconvenientes por conexiones ilícitas y hurto del combustible, mediante el suministro de gas natural domiciliario de manera legal y mitigando los riesgos físicos, de salud y de daños causados a las infraestructuras de la cadena de gas natural en Colombia. Yondó, se beneficiará con la construcción de la red de distribución y la generación del mercado especial a un total de 500 viviendas en el área de interés del proyecto. Asimismo, este tipo de proyectos podrá brindar legalidad a más de 2000 usuarios que se encuentran proyectados en otras áreas aledañas y rurales de la zona de acción para el campo Casabe.

La presente investigación es de tipo cualitativa porque se enfoca en describir, comprender e interpretar del por qué se presenta la situación ilícita de adquirir el combustible de la red de transporte y la cadena de gas natural en general y plantear soluciones que beneficiarán a las comunidades y también a la empresa transportado del gas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La razón de suministro de gas domiciliario a usuarios finales como servicio público, está en atender las necesidades básicas de la población, para tal efecto, las entidades gubernamentales deben proveer a sus ciudadanos a través de empresas prestadoras de servicio públicos de carácter público o privado, según la regulación y normatividad vigente.

En la actualidad la comunidad del corregimiento de San Miguel del Tigre, perteneciente al municipio de Yondo, departamento de Antioquia; cuenta con una red de distribución que, según la comunidad, fue construida hace aproximadamente catorce (14) años, la cual no ha tenido sus respectivos procesos de mantenimiento y operación; generando inconvenientes técnicos como fugas en la tubería, que no son fáciles de detectar por falta de odorante en el combustible.

Por otra parte, la conexión a la red de transporte se hizo sin ningún permiso otorgado por la empresa transportadora. Así mismo, el gas que es tomado de la mencionada red, no cuenta con un respectivo contrato de suministro, por tanto, no es pagado al correspondiente comercializador mayorista.

Lo descrito anteriormente, ha ocasionado con el paso del tiempo diferentes inconvenientes de carácter social, técnico, legal, ambiental y de seguridad; los cuales han generado otros problemas tales como el hurto de combustible y la inadecuada manipulación de la infraestructura evidenciada por presencia de fugas, exponiendo a la comunidad a riesgos tales como conato de incendios, posibles explosiones en el área de impacto o intoxicación, además del daño ambiental ocasionado por la emisión a la atmósfera de gas metano, principal componente del gas natural.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En las zonas donde tienen influencia las empresas del sector de hidrocarburos, principalmente las que se dedican a la producción y transporte de gas natural, se presenta un fenómeno de conexiones ilícitas a la infraestructura de transporte o en ocasiones a las líneas o a los anulares de los pozos aledaños a las viviendas.

En el corregimiento de San Miguel del Tigre, existe una conexión irregular a la red de transporte propiedad del comercializador mayorista, donde se sustrae el gas de manera ilegal, con el fin de suplir las necesidades de gas combustible para uso domiciliario por parte de los habitantes de la zona, generando grandes inconvenientes sociales, técnicos, legales y ambientales.

El desarrollo del presente trabajo de grado, es de alto contenido social, toda vez que en los directos beneficiados serán todos aquellos integrantes de la cadena de gas natural que intervienen en el proceso de producción, transporte, distribución, comercialización del gas natural en nuestro país y los consumidores finales miembros de la comunidad. Al realizar un adecuado análisis técnico, social y legal se podrá plantear una posible solución que regularice la distribución de gas domiciliario y normalice la distribución de gas al corregimiento o área de impacto de proyecto.

Con el diagnóstico, validación y evaluación del sector de impacto, se pueden fomentar y plantear una alternativa para una red de distribución apropiada, incluyendo administración, operación y mantenimiento, logrando mejoras de tipo ambiental (eliminación de las emisiones de gas metano (CH₄), mitigar los riesgos de explosión); legal (evitar el hurto de hidrocarburos, manipulación de la red de transporte, y violación a la norma de transporte), técnico (regulación del suministro para cada usuario y de la red de distribución), económico (perdidas por hurto de

combustible), mejoramiento en la Calidad de vida y Seguridad en la prestación del servicio.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar las alternativas de suministro de Gas Natural domiciliario para el corregimiento San Miguel del Tigre, municipio de Yondó, departamento de Antioquia.

Objetivos Específicos

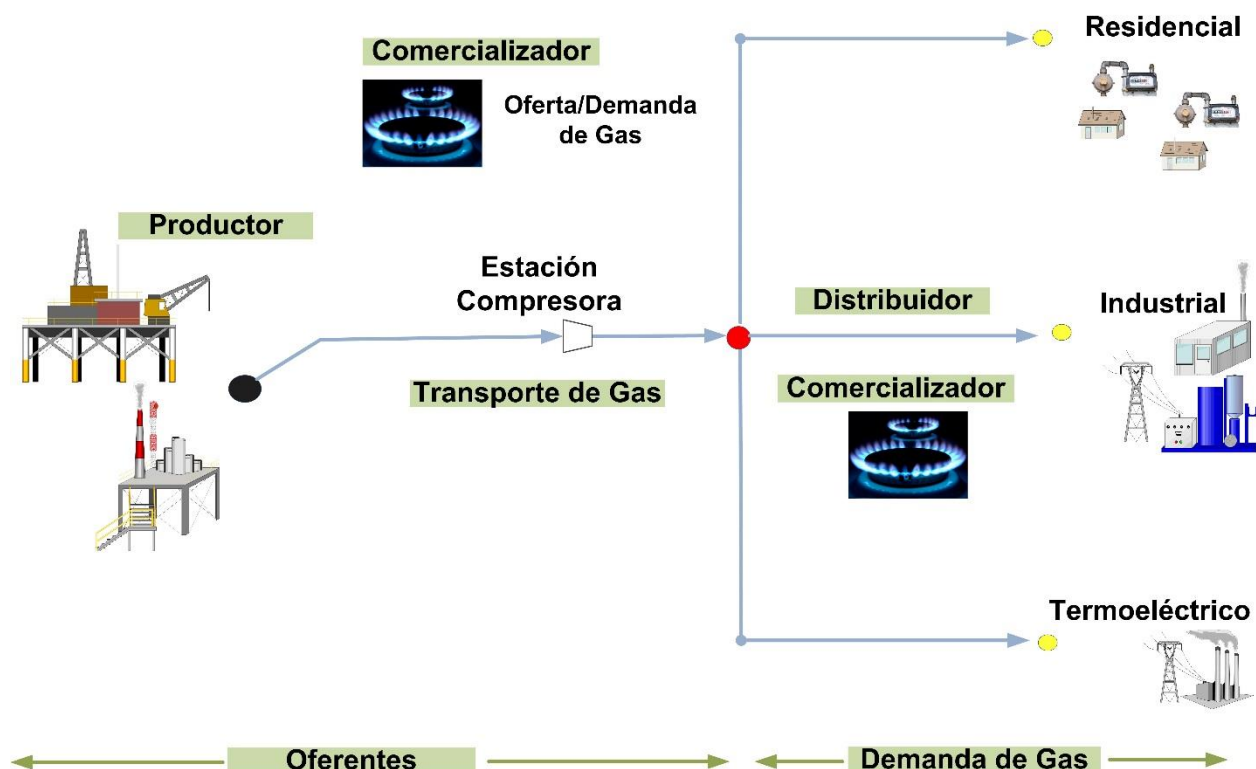
- ✓ Plantear un modelo de datos diagnóstico que permita caracterizar las comunidades donde se presentan pegas ilícitas a las redes de transporte de gas.
- ✓ Proponer una metodología que permita seleccionar la mejor alternativa técnica y económica para el suministro de gas domiciliario legal a comunidades donde se presentan pegas ilícitas.
- ✓ Aplicar la metodología al corregimiento San Miguel del Tigre y determinar la mejor alternativa técnica y económica para legalizar el suministro de gas domiciliario.

2. MARCO TEORICO

2.1 CADENA DE GAS NATURAL

El mercado del gas natural en el país, se encuentra conformado en dos partes; la primera, compuesta por los denominados oferentes entre los cuales están los productores, comercializadores, transportadores y distribuidores del producto y la segunda, por los usuarios que demandan el producto como consumidores finales, quienes pueden ser de tipo residencial, industrial, termoeléctrico, entre otros. En la figura 1 se presenta la cadena de gas natural tipo.

Figura 1. Cadena de gas natural tipo.



Las etapas de la cadena por donde debe pasar la custodia del gas natural para llegar a un usuario final, se describen a continuación:

- ✓ Producción (up-stream)

La producción de gas incluye dos actividades:

- ✓ La exploración, que es la primera actividad en la cadena del gas natural y se desarrolla simultáneamente tanto para gas como para el petróleo, realizada por empresas petroleras públicas y privadas.
- ✓ La explotación, generalmente se desarrolla en conjunto con la actividad petrolera, excepto para los yacimientos de gas libre de asociados y que puede ser explotado de forma independiente por su alto contenido en calidad y cantidad⁵.
- ✓ Transporte

El gas natural es recibido en boca de pozo y transportado por redes de tubería denominados “gasoductos” hacia los centros de tratamiento y de consumo, en donde es recibido en estaciones de regulación y medición denominadas “puntos de transferencia de custodia” y “entrada de ciudad”⁶. Acorde con el reglamento único de transporte según la resolución CREG aplicable y vigente, el precio del transporte de gas, está asociado con los siguientes parámetros⁷:

- ✓ Costos por capacidad
- ✓ Costos fijos
- ✓ Cargos por volumen transportado

⁵ http://www.upme.gov.co/docs/chain_gas_natural.pdf

⁶ **UPME. 2003.** *La cadena del gas natural en Colombia*. Bogota DC : Unidad de Planeación Minero Energetica, 2003.

⁷ **CREG. 1999.** Comisión de regulación de energía y gas. *Resolución No 071 de 1999*. Bogota DC, Colombia : Ministerio de Minas y Energía, 03 de Diciembre de 1999.

- ✓ Costos variables

- ✓ Distribución

El gas es entregado a la entrada de cada ciudad “city gate”. Posteriormente, es distribuido por medio de las empresas de servicio público (ESP) a los consumidores finales (residencial, industrial, comercial y otros usuarios institucionales) a través de redes de tubería. En el city gate el gas es odorizado y suministrado a través de tuberías fabricadas en polietileno, a una presión baja (< 60 psig). La unidad de consumo de gas natural de oferta al usuario final se mide como volumen en unidad de metro cúbico (m³) o en unidades de energía como el BTU.

- ✓ Comercialización

Consiste en el proceso de compra y venta del combustible, entre los oferentes y consumidores, es decir, los productores venden el gas natural a los distribuidores y grandes consumidores y el distribuidor a las zonas urbanas, comercial y pequeños usuarios. En este orden de ideas, el comercializador puede aparecer en todas las etapas de la cadena, por ejemplo, aparece en la etapa de producción cuando compra gas a los productores, aparece en el transporte cuando alquila la red de gasoductos troncales pagando un “cargo por transporte” y en la distribución cuando alquila redes urbanas para llevarle el servicio a un consumidor final.⁸

- ✓ Demanda de gas

Constituye el mercado final relevante que debe ser atendido por la cadena de gas natural, de lo cual, cabe resaltar con respecto a la Ley 142 de 1994:

- ✓ El suministro de gas domiciliario a usuarios finales como servicio público domiciliario, es un derecho fundamental que en la actualidad las entidades gubernamentales deben proveer a sus ciudadanos a través de empresas

⁸ Pérez Castillo, Jairo Andres. 2010. *IMPACTO SOCIOECONÓMICO GENERADO POR LA UTILIZACIÓN DEL GAS NATURAL EN LOS HOGARES NACIONALES*. Bogotá DC : UNIVERSIDAD DE LA SALLE, 2010.

prestadoras de servicio de carácter público o privado⁹, según la regulación y normatividad vigente.

- ✓ Qué existen relaciones muy estrechas entre las diferentes etapas complementarias; producción, transporte, comercialización y distribución, para la prestación del servicio público del gas natural domiciliario, en cuanto a aspectos regulatorios, tarifarios e institucionales.
- ✓ El objeto del servicio público de gas domiciliario, es satisfacer la demanda del suministro con criterios de mínimo costo y con estructuras de precios eficientes, garantizar la calidad del servicio de gas domiciliario, establecer estructuras tarifarias en la cadena del gas natural con base en los principios de equidad y solidaridad, promover la libertad económica y la libre competencia en la prestación del mismo, permitir la participación de terceros en la prestación del servicio, establecer mecanismos que permitan la participación de los usuarios en la gestión y evitar abusos a los consumidores.¹⁰

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL:

Es un combustible gaseoso, el cual se denomina de manera genérica “gas natural” debido a que se obtiene de forma limpia a través de diversas fuentes sin realizar intervención química y tiene como característica física ser inodoro e incoloro. Se encuentra constituido por cualquier mezcla compleja de hidrocarburos en fase gaseosa, compuesta de forma predominante por el metano (CH₄) (Ortíz Afanador, 2014), pero también en menor proporción por el etano, propano y butano y trazas de no hidrocarburos denominados inertes y contaminantes.

⁹ Colombia, C. D. (1994). Ley 142 de 1994. *Servicios públicos domiciliarios*.

¹⁰ **Pérez Castillo, Jairo Andres. 2010. IMPACTO SOCIOECONÓMICO GENERADO POR LA UTILIZACIÓN DEL GAS NATURAL EN LOS HOGARES NACIONALES.** Bogotá DC : UNIVERSIDAD DE LA SALLE, 2010.

Por tratarse de una mezcla de varios componentes y debido a que el principal uso del gas natural es como combustible, la variación en las propiedades físico-químicas del gas, representa un enorme reto de poder asegurar su combustión de manera eficiente (Ortíz Afanador, 2014).

El gas suministrado a los usuarios finales, deberá cumplir con las especificaciones citadas en la tabla 1 que se muestra a continuación¹¹:

Tabla 1 Calidad del Gas Natural. Recuperado de resolución CREG 071: 1999.

ESPECIFICACIONES	SISTEMA INTERNACIONAL	SISTEMA INGLÉS
Máximo poder calorífico	42,8 MJ/m ³	1,150 BTU/ft ³
Mínimo poder calorífico	35,4 MJ/m ³	950 BTU/ft ³
Contenido de líquido	Libre de líquidos	Libre de líquidos
Contenido total de H ₂ S máximo	6 mg/m ³	0,25 grano/100PCS
Contenido total azufre máximo	23 mg/m ³	1 grano/1Z
Contenido de CO ₂ , máximo en (%) volumen	2%	2%
Contenido de N ₂ , máximo en (%) volumen	3	3
Contenido de inertes, máximo en (%) volumen	5%	5%
Contenido de oxígeno, máximo en (%) volumen	0,10%	0,10%
Contenido de agua máximo	97mg/m ³	6 Lb/MPS
Temperatura de entrega máximo	49°C	120°C
Temperatura de entrega mínimo	45°C	40°C
Contenido máximo de polvos y material en suspensión	1,6mg/m ³	Granos/1000 PCS

¹¹ Comisión de Regulación de Energía y Gas.-CREG (1999). Resolución 071 (diciembre, 03). Por la cual se establece el Reglamento Único de Transporte de Gas Natural- (RUT).Bogotá Diario Oficial 43.859 del 19 de Enero de 2000.

2.3 HURTO DE HIDROCARBUROS

2.3.1 Pega ilícita. Se puede definir como cualquier tipo de conexión realizada por un tercero (residencial, comercial o industrial) para hurtar o beneficiarse del gas combustible, sin ser pagado a un comercializador en cualquiera de las etapas en la cadena de gas descritas con anterioridad. El código penal colombiano¹² en su artículo 256, regula la defraudación de fluidos y las sanciones que se tienen al incurrir en este delito.

2.3.2 Tipos de conexiones irregulares en el mercado de gas natural. Acorde con el presente proyecto, se pueden clasificar en:

- ✓ Gas de anulares; son aquellas que se presentan directamente de la cadena de producción, en un pozo productor de crudo o gas asociado a un pozo de crudo.
- ✓ Red de transporte; se realizan las conexiones de forma artesanal a la tubería de acero que transporta el gas natural entre dos puntos.
- ✓ Red existente sin operador; corresponde al beneficio y uso del gas natural de una red de distribución construida, que no se encuentra con un operador asociado a una empresa de servicio público (ESP) debidamente legalizada.
- ✓ Red de distribución; corresponde al beneficio y uso del gas natural de una red de distribución construida.

2.3.3 Leyes asociadas al manejo de Hidrocarburos en Colombia. A continuación, se realiza un resumen de los principales artículos en el marco de la ley colombiana, en referencia al manejo de Hidrocarburos en Colombia:

Código penal de Colombia; Ley 599 del 2000

¹² Colombia. L. 599 de 2000. Por la cual se expide el Código Penal, 44.097. Diario Oficial, 24 de julio de 2000.

a) Artículo 256. Defraudación de fluidos

El que mediante cualquier mecanismo clandestino o alterando los sistemas de control o aparatos contadores, se apropie de energía eléctrica, agua, gas natural o señal de telecomunicaciones, en perjuicio ajeno, incurrirá en prisión de uno (1) a cuatro (4) años y en multa de uno (1) a cien (100) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

b) Artículo 319. Contrabando de hidrocarburos y derivados

El que en cantidad superior a veinte (20) galones, importe hidrocarburos o sus derivados al territorio colombiano, o los exporte desde él, por lugares no habilitados, o los oculte, disimule o sustraiga de la intervención y control aduanero, incurrirá en prisión de tres (3) a cinco (5) años y multa de trescientos (300) a mil quinientos (1.500) salarios mínimos legales mensuales vigentes, sin que en ningún caso sea inferior al 200% del valor aduanero de los bienes importados o de los bienes exportados.

Si la conducta descrita en el inciso anterior recae sobre hidrocarburos o sus derivados cuya cantidad supere los ochenta (80) galones, se impondrá una pena de cinco (5) a ocho (8) años de prisión y multa de mil quinientos (1.500) a cincuenta mil (50.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes, sin que en ningún caso sea inferior al doscientos (200%) del valor aduanero de los bienes importados o de los bienes exportados. El monto de la multa no podrá superar el máximo de la pena de multa establecido en este Código”.

c) Artículo 327. Apoderamiento de hidrocarburos

El que de manera directa o por interpuesta persona obtenga, para sí o para otro, incremento patrimonial no justificado, derivado en una u otra forma de actividades delictivas incurrirá, por esa sola conducta, en prisión de seis (6) a diez (10) años y

multa correspondiente al doble del valor del incremento ilícito logrado, sin que supere el equivalente a cincuenta mil (50.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

Ley 1028 de 2006. Por la cual se adiciona el Código Penal y se dictan otras disposiciones:

- a) Artículo 1°. El Título X del Código Penal, se adiciona con el siguiente capítulo:

CAPITULO VI. Del apoderamiento de los hidrocarburos, sus derivados, biocombustibles o mezclas que los contengan y otras disposiciones.

- b) Artículo 327A. Apoderamiento de hidrocarburos, sus derivados, biocombustibles o mezclas que los contengan

El que se apodere de hidrocarburos, sus derivados, biocombustibles o mezclas que los contengan debidamente reglamentados, cuando sean transportados a través de un oleoducto, gasoducto, poliducto o a través de cualquier otro medio, o cuando se encuentren almacenados en fuentes inmediatas de abastecimiento o plantas de bombeo, incurrirá en prisión de ocho (8) a quince (15) años y multa de mil trescientos (1.300) a doce mil (12.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

En las mismas penas incurrirá el que mezcle ilícitamente hidrocarburos, sus derivados, biocombustibles o mezclas que los contengan. Cuando el apoderamiento se cometiere en volúmenes que no exceda de veinte (20) galones o 65 metros cúbicos (m³) de gas, la pena será de prisión de tres (3) a ocho (8) años y multa de doscientos (200) a setecientos (700) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

- c) Artículo 327B. Apoderamiento o alteración de sistemas de identificación

El que se apodere o altere sistemas o mecanismos legalmente autorizados para la identificación de la procedencia de los hidrocarburos, sus derivados, los biocombustibles o mezclas que los contengan, tales como equipos, sustancias, marcadores, detectores o reveladores, incurrirá en prisión de cinco (5) a doce (12) años y multa de setecientos (700) a seis mil (6.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

d) Artículo 327C. Receptación.

El que sin haber tomado parte en la ejecución de las conductas punibles descritas en los artículos 327A y 327B adquiera, transporte, almacene, conserve, tenga en su poder, venda, ofrezca, financie, suministre o comercialice a cualquier título hidrocarburos, sus derivados, biocombustibles o mezclas que los contengan debidamente reglamentadas o sistemas de identificación legalmente autorizados, cuando tales bienes provengan de la ejecución de alguno de estos delitos, incurrirá en prisión de seis (6) a doce (12) años y multa de mil (1.000) a seis mil (6.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes. En la misma pena incurrirá el que destine mueble o inmueble o autorice o tolere en ellos tal destinación o realice cualquier actividad que facilite la comisión de las conductas mencionadas en el inciso anterior.

e) Artículo 327D. Destinación ilegal de combustibles

El que sin autorización legal venda, ofrezca, distribuya o comercialice a cualquier título combustibles líquidos amparados mediante el artículo 1° de la Ley 681 de 2001 o las normas que lo modifiquen, aclaren o adicionen, incurrirá en prisión de seis (6) a doce (12) años y multa de mil (1.000) a seis mil (6.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

En la misma pena incurrirá el que con incumplimiento de la normatividad existente, adquiera, transporte, almacene, conserve o tenga en su poder combustible líquidos derivados del petróleo con destino a zonas de frontera.

f) Artículo 327E. Circunstancia genérica de agravación.

Cuando alguno de los delitos previstos en este capítulo se cometiere por servidor público, persona que ejerza funciones públicas o integrantes de grupos armados organizados al margen de la ley, las penas respectivas se aumentarán en una tercera parte a la mitad.

g) Artículo 2°. Destinación de los elementos incautados.

Una vez el fiscal haya determinado la procedencia ilícita de los hidrocarburos o sus derivados, a excepción de los que trata el artículo 327D, ordenará en un término no mayor a cinco (5) días hábiles su entrega a Ecopetrol S.A., quien procederá a su venta en condiciones normales del mercado.

En igual sentido, una vez se haya determinado la procedencia ilícita de los biocombustibles o mezclas que los contengan, ordenará su entrega a quien acredite ser su legítimo dueño poseedor o tenedor o en su defecto, a la planta destiladora o productora de biocombustible, o a la planta de abastecimiento mayorista más cercana, la que procederá a su venta en condiciones normales del mercado, poniendo inmediatamente a disposición de la autoridad judicial que conozca del caso las sumas de dinero que reciba por su comercialización, previo descuento de los gastos y costos en que haya incurrido por el manejo de los mismos; caso en el cual ordenará su entrega al Tesoro Nacional, al momento de proferir sentencia o la decisión que ponga fin al proceso.

h) Artículo 3°. Competencia

La competencia de los delitos previstos en este capítulo corresponde a los Jueces Penales de Circuito Especializados.

2.4 ALTERNATIVAS PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE GAS DOMICILIARIO

2.4.1 Gas natural por redes. Es la conducción de gas combustible a través de redes de tubería, desde las estaciones reguladoras de puerta de ciudad, o desde una estación de transferencia de custodia de distribución o desde un tanque de almacenamiento, hasta la conexión de un usuario, de conformidad con la definición del numeral 14.28 del artículo 14 de la ley 142 de 1994.¹³

- ✓ Cumplimiento normativo; la red de distribución debe cumplir con los requerimientos establecidos en la regulación y normatividad técnica legal vigente colombiana, descrita en el marco legal que se presenta en la Tabla No 1.
- ✓ Especificaciones técnicas mínimas; hace referencia a las especificaciones técnicas y consideraciones de diseño, para la ejecución de las diferentes actividades que conforman el objeto de la construcción de una red de distribución.

A continuación, en la tabla 2 se describe las principales normas que se deben cumplir para la construcción de las redes de gas domiciliario.

Tabla 2 Normas de referencia para redes de gas

Norma Técnica	Titulo
NTC 3728	Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas.
NTC 3838	Gasoductos. Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles
NTC 2505	Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.
ANSI B31.4	Tubería para sistemas de transporte de hidrocarburos.
ANSI B16.5	Bridas en acero para tuberías, válvulas y accesorios.
ANSI B16.9	Accesorios para tubería forjados en acero.

¹³ **CREG. 1999.** Comisión de regulación de energía y gas. *Resolución No 071 de 1999.* Bogota DC, Colombia : Ministerio de Minas y Energía, 03 de Diciembre de 1999.

Norma Técnica	Titulo
API 1104	Estándar para soldadura de tubería.
API 5L	Especificación para tubería de alta resistencia.
API 6D	Specification for Pipeline Valves (Gate, Ball, and Check Valves.
ASME B31.8	Gas Transmission and Distribution Piping Systems

2.4.2 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.¹⁴ El cual, puede ser distribuido por redes de tubería en una población concentrada y/o medio de cilindros con el propano en una población dispersa.

2.4.3 Energía alternativa. Se tiene en cuenta dos factores; el primero, se fundamenta en el aprovechamiento de energía renovable a partir del calor solar y la adquisición de estufas ecológicas. El segundo, se basa en la explotación y uso del biogás.

¹⁴ **CREG. 1999.** Comisión de regulación de energía y gas. *Resolución No 071 de 1999.* Bogota DC, Colombia : Ministerio de Minas y Energía, 03 de Diciembre de 1999.

3. MARCO PRÁCTICO

3.1 ANTECEDENTES

Se observó por medio de un proceso de documentación e inspección en el periodo de febrero de 2014 hasta octubre de 2016, que la ausencia del servicio público en las comunidades del presente estudio, se debe a:

- La falta de empresas interesadas en la construcción de un sistema de distribución para su administración, operación y mantenimiento del servicio de gas natural.
- Carencia de inversión por parte de las administraciones a nivel local, departamental y nacional.
- Se encuentran relativamente distantes de un mercado relevante con cargo tarifario regulado.
- Población vulnerable de estratos bajos, que no cuentan con la capacidad económica para satisfacer de manera propia el servicio de gas con un medio como cilindro de propano u otra energía alternativa.

En razón de lo anterior, se presentan casos particulares que fueron estudiados en la región del Magdalena Medio en el periodo del año 2014 al 2018:

3.1.1 Convenio marco de colaboración para la construcción de redes de distribución de gas natural

3.1.1.1 Caso Puerto Wilches.

- Antecedentes: En el periodo del año 2014 al 2015, se construyó una red de distribución, financiada por la empresa Ecopetrol S.A. y las entidades territoriales municipales, para formalizar y regular una comunidad de viviendas en la vereda de Santa Teresa, los cuales, tomaban combustible de los anulares de pozos aledaños, para suplir la necesidad de servicio de gas domiciliario.

El combustible se tomaba sin ninguna regulación y normatividad de tipo técnico o administrativo para la distribución de gas natural a viviendas.

- Asociados: Fundación para el Desarrollo del Magdalena Medio, HEGA S.A. ESP, Alcaldía de Puerto Wilches.
- Descripción: Diseño y construcción de sistemas de redes de distribución domiciliario de gas natural en Puerto Wilches, Santander. Con el objeto de la prestación segura del servicio legal a las comunidades y minimizar los riesgos de la operación en la zona de influencia de la Superintendencia de Operaciones del Río - SOR, de la gerencia regional Magdalena Medio. Red distribución de gas natural, construcción y adecuación de la estación city gate, tubería de suministro y punto de conexión, en las Vereda Santa Teresa, para un total aproximado de 60 usuarios.
- La red fue financiada por la petrolera estatal, la empresa de transporte y la entidad territorial municipal y entregada a una empresa de servicios públicos – ESP, en su calidad de administrador y operador.

3.1.1.2 Caso Cantagallo

- Antecedentes: En el periodo del año 2015 a 2016, se construyó una red de distribución, financiada por la empresa Ecopetrol S.A. y la entidad territorial municipal, para regular y despegar las conexiones no formales en las viviendas de cinco veredas en el área rural aledañas a la cabecera urbana. El combustible se captaba de los anulares de pozos del campo Cantagallo y la red de transporte de gas natural, para suplir la necesidad.
- Asociados: Fundación para el Desarrollo del Magdalena Medio, HEGA S.A. ESP, Alcaldía de Cantagallo.

- Descripción: Diseño y construcción de sistemas de redes distribución domiciliario de gas natural, en Cantagallo, Bolívar. Con el objeto de la prestación segura del servicio legal a las comunidades y minimizar los riesgos de la operación en la zona de influencia de la SOR. Red distribución de gas natural en las veredas, construcción y adecuación de la estación city gate, tubería de suministro y punto de conexión, para Brisas de Bolívar, Patico Bajo, Patico Alto y Sin Zona, para un total mayor a 300 usuarios.

La red fue financiada por la petrolera estatal, la empresa de transporte y la entidad territorial municipal y entregada a una empresa de servicios públicos – ESP, en su calidad de administrador y operador.

3.1.1.3 Caso Yondó, zona veredal

- Antecedentes: En el año 2016, se regularizó el servicio de gas natural domiciliario a los residentes de dos barrios y cuatro veredas del municipio de Yondó, Antioquia. Los cuales, tomaban el combustible de la red de transporte de manera arbitraria, sin regulación técnica, operativa o administrativa y sin generarse una remuneración por el combustible suministrado.
- Asociados: Fundación para el Desarrollo del Magdalena Medio, HEGA S.A. ESP, Alcaldía de Yondó.
- Descripción: Diseño y construcción de sistemas de redes distribución domiciliario de gas natural, en Yondó, Antioquia. Con el objeto de la prestación segura del servicio legal a las comunidades y minimizar los riesgos de la operación en la zona de influencia de la SOR. Red distribución de gas natural, construcción y adecuación de la estación city gate, tubería de suministro y punto de conexión, para las Veredas X-10, Puerto Tomas, Puerto Los Mangos, Puerto Casabe y La Cabaña y en la zona urbana Barrio El Prado y Urbanización El Prado, para un total aproximado de 879 usuarios.

La red fue financiada por la petrolera estatal, la empresa de transporte y la entidad territorial municipal: y entregada a una empresa de servicios públicos – ESP, en su calidad de administrador y operador.

3.1.1.4 Red de Distribución en El Corregimiento de San Miguel del Tigre

- Antecedentes: se encuentra ubicado en el municipio de Yondó, departamento de Antioquia, influencia del Campo Casabe operado y administrado por Ecopetrol S.A., donde por más de 14 años según información de la comunidad, se ha venido tomando de manera ilegal el gas natural de la red de transporte para así suplir la necesidad primordialmente de cocción de alimentos de los habitantes del sector.
- Asociados: HEGA S.A. ESP y Alcaldía de Yondó.
- Descripción: La red fue financiada y construida con recursos del estado, provenientes de una empresa de transporte de gas natural, una entidad petrolera y la entidad territorial municipal: no se cuenta con una empresa de servicios públicos (ESP) encargada en calidad de operador de la red de distribución.

4. MARCO LEGAL

A continuación, en la tabla 3 se referencia las principales leyes, regulaciones y normas vigentes en Colombia, para la comercialización, distribución y prestación del servicio público gas domiciliario:

Tabla 3 Referencias normativas y legales

Nombre	Objeto
<i>Ley 142: 11 de julio de 1994</i>	Ley de servicios públicos domiciliarios, distribución de gas natural.
<i>Ley 599: 24 de julio de 2000</i>	Código penal para defraudación de fluidos.
<i>Resolución CREG 071: 3 de diciembre de 1999</i>	Establece el reglamento único de transporte de gas natural en Colombia.
<i>Resolución CREG 202: 18 de diciembre de 2013</i>	Se establecen los criterios generales para remunerar la actividad de distribución de gas combustible por redes de tubería y se dictan otras disposiciones
<i>Resolución CREG 137: 10 de octubre de 2013</i>	Se establecen formulas tarifarios generales para la prestación del servicio público domiciliario de gas combustible por redes de tubería a usuarios regulados.
<i>ICONTEC NTC 3728</i>	Líneas de transporte y redes de distribución por gasoductos.
<i>ICONTEC NTC 3838</i>	Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles por redes por tubería.
<i>ICONTEC NTC 2505</i>	Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

5.1 MODELO DE DATOS DIAGNÓSTICO

Un proyecto es factible, cuando consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo que logre ser operativo y viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales: para el presente caso, brindar una solución tipo para regular el mercado en donde se presenten pegas ilícitas a la cadena de gas natural.

El presente proyecto se fundamenta en una revisión de tipo documental a partir del análisis y la recolección de datos, registros e información en campo. Con la finalidad de elaborar un modelo de diagnóstico para evaluar las conexiones ilícitas típicas: se realizó una descripción de los principales factores que inciden en la caracterización de la comunidad, los cuales, sirven como base para la generación de un modelo propio para el análisis y valoración de la comunidad objeto de estudio, que permitan decidir si es viable y/o factible la adecuación, implementación o construcción de una red de distribución de gas natural para la prestación del servicio público de gas natural por parte de una Empresa de carácter ESP.

5.2 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD

5.2.1 A partir del territorio: Municipio, Corregimiento y Vereda. Consiste en localizar geográficamente a la comunidad que se encuentra conectada ilícitamente y que es potencial para ser incluida en un mercado nuevo relevante y/o especial, para una posible prestación del servicio por parte de las empresas ESP interesadas que se encuentran en el área de influencia.

5.2.2 Ámbito socio-económico. Se encuentra enfocado en la valoración de la comunidad conectada a la red ilegal para:

- Determinar y cuantificar la cantidad de viviendas que están conectados sin pagar el servicio y pueden convertirse en los usuarios del suministro de gas natural, GLP u otra energía alternativa.
- Estratificación de la comunidad objeto.
- Fuentes de ingreso; industria local, pesca, agricultura, entre otros.

5.3 TIPO DE CONEXIÓN

Identificar los tipos y características de las conexiones ilícitas a las redes de transportes o a los anulares de los pozos de producción; en la tabla 4 se hace una descripción con las características de cada una de los tipos de conexión objeto del presente estudio.

Tabla 4 Parámetro en condición de la conexión

Tipo de Conexión	Descripción	Características
Anular de pozo	Corresponde a la conexión que se realiza de manera directa a los pozos de extracción de crudo.	Gas con alto contenido de H ₂ S y CO ₂ . Gas no con RUT. Es un combustible sin ningún tipo de tratamiento y no es de carácter comercial o para el uso residencial. El gas puede presentar un alto contenido de líquido, material particulado u otros elementos, que lo hacen altamente volátil.
Red de tubería transporte	Conexión a la red de transporte de gas natural.	Gas en condiciones estándares o RUT. Se presentan diferentes conexiones de forma artesanal a la tubería de acero. Gas sin olor y color.
Red de distribución	Red de distribución construida, que puede o no ser operada por una empresa de servicio público (ESP) para AOM.	Gas en condiciones estándares o RUT. Se presentan diferentes conexiones de forma artesanal a la red de distribución existente. Gas sin color, pero con olor (odorante).

En las figuras 2,3,4. se presenta un esquema práctico para describir de manera visual cada uno de los tipos de conexiones que se pueden llegar a presentar como objeto de investigación, por parte de las entidades fiscales o gubernamentales que requieren el tratamiento de un diagnóstico, para tener en cuenta en un nuevo mercado relevante o especial y verificar sí es viable la prestación del servicio de gas natural de manera legal, por una entidad prestadora de servicios públicos – ESP.

Figura 2 Conexión tipo al anular de pozo de extracción de crudo

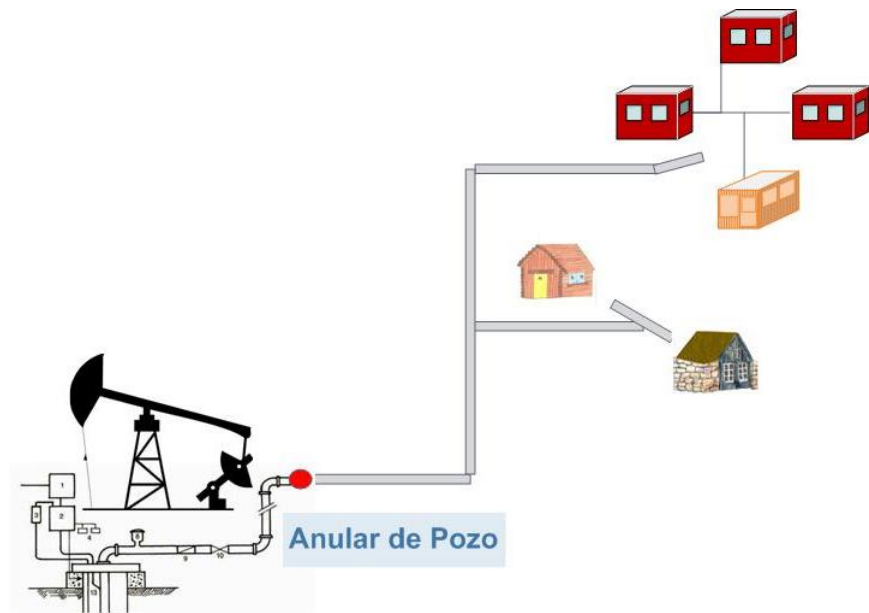


Figura 3 Conexión artesanal a la red de transporte de gas natural

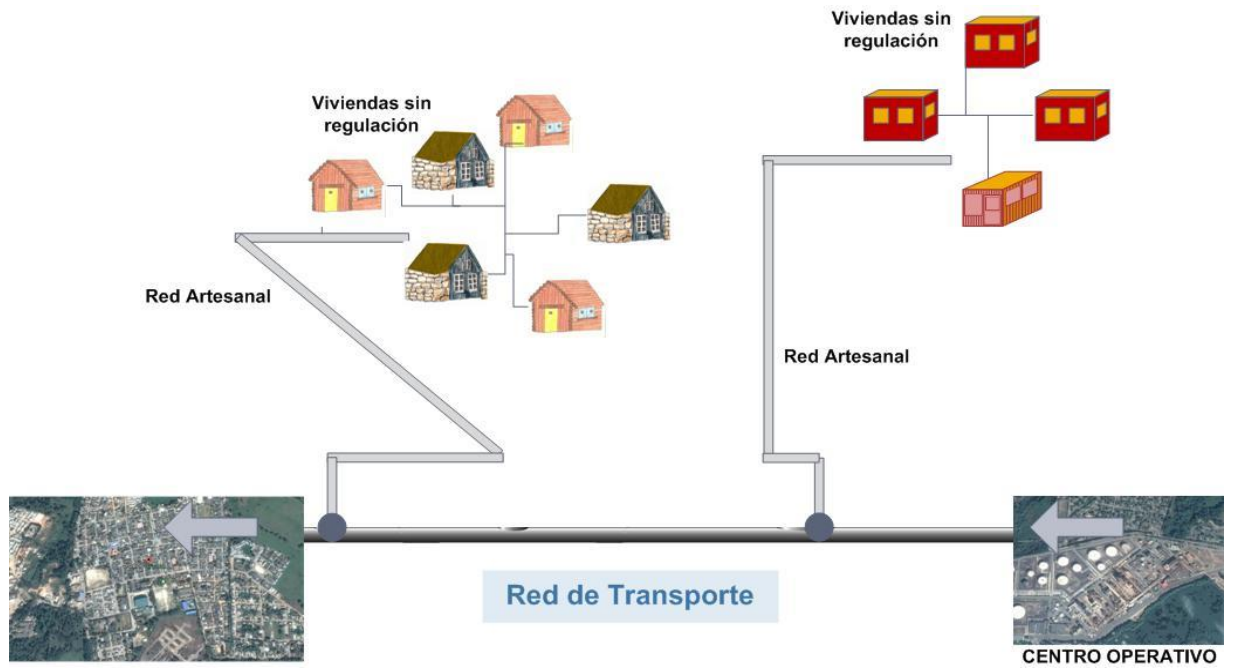
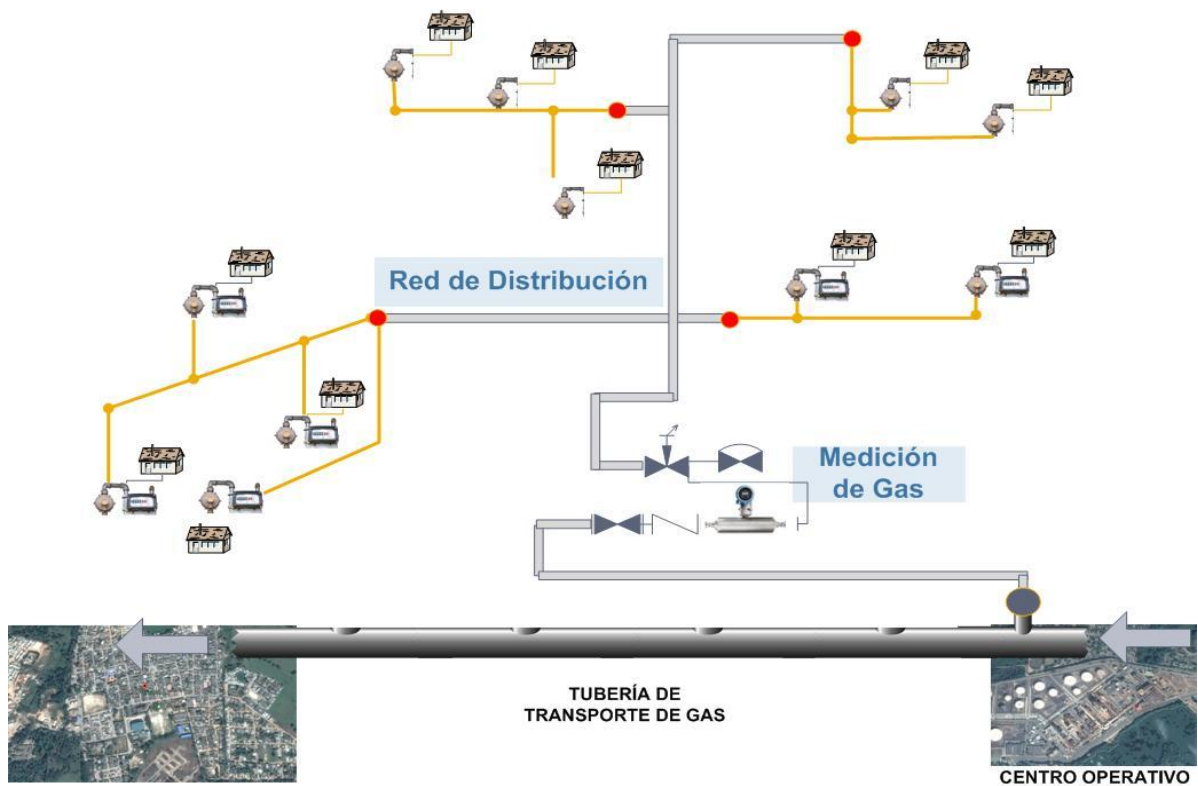


Figura 4 Conexión a una red existente de distribución

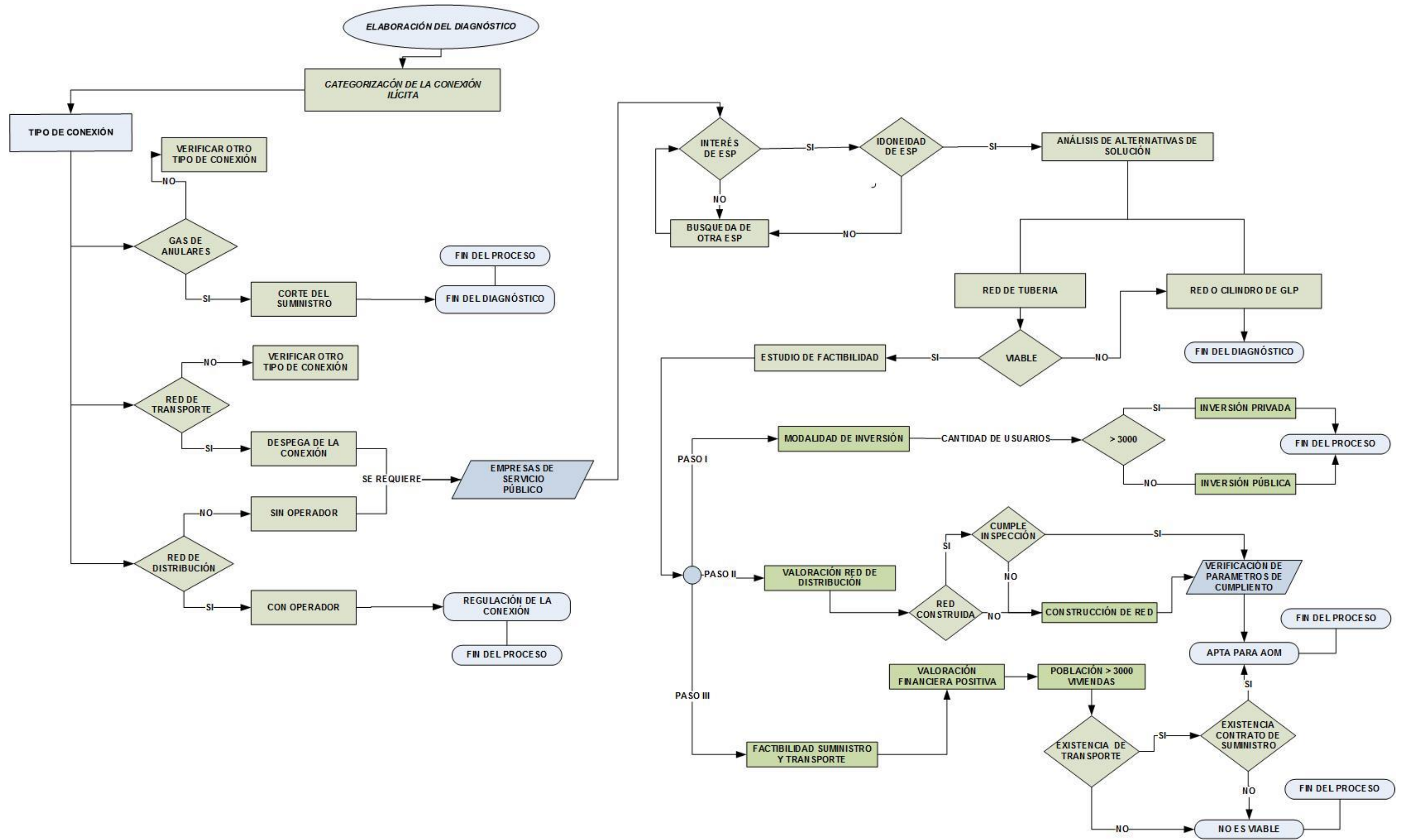


5.4 MODELO DE DIAGNÓSTICO

El diagnóstico (Figura 5 Diagrama de flujo Datos de Diagnóstico) permite observar los principales parámetros que se encuentran en el modelo tipo, para realizar una identificación y categorización de la condición de la población caracterizada.

Se fundamenta en la identificación de la unidad de trabajo, a partir, de los parámetros descritos en el capítulo anterior y un modelo de diagnóstico enfocado en un diagrama de decisión, que permite la valoración de la unidad de trabajo, con el objeto de decidir el procedimiento y los pasos a seguir para brindar legalidad al servicio de gas natural en la población caracterizada.

Figura 5 Diagrama de flujo Datos de Diagnóstico



5.4.1 Parámetros de decisión. Una vez se haya reconocido la problemática existente y la ubicación de la conexión ilícita, se procede a tener en cuenta los parámetros de evaluación para la elaboración del diagnóstico que se describen en la tabla 5, los cuales permiten reconocer y caracterizar a la comunidad objeto donde se presentan pegas ilícitas de la cadena de gas natural.

Tabla 5 Parámetros de valoración, modelo de diagnóstico para suministro de gas natural por pegas ilícitas

TIPO DE CONEXIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Gas de anulares	SI	Se requiere realizar el debido proceso fiscal o legal, para la desconexión irregular del sistema de gas de anulares y se procede a dar fin al diagnóstico. El gas de anulares no es apto para consumo domiciliario.
	NO	Se requiere verificar si existe la conexión irregular en otro tramo de la cadena, red de transporte o distribución.
Red de transporte	SI	Se debe realizar la desconexión de la instalación irregular y buscar una entidad ESP que demuestre interés para prestar el servicio de suministro de gas residencial.
	NO	Se requiere verificar si existe la conexión irregular en otro tramo de la cadena de gas “red de distribución”.
Red de distribución	SI	Existe conexión ilícita y la red cuenta con operador. El operador de la red de distribución, se debe encargar legalmente de la desconexión y regular el mercado de la demanda del usuario(s) ilegal.
	NO	Existe pega ilícita y la red no cuenta con operador. Se requiere evaluar el interés de una ESP para prestar el servicio de suministro de gas residencial.
EMPRESA DE SERVICIO PÚBLICO	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Interés de ESP	SI	Si existe el interés de una ESP, se debe verificar el estado de competencia e idoneidad de la empresa para la prestación del servicio.
	NO	Si no existe interés de la ESP local, se debe buscar otra ESP interesada en la prestación del servicio.
Idoneidad de ESP	SI	Sí cumple con la capacidad y normativa para la prestación del suministro de servicio domiciliario, se procede a verificar las alternativas de solución para la prestación del servicio.
	NO	Si no cumple con la capacidad y normativa para la prestación del suministro de servicio domiciliario, se debe buscar otra ESP con el interés y la idoneidad.

TIPO DE CONEXIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	PARAMETRO	DESCRIPCIÓN
Redes de tubería	SI	Si cumple la verificación de requisitos regulatorios y normativas vigentes para la implementación de un nuevo mercado especial, se procede a validar el estudio de factibilidad.
	NO	Si no cumple la verificación de requisitos regulatorios y normativas vigentes para la implementación de un nuevo mercado especial, se procede a la evaluación de la prestación del servicio por GLP.
GLP	N/A	Se realiza la validación de requisitos normativos y legales para la prestación del servicio por medio de suministros de GLP y se finaliza el proceso de diagnóstico.
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	PARAMETRO	DESCRIPCIÓN
Modalidad de inversión	SI	Se verifica la cantidad de usuarios (> 3000). Si cumple, se puede realizar una inversión privada a recursos propios de la ESP. Es factible la recuperación de la inversión a través de la tarifa del mercado operante por la CREG.
	NO	Se verifica la cantidad de usuarios (> 3000). Si no cumple, se requiere de una inversión externa a los recursos propios de la ESP. No es factible la recuperación de la inversión a través de la tarifa del mercado operante por la CREG. Se debe buscar inversión pública o estatal para la construcción o adecuación de la infraestructura.
Valoración de la red de distribución	SI	Si se encuentra construida, se realiza la inspección de la red de distribución para verificar el cumplimiento normativo y de capacidad para el suministro del combustible (Volumen y Presión). Si cumple, se encuentra apta para la prestación del servicio de gas domiciliario y podrá ser administrada, operada y mantenida por parte de la ESP.
	NO	Si no existe red construida, se requiere construcción de la red de distribución y se verifican los parámetros de cumplimiento normativo y de capacidad para el suministro del combustible (Volumen y Presión). Si cumple, se encuentra apta para la prestación del servicio de gas domiciliario y podrá ser administrada, operada y mantenida por parte de la ESP.
Suministro y Transporte	SI	Se verifica factibilidad: a) Se verifican los requisitos mínimos para poder implementar la prestación del servicio de gas domiciliario, se realiza un análisis financiero a partir de la cantidad de usuarios (> 3000). Si cumple el requisito, se verifica disponibilidad de transporte. b) Transporte, existencia de transportador para entrega del gas a la ESP. Si cumple el requisito, se verifica la

TIPO DE CONEXIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
		disponibilidad del suministro por parte de un comercializador y se da fin al diagnóstico. c) Suministro, se verifica el suministro de gas con un comercializador, si existe, se verifican las condiciones contractuales para la prestación del servicio de gas al consumidor para la demanda final.
	NO	Si el estudio para el transporte o suministro del tangible no es viable, no es factible iniciar el desarrollo del proyecto y se da fin al diagnóstico.

5.5 DISEÑO METODOLÓGICO

La elaboración de un proyecto, está basado en una metodología que busca establecer un ordenamiento lógico de los pasos necesarios a seguir para concretar de manera eficaz un alcance definido por unos objetivos determinados. No es un fin en sí misma, es un instrumento que busca conocer y controlar las variables posibles, de manera tal, que se logren reducir los márgenes de error e incertidumbre, basados en la necesidad de lograr una comprensión global del proceso, para la construcción del análisis de decisión.¹⁵ En otras palabras, tiene la finalidad de identificar los componentes preponderantes presentes en la selección de la alternativa técnica y económica viable para la ejecución del proyecto.

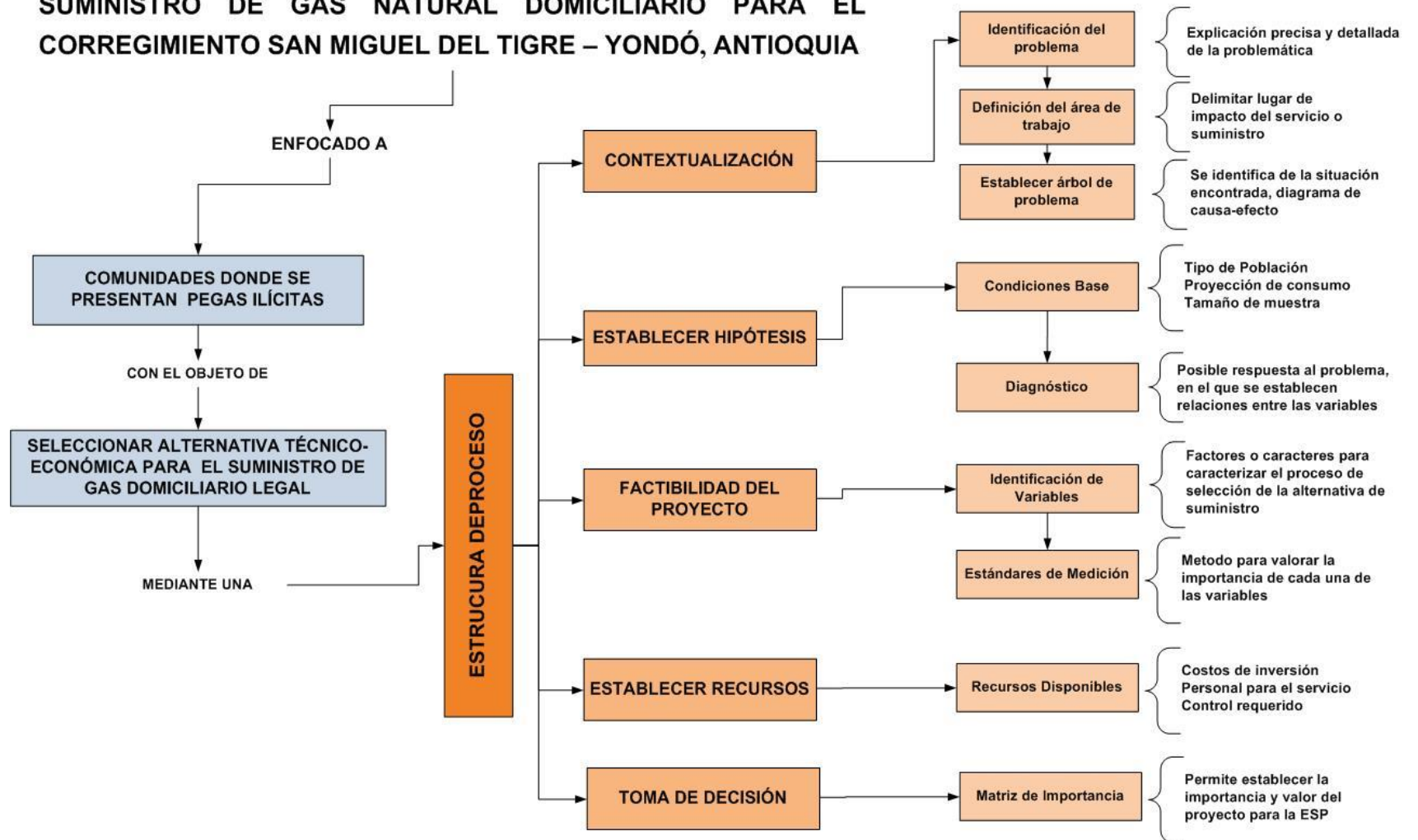
Por otra parte, cada organización u empresa ESP, necesita enfocar los proyectos de forma particular acorde a los procesos internos y la visión que se tiene del proyecto a ejecutar.

En la figura 6, se presenta el diagrama de proceso para describir la metodología a utilizar en la selección de la alternativa técnico-económica para el suministro de gas domiciliario legal para el corregimiento de San Miguel del tigre.

¹⁵ **Figuerola, Gustavo. 2005.** *La metodología de la elaboración de proyectos como una herramienta para el desarrollo cultural.* Santiago de Chile : Departamento de gestión de información, Escuela de bibliotecología, 2005.

Figura 6 Esquema práctico de metodología aplicado a proyectos de masificación de gas natural

SUMINISTRO DE GAS NATURAL DOMICILIARIO PARA EL CORREGIMIENTO SAN MIGUEL DEL TIGRE – YONDÓ, ANTIOQUIA



El presente desarrollo reconoce la importancia de aplicar un proceso adaptado a una metodología mediante:

- La contextualización de la problemática y el procesamiento de la información documentada con los datos obtenidos en campo.
- La determinación de las condiciones iniciales para el diseño e implementación del diagnóstico.
- La identificación de las variables y el medio de valoración cualitativa o cuantitativa de las mismas para obtener los resultados.
- La descripción de los recursos necesarios para la ejecución del proceso.
- Finalmente, la conclusión o toma de decisión acerca del proyecto diagnosticado, analizado y evaluado por parte de la ESP, para dar factibilidad y ejecutar el servicio de masificación de gas natural domiciliario legal en el área de estudio.

En otras palabras, con la metodología se pretende implementar una línea de pasos cortos, simples y sencillos para organizar, procesar y analizar la información y datos recolectados, con el objeto de aplicar y presentar una decisión fundamentada en el conocimiento adquirido, en función del proceso desarrollado.

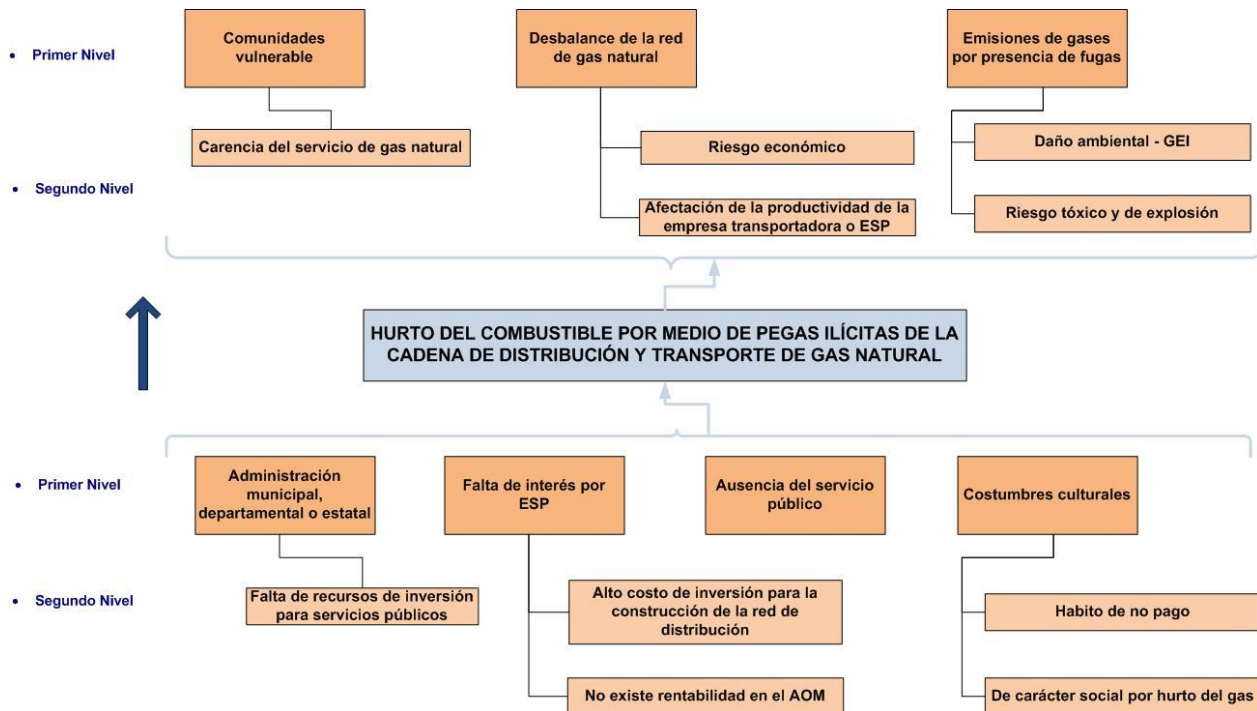
5.5.1 Contextualización

5.5.1.1 Identificación del problema. Se fundamenta en las conexiones ilícitas realizadas de forma artesanal y sin regulación, que se encuentran afectando la cadena de gas natural. Que permiten el hurto del combustible por medio de la intervención de la red por tuberías en la infraestructura de transporte y distribución de gas natural.

5.5.1.2 Definición del área de trabajo. Se debe realizar una delimitación del lugar de impacto del proyecto de masificación, para el suministro del servicio domiciliario de manera legal. Con la finalidad de establecer parámetros para las condiciones base, con respecto a la localización de la comunidad a caracterizar y el total del área a intervenir.

5.5.1.3 Establecer árbol de problema. A partir de la identificación del problema, se establecen las causas y los efectos producidos por el hurto del combustible y las conexiones ilícitas para la cadena de gas natural, como se muestra en el diagrama de proceso mostrado en la figura 7.

Figura 7 Árbol de problema



5.5.2 Hipótesis. El planteamiento se basa en la presunción de lograr “*legalizar a los usuarios que se encuentran conectados de manera irregular a la cadena de gas natural*” en la red de transporte o distribución de Colombia y para un área determinada, de acuerdo con:

5.5.3 Condiciones base. Teniendo en cuenta lo anterior, se requiere identificar las consideraciones iniciales básicas para formular el planteamiento de la hipótesis, las condiciones que se destacan y tienen en cuenta en el presente estudio, se describen en la tabla 6

Tabla 6 Consideraciones para la generación de la Hipótesis

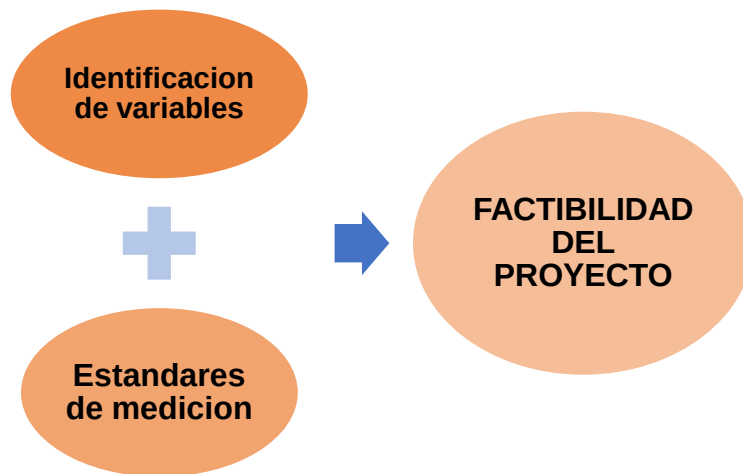
Condiciones de Diseño	Descripción
Tipo de población	Este apartado comprende dos preceptos importantes, el primero contempla el lugar o región específica en donde se va realizar la obra y la segunda, al desenvolvimiento socio

Condiciones de Diseño	Descripción
	económico de la población, acorde con las fuentes comunes de ingreso y la estratificación del área de impacto.
a) Cantidad de población afectada	Se deben valorar dos situaciones, primero se cuantifica la cantidad de pegas ilícitas en el área objeto y a cantidad de viviendas que se encuentran beneficiando de manera irregular y segundo, se realiza la cuantificación de la cantidad de viviendas que se pueden afectar con el servicio de prestación del servicio de gas domiciliario legal, es decir, se realiza un censo de usuarios.
b) Fuentes de ingreso	Se realiza un detalle demográfico de la población y se identifican las fuentes de ingreso de la población, con la finalidad de caracterizar la urbe objeto de estudio. Se debe tener en cuenta la región en donde se realiza la caracterización, urbe/zona rural o municipal.
c) Estratificación	A partir de la descripción del lugar y la identificación de la cantidad de posibles usuarios, se tiene que realizar un proceso de categorización de la comunidad, según su estrato, a partir de los servicios públicos prestados en cada una de las viviendas censadas: Número de usuarios residenciales: El proyecto beneficiará a XX usuarios suscriptores, los cuales en su mayoría son estrato 1, comerciales e institucionales.
Proyección de consumo	Se elabora una proyección del consumo atendiendo a: Demanda ponderada en (m3/h). Factor de coincidencia. Factor de simultaneidad. Demanda horaria doméstica en (m3/h).
Tamaño de muestra	Consiste en una caracterización de la comunidad en tres categorías: Subtotal de viviendas que se quieren beneficiar del proyecto. Subtotal de viviendas que no quieren acogerse al mercado especial y beneficio del servicio de gas domiciliario. Tamaño de la muestra para valoración de la red de distribución.

5.5.4 Implementación del diagnóstico. Posteriormente, para la formulación y estructura de la hipótesis se tiene en cuenta el modelo de diagnóstico planteado en el presente proyecto. Asimismo, permite reconocer el estado de la problemática de la conexión ilícita, realizar una delimitación del lugar de impacto del proyecto y establecer una relación entre las variables del proceso, a partir de las condiciones encontradas en el lugar objeto de estudio, como se muestra en la figura 5.

5.5.5 Factibilidad del proyecto. Para ilustrar esto, puede apreciarse la figura 8, en la cual, como resultado de la suma de las variables identificadas y los estándares para su medición o cuantificación se obtiene la factibilidad del estudio.

Figura 8 Identificación de variables para obtener factibilidad del estudio



5.5.5.1 Identificación de variables. Son aquellos factores que permiten parametrizar el proceso de selección de la alternativa de solución, como efecto de:

- Modalidad de inversión.
- Valoración de la red de distribución.
- Suministro y transporte.

5.5.5.2 Estándares de medición. Como consecuencia de la identificación de los parámetros de influencia para parametrizar el proceso de selección de la alternativa técnico – económica, se instauran una serie de estándares de medición para valorar cada uno de las variables instituidas los cuales se pueden observar en la tabla 7

Tabla 7 Estándares de medición e indicadores para verificación

Alcance:		Valorar las variables identificadas que afectan el proceso de decisión de la alternativa de solución para el suministro de gas domiciliario legal		
Variable		Descripción	Nivel de medición / dimensión	Indicador de verificación
Modalidad de Inversión para la ejecución del proyecto		Atendiendo la cantidad de usuarios categorizados por el censo, se puede comprobar que tipo de inversión se requiere desarrollar para la ejecución del proyecto; en razón de realizar una inversión privada a recursos propios de la ESP, teniendo en cuenta la factibilidad de la recuperación de la inversión a través de la tarifa del mercado operante por la CREG o de lo contrario se deberá realizar en conjunto con recursos públicos estatales.	Cuantitativo a partir de la demanda de posibles usuarios	Estudio de mercado
Valoración de la red de distribución de gas natural		Con respecto a la red de distribución, se evaluará el hecho en razón de si la infraestructura se encuentra apta y acorde para la	Cualitativo; clasificación de la red construida existente o infraestructura por construir.	Inspección de la red de distribución mediante lista de chequeo, acorde con la NTC 3728.

		prestación del servicio de gas domiciliario y podrá ser administrada, operada y mantenida por parte de la ESP.	Cuantitativo; en término del valor de la inversión.	
Suministro y transporte del combustible		Suministro de gas: corresponde a la demanda y oferta del tangible, de acuerdo con el censo de usuarios y la proyección del consumo.	Cualitativo; solicitud de apertura de los contratos de suministro y transporte	Viabilidad por parte del comercializador y transportador.
		Transporte de gas: existencia de transportador en la zona de operación o ejecución.		

Nota: Adaptado de (Plazas Muñoz, 2017).

5.5.6 Establecer recursos. En base a lo expuesto, se desprenden los recursos requeridos mínimos para el desarrollo de la factibilidad para el servicio del suministro de gas natural en la región de estudio que se quiere atender, los recursos identificados de muestran en la tabla 8.

Tabla 8 Identificación de recursos mínimos

Alcance:	Identificación de recursos para el proceso de selección		
Ítem	Parámetros	Recurso mínimo necesario	Valor estimado
Factibilidad	- Costos de inversión - Personal para el servicio - Control requerido	Elaborar estructura de presupuesto para el servicio	A partir del análisis de precios unitarios

Para concluir con el proceso del desarrollo de la metodología, se procede a sustentar los fundamentos para la toma de decisión.

5.5.7 Toma de decisión. Resume los datos recolectados, incluido el tratamiento cualitativo, mediante la elaboración de una matriz de importancia para conocer y definir la factibilidad del proyecto, teniendo en cuenta una serie de criterios de importancia y los principales factores que influyen en la ejecución del proyecto.

5.5.8 Análisis de criticidad de los caracteres para implementar en la legalización del suministro de gas. Teniendo en cuenta el énfasis del presente proyecto, en aquellas variables que se requieren para valorar la factibilidad del proceso de legalización del suministro de gas domiciliario, se adapta una matriz para establecer una valoración que permita reconocer y estimar el estado de importancia de cada una de las variables a tener en cuenta en el proceso y como puedan afectar la decisión. El estado de importancia y valoración depende de las necesidades de la organización, la herramienta de análisis y el punto de vista de quien lo ejecuta.

Para el presente caso, se realiza mediante la aplicación de una serie de “factores analizados en forma de una cadena de criticidad y una valoración cualitativa a partir de una serie de criterios establecidos en una matriz de importancia”, en la cual, se tienen en cuenta; las variables establecidas a medir y los cinco (5) criterios que afectan o ponderan la toma de una decisión para establecer el suministro de gas legal en el área establecida de estudio, para la prestación del servicio a la comunidad en afectación del beneficio del combustible, que se encuentran conectados sin estar regulados en un mercado especial o relevante. La valoración establecida se puede medir mediante un nivel de criticidad para cada factor en función de una ponderación correspondiente como se muestra en la tabla 9: 3 = alto, 2 = medio y 1 = bajo, es decir, entre más alto sea o 3 es más crítico para el desarrollo del proyecto y entre más bajo o 1, hace más factible el desarrollo del

proyecto de acuerdo al impacto que genera cada criterio en la aceptación de la factibilidad para la construcción o adecuación de la infraestructura y la administración y operación de la red de distribución:

Tabla 9 Valoración de niveles de criticidad para la matriz de importancia

Ítem	Nivel de criticidad	Ponderación
1	ALTO	3
2	MEDIO	2
3	BAJO	1

Nota: Fuente autor, criterios establecidos por experiencia de la empresa HEGA SA ESP.

En la matriz se tiene en cuenta; **(a)** el impacto por la cantidad de usuarios, **(b)** el impacto producto de la inversión mixta o pública, **(c)** la existencia de red de distribución construida, **(d)** el impacto que se genera por la construcción de una red nueva y **(e)** la probabilidad de éxito en la implementación del suministro de gas natural legal. En el proceso, se presentan las siguientes observaciones:

- ✓ Impacto por la cantidad de usuarios

Corresponde al impacto que genera el usuario final para viabilizar el estado de ejecución del proyecto de inversión para la adecuación o construcción de la red de distribución de gas natural.

Valoración: Se realiza de manera directa en función de la cantidad de viviendas que se van a ver beneficiadas del suministro del combustible y que serán desconectadas de las pegas ilícitas.

- ✓ Impacto producto de la inversión mixta o pública

Hace referencia al tema puntual de la inversión estatal o por parte de entidades estatales para la construcción de la red de distribución y/o legalización de la demanda del tangible, que se encuentran conectados de forma ilegal a una red distribución o transporte.

Valoración: Se realiza a partir de la cantidad usuarios que se requieren legalizar y el beneficio que se obtiene de construir la red de distribución con recursos públicos en el mercado tarifario.

- ✓ Existencia de una red para distribución construida

Para brindar continuidad con lo anterior, si existe una red de distribución construida, se deberán realizar una serie de pasos para establecer el cumplimiento operativo de la infraestructura, para brindar beneficio a la comunidad afectada, mediante la implementación de una ESP en calidad de administrador y operador.

Valoración: Hace referencia al beneficio en recursos, no se requeriría inversión para la construcción de la red de distribución.

- ✓ Impacto que se genera por la construcción de una red nueva

Por otra parte, se identifican los problemas existentes en el proceso de construcción de una red de distribución en áreas rurales y como estos pueden afectar en cada uno de los factores que hacen parte de la factibilidad para la ejecución del proyecto.

Valoración: Se valora a partir de la cantidad de inconvenientes que se presentan en la construcción de una red de distribución en un área rural:

- Personal calificado para la ejecución de las obras.
 - Costo de los materiales e insumos.
 - Alto costo en el AOM, lo cual, lo haría no factible por parte de la CREG.
 - Alto costo en la construcción de la red de distribución por usuario beneficiario del servicio domiciliario de gas natural.
 - Permisos de intervención de vías primarias y solicitud de servidumbres para instalación de la red por tuberías.
-
- ✓ Probabilidad de éxito en la implementación del suministro de gas natural legal

Involucra los factores que llevan al éxito la implementación del proceso, para obtener un sistema rentable.

Valoración: Corresponden a los siguientes parámetros:

- Factibilidad de la construcción o adecuación de la red de distribución.
- Deshabilitar las conexiones ilícitas.
- La no generación de nuevas conexiones ilícitas a la red distribución.
- Beneficio de comunidades vulnerables o de bajos recursos.

6. RESULTADOS

6.1 CORREGIMIENTO SAN MIGUEL DEL TIGRE

El resultado de la aplicación de la metodología propuesta en el presente trabajo de grado, permitió determinar la mejor alternativa técnica y económica para legalizar el suministro de gas domiciliario en el corregimiento de San Miguel del Tigre del Municipio de Yondó en el departamento de Antioquia.

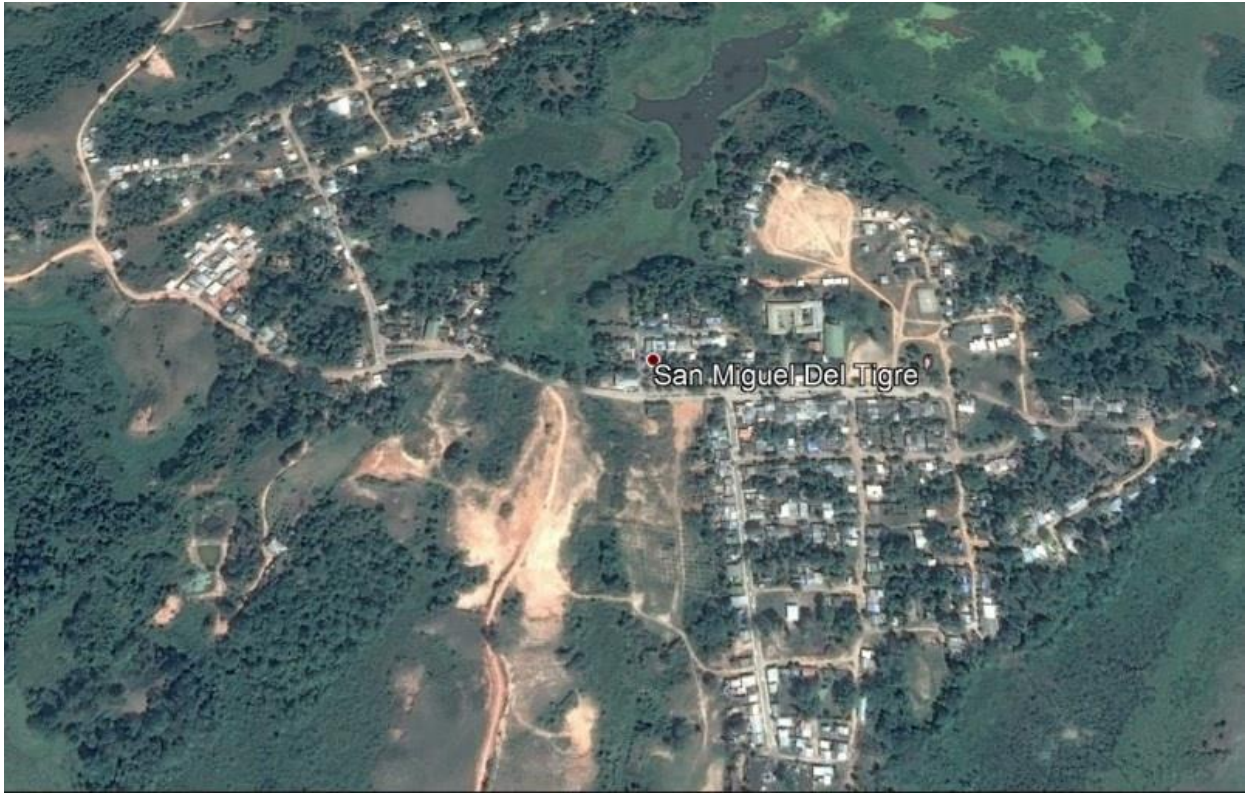
Dada la estructura del modelo de la metodología propuesto se obtuvo la siguiente información para determinar la solución aplicable en el caso de estudio.

6.1.1 Contextualización. La problemática encontrada en el corregimiento de San Miguel del Tigre del Municipio de Yondó, Antioquia, se enfoca en el total de las viviendas que están conectadas de manera ilícita a la línea de transporte del gasoducto entre el centro de operaciones de la Estación Galán y la entrada a la ciudad del municipio de Yondó. Consumiendo así, el gas natural de manera fraudulenta mediante el hurto del combustible por medio de la intervención de la red por tuberías.

Partiendo de lo anterior, se analizan las alternativas para determinar el suministro de gas natural legal en el corregimiento de San Miguel del Tigre y lograr mitigar las pérdidas por el desbalance en el gasoducto de aproximadamente 6720 (m³) al mes, considerando un promedio mensual de 16 (m³/mes) por vivienda conectada.

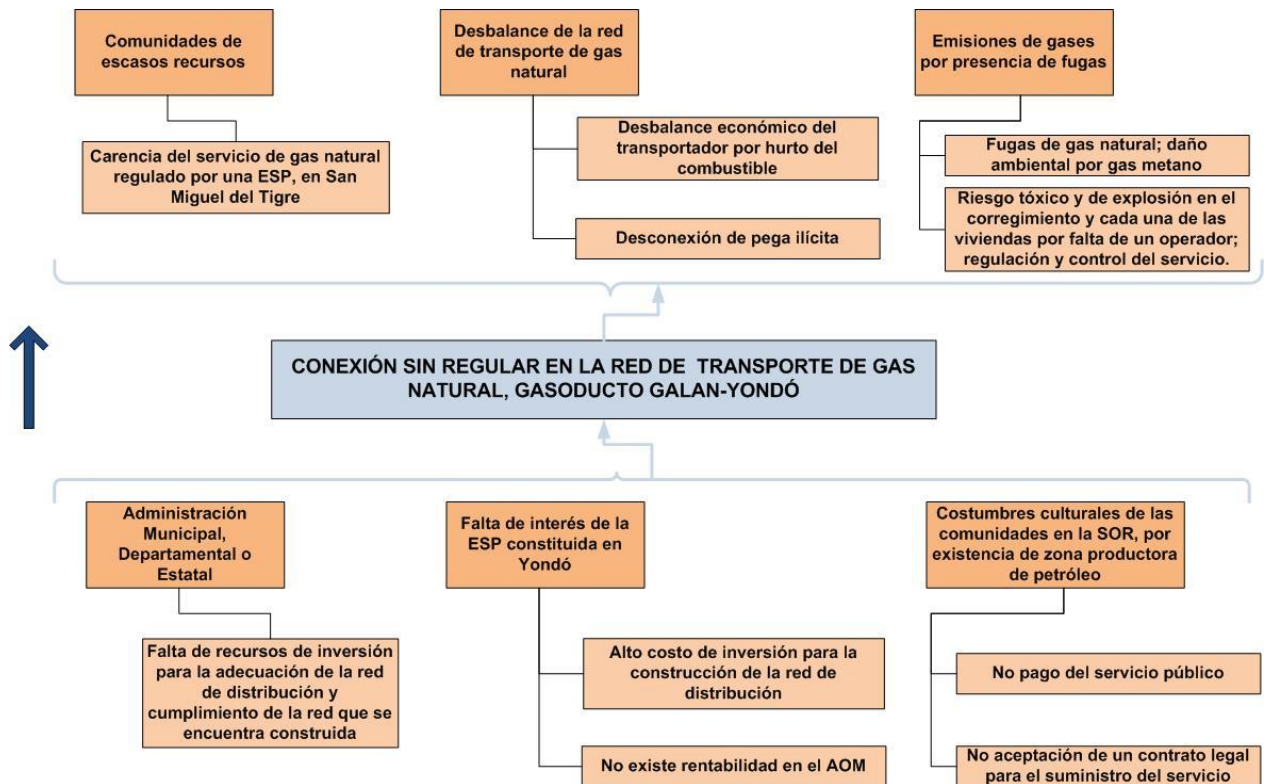
El corregimiento de San Miguel del Tigre, se encuentra delimitado por las veredas: Laguna del Miedo, Puerto los Mangos y La cabaña y en su zona rural es rodeado por el Rio Magdalena.

Figura 9 Definición del área de trabajo



A partir de la contextualización del problema identificado por el hurto del gas natural en la línea del gasoducto Galán - Yondó, se establece un diagrama de causa – efecto para encontrar una alternativa técnico-económica que elimine la adquisición de gas de manera ilegal de la red de transporte por parte de los residentes del corregimiento de San Miguel del tigre y se realice a través de una empresa que preste el servicio público de gas natural combustible de manera legal y en un mercado tarifario establecido por la CREG.

Figura 10 Árbol de problema, conexión ilícita corregimiento San Miguel del Tigre



En este orden de ideas se establece de manera más detallada la hipótesis para brindar solución a la problemática encontrada.

6.1.2 Hipótesis. Como se había mencionado con anterioridad, la presunción planteada permite legalizar a la comunidad conectada de manera irregular en el corregimiento de San Miguel de Tigre, con la finalidad de obtener una alternativa de suministro de gas domiciliario en el año de 2018, que será administrado, operado y mantenido por una empresa de servicios públicos.

6.1.3 Condiciones base. Para lo cual, se identificaron las siguientes consideraciones iniciales como base para soportar el precepto de la hipótesis planteada:

6.1.3.1 Tipo de Población

- ✓ Cantidad de población afectada

El lugar o región específica en donde se va realizar la valoración de la alternativa para el suministro de gas natural corresponde a la población rural del corregimiento de San Miguel del Tigre; el censo y levantamiento de información realizado en cada una de las viviendas, permitió obtener como resultado los datos que se describen en la tabla 10:

Tabla 10. Población conectada de manera irregular a la cadena de gas natural

Población	Viviendas	Prom. personas/vda	Población proyectada
Total habitantes conectados de manera irregular	520	4,41	2293
Total habitantes alcance del servicio	520	4,41	2293

Nota: La base de datos es corroborada con cada presidente de junta que se tiene de su comunidad.

- ✓ Fuentes de Ingreso

Los datos recopilados permitieron observar y categorizar, que la comunidad del sector de impacto, concentra la mayor parte de la actividad económica en el sector primario y su ocupación especial está relacionada hasta en un 90% a las actividades de carácter agropecuario, con tendencia al crecimiento agroindustrial de la Palma Africana, a través de proyectos cofinanciados por la empresa petrolera estatal y la alcaldía de Yondó.¹⁶

¹⁶ **Gobierno Digital.** 2018. Municipio de Yondó . *Yondó - Antioquia*. [En línea] 2018. <http://www.yondo-antioquia.gov.co>.

Asimismo, existe el cultivo del maíz, arroz, sorgo y actividades como la porcicultura, avicultura, entre otras especies menores. En conjunto cumplen una importante función social tanto para la economía como para la subsistencia de la población. Por otra parte, la piscicultura y la ganadería extensiva se proyectan como actividades alternas para dinamizar la economía en el sector rural y por último se encuentra, la producción petrolera que representa un canal de recepción y aplicación de recursos considerables en la dinámica socioeconómica del municipio.

✓ Estratificación

Del levantamiento realizado en la zona de desarrollo del sistema de distribución se encontraron 520 viviendas, ubicadas en el estrato socioeconómico conforme se registra en la tabla 11 así:

Tabla 11 Número de usuarios residenciales

Vereda	Usuarios Residenciales/Estrato				
	E1	E2	E3	E4	Total
San Miguel del Tigre	520	0	0	0	520
Usuarios Totales	520	0	0	0	520

6.1.3.2 Tamaño de muestra

✓ Estimación del tamaño de la muestra

Para la estimación del tamaño de la muestra, como técnica de muestreo se utilizó el aleatorio simple para poblaciones finitas (en el cual, cada uno de los “N” elementos de la población, tiene la misma 1probabilidad de pertenecer a la muestra); en razón a su alto grado de precisión, confiabilidad, economía y facilidad de aplicación, se tuvo en cuenta la definición de variables y la fórmula a aplicar para determinar el tamaño de dicha muestra. Las variables definidas fueron se describen en la tabla 12

Tabla 12 Representación de variables para determinar el tamaño de la muestra

Variable	Descripción	Valor
N	Tamaño de la población	520; Población finita (Total de viviendas)
Z	Coeficiente de confianza (Valor señalado en la tabla de áreas bajo la curva normal tipificada para un determinado nivel de confianza).	1,88; nivel de confianza del 94%
P	Proporción de usuarios interesados en adquirir el servicio del gas domiciliario.	0,9; 90% de la población
Q	Proporción de usuarios no interesados en adquirir el servicio del gas domiciliario.	0,01
E	Error máximo admisible	0,00912

Ecuación 1 Determinación del tamaño de muestra

$$n = \frac{N \cdot (Z^2) \cdot P \cdot Q}{N \cdot (E^2) + (Z^2) \cdot P \cdot Q}$$

Sustituyendo las variables definidas en la fórmula por sus valores, se tiene que el valor de la muestra correspondiente para San Miguel del Tigres es 219 como se puede observar en la tabla 13:

Tabla 13 Tamaño de muestra determinado

Variable	Descripción	Resultado
n	Tamaño de la muestra a calcular	219

Dada la información recolectada en el censo y los datos de las encuestas realizadas por la empresa de servicios públicos a cada una de las viviendas de la comunidad afectada por el proyecto, se obtuvo que, de los 520 usuarios proyectados inicialmente, solo 510 estén interesados en la prestación legal del servicio de gas domiciliario como se observa en la tabla 14.

Tabla 14 Análisis de información recolectada, total de usuarios para el proyecto de suministro de gas natural

Población	Usuarios interesados	Prom. personas/vda	Población proyectada
Total habitantes alcance proyecto	510	4,41	2249

6.1.3.3 Proyección de consumo. Para el suministro de gas natural al usuario final, la red de distribución se debe diseñar y construir, de tal manera, que permita cubrir la totalidad del perímetro de la zona de impacto del proyecto y que el combustible llegue en condiciones adecuadas a cada una de las viviendas, es decir, debe cumplir la demanda doméstica. Por razones sociales y oportunidad del servicio se contempló un tamaño de red instalada para atender a 510 usuarios localizados a lo largo de la zona.

En términos generales, se han considerado los siguientes factores para la determinación de la demanda de gas para uso doméstico.

- ✓ Número total de viviendas y crecimiento esperado

Se efectuaron las proyecciones necesarias con base en los datos censales de población y vivienda de planeación municipal, información obtenida del levantamiento realizado por la empresa de servicios públicos e información suministrada por los presidentes de acción comunal; de igual manera, con base en la tendencia histórica del número de habitantes por vivienda, se determinó el total de viviendas proyectadas para el horizonte del proyecto, tal cual, como se muestra en la tabla 14.

- ✓ Número de viviendas en servicio

Se estimó que un 100% de las viviendas recibirán el servicio.

- ✓ Consumo diario probable

Con base en las mediciones de campo, el comportamiento de usuarios similares en localización y estratificación socioeconómica, y por observación directa de las equivalencias energéticas de los combustibles utilizados, así como por la utilización de estufas de 2 o 4 quemadores y otros artefactos a gas, se llega al consumo horario de tipo general.

✓ Demanda Horaria para Consumo Doméstico

El valor básico del consumo horario es afectado por un factor de coincidencia, que consiste en la probabilidad matemática de que los usuarios utilicen el servicio al mismo tiempo y un factor de simultaneidad igual a uno (1), que consiste en la probabilidad matemática del uso de más de un artefacto por cada usuario (Por ejemplo, la estufa y el horno, o más de un quemador de la estufa).

Para asegurar el suministro a todos los usuarios, aún en el evento en que pudieran presentarse consumos puntuales excepcionalmente altos o un crecimiento del consumo, se obtuvo por parte de la ESP, resultados de la demanda horario por usuario que se describen en la tabla 15:

Tabla 15 Resultados proyectados para el suministro de gas natural

Descripción	Resultados obtenidos
Usuarios interesados	510
Prom. personas/vda	4,41
Población proyectada	2249
Demanda ponderada (m ³ /h)	0,58
Factor de coincidencia	0,31
Factor de simultaneidad	1,00
Demanda horaria doméstica (m ³ /h)	0,58

6.1.4 Implementación del diagnóstico. Posteriormente, para soportar la formulación y estructura de la hipótesis se tiene en cuenta el modelo de diagnóstico planteado para establecer una relación entre las variables del proceso y delimitar el impacto en el presente proyecto, como se muestra a continuación en la tabla 16

Tabla 16 Diagnóstico para suministro de gas natural por pegás ilícitas

TIPO DE CONEXIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Gas de anulares	NO	Se requiere verificar si existe la conexión irregular en otro tramo de la cadena, red de transporte o distribución.
Red de transporte	NO	Se requiere verificar si existe la conexión irregular en otro tramo de la cadena de gas "red de distribución".
Red de distribución	SI	- Existe pega ilícita en la red distribución.

TIPO DE CONEXIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
		- La red no cuenta con operador. - Se requiere evaluar el interés de una ESP para prestar el servicio de suministro de gas residencial.
EMPRESA DE SERVICIO PÚBLICO	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Interés de ESP	SI	- Existe el interés de una ESP para la prestación del servicio. - Se debe verificar el estado de competencia e idoneidad de la empresa para administrar y operar la red de distribución instalada.
Idoneidad de ESP	SI	- La ESP, cumple con la capacidad y normativa para la prestación del suministro de servicio domiciliario en el corregimiento El Tigre. - Se procede a verificar las alternativas de solución para la prestación del servicio.
ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	PARAMETRO	DESCRIPCIÓN
Redes de tubería	SI	- El área de impacto cumple la verificación de requisitos regulatorios y normativas vigentes para la implementación de un nuevo mercado especial por parte de la ESP, se procede a validar el estudio de factibilidad.
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	PARAMETRO	DESCRIPCIÓN
Modalidad de inversión	NO	- Se verificó la cantidad de usuarios, la demanda es menor a 3000 viviendas. - No es factible la recuperación de la inversión a través de la tarifa del mercado operante por la CREG. Se requiere inversión pública o estatal para la construcción o adecuación de la infraestructura.
Valoración de la red de distribución	SI	- Si se encuentra construida, se realizó la inspección de la red de distribución para verificar el cumplimiento normativo y de capacidad para el suministro del combustible: a) No cumple con los requerimientos normativos (Ver Anexo A y B). b) Se debe adecuar y construir una nueva red de distribución y se verificar los parámetros de cumplimiento normativo y de capacidad para el suministro del combustible, que se encuentre apta para la prestación del servicio de gas domiciliario y ser administrada, operada y mantenida por parte de la ESP
Suministro y Transporte	SI	- Se verifica factibilidad: a) Se requiere inversión pública para la construcción de la nueva red de distribución. b) Se verifica por parte de la ESP, la existencia de transporte del combustible en el Municipio de Yondó para la zona rural del corregimiento El Tigre, los tramites son realizados internamente por parte de la ESP*. c) Se verifica por parte de la ESP la viabilidad de suministro del combustible por parte del área comercial

TIPO DE CONEXIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
		del productor principal en Colombia, los tramites son realizados internamente por parte de la ESP*.

***Nota:** Trámites realizados por el área comercial de las dos partes de carácter confidencial

6.1.5 Factibilidad del proyecto. Se realiza la valoración de las variables identificadas que afectan la factibilidad del proyecto y que permitan parametrizar el proceso de selección de la alternativa técnico – económica; los resultados se pueden observar a continuación en la tabla 17.

Tabla 17 Resultados obtenidos de las variables e indicador de verificación

Alcance:		Valorar las variables identificadas que afectan el proceso de decisión de la alternativa de solución para el suministro de gas domiciliario legal		
Variable		Resultado		Indicador de Verificación
Modalidad de Inversión para la ejecución del proyecto		Atendiendo la cantidad total de 510 usuarios categorizados por el censo (Ver Anexo C), se puede comprobar que el tipo de inversión requerido es público o estatal. El número es < 3000 usuarios.		Estudio de mercado: consistió en las encuestas realizadas al cliente (Ver Anexo B). Que permitieron validar el interés de los usuarios para la demanda proyectada.
Valoración de la red de distribución de gas natural		La infraestructura construida no se encuentra apta y acorde para la prestación del servicio de gas domiciliario, acorde con la NTC 3728 como se muestra en el resultado de las especificaciones técnicas principales que debe cumplir la red de distribución construida. Se debe construir una nueva red de distribución por parte de la ESP.		-Inspección de la red de distribución. Ver Anexo A y B.
		Valor de la inversión total; relacionado con los costos de adquisición, construcción y montaje de la infraestructura necesaria para desarrollar la distribución domiciliaria de gas natural por red local en el municipio: (\$ 1.738.016.559) mcte, para todo el proyecto*		- Lista de chequeo para valoración de la red de distribución por parte de la UPME-Proyectos de Inversión Pública. Ver Anexo D.
Suministro y del transporte combustible	Suministro de gas	Solicitud de apertura de los contratos de suministro y transporte.*		-Viabilidad para suministro de gas Ver Anexo E. -Viabilidad para transporte de gas. Ver Anexo F.
	Transporte de gas			

***Nota:** Trámites realizados por el área comercial de las dos partes de carácter confidencial

Las principales especificaciones técnicas que se deben cumplir para la construcción de la red de distribución construida, se presentan a continuación en la tabla 18.

Tabla 18 Especificaciones técnicas principales que debe cumplir la red de distribución construida

Especificaciones Técnicas					
Red de Distribución	Descripción			Cumple	No Cumple
Material utilizado	Red troncal o anillos de las redes de distribución, se construyen con tuberías de polietileno de media o alta densidad				
Dimensiones de las excavaciones	Diámetro de tubería	Ancho (A) (m)	Profundidad Mínima (m)		
	1/2"	0,30 – 0,40	0,6		
	3/4"	0,30 – 0,40	0,6		
	1"	0,30 – 0,40	0,7		
	2"	0,30 – 0,40	0,7		
Protección mecánica de la red	En los casos donde por razones justificadas se disminuya las anteriores profundidades y esta sea inferior a (0,40) m. de la cota clave del tubo, se exigirá la construcción de un sistema que brinde protección mecánica a las tuberías, en un encamisado en acero galvanizado de 2(in), 4(in) y/o 6(in) según sea requerida y de la misma longitud de la canalización realizada				
Pruebas de presión	Las tuberías de polietileno deberán probarse a una presión manométrica mínima de 1,5 veces la presión del trabajo, durante un período de 24 horas, pero sin exceder 3 veces la presión de diseño, de acuerdo con la Norma DOT sección 192.513				
Tape y Compactación	El fondo de la zanja se debe nivelar uniforme y adecuadamente y quedar libre de materiales con aristas o bordes cortantes. En caso de encontrarse terrenos rocosos, se debe colocar el extendido de una capa de arena ó material seleccionado de espesor entre 5 y 10 cm. con el propósito de evitar daños a la tubería.				

Conexión estándar de servicio de gas domiciliario	Lo constituyen una válvula de corte, un regulador de presión y un medidor de gas. Todos los componentes dimensionados de acuerdo a la carga instalada de los gasdomésticos		
---	--	--	--

El valor total de la inversión para construir la red de distribución de gas natural en el corregimiento de San Miguel del tigre se presenta en la tabla 19 descrita a continuación.

Tabla 19 Valor de la inversión total

Presupuesto general zona rural corregimiento San Miguel del Tigre					
Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Valor Unitario	Inversión Pública
					Valor total
CT3/4ZV	Tubería de Polietileno de 3/4 pulg. en Zona Verde	Km	11,60	39.008.576,61	452.499.488,71
CT1ZV	Tubería de Polietileno de 1 pulg. en Zona Verde	Km	1,19	46.994.601,13	55.829.586,14
CT2ZV	Tubería de Polietileno de 2 pulg. en Zona Verde	Km	3,94	80.029.483,47	314.996.046,92
TPE3/4SC	Tubería de polietileno de 3/4" en zona verde sin canalización	Km	0,81	5.558.836,01	4.485.980,66
PGA	Programa de Gestión Ambiental	UND	1,00	23.718.217,81	23.718.217,81
DPC	Demolición placa concreto menor igual a 10 cm, ancho de 30 cm	ML	849,00	8.248,64	7.003.097,95
AC3000	Andén concreto 3000 psi	ML	849,00	26.394,50	22.408.934,45
PBC2	Paso Box Coulvert 2"	ML	12,00	207.992,95	2.495.915,43
CCQC	Cruce caño o quebrada	ML	54,00	408.509,08	22.059.490,11
CPC	Cargo por conexión	Und	488,00	619.887,00	302.504.856,00
Presupuesto General Zona Rural Corregimiento El Tigre					1.208.001.614,17
Costos Indirectos (AIU) (35%)					422.800.564,96
Costos Directos + Indirectos					1.630.802.179,13
Interventoría (7%)					84.560.112,99
Total Proyecto					1.715.362.292,12

6.1.6 Establecer recursos. Los recursos requeridos para el desarrollo de la factibilidad para el servicio del suministro de gas natural en la región de estudio que se quieren, corresponden a:

Tabla 20 Resultados de los recursos mínimos base

RECURSOS BASE					
COSTOS DE PERSONAL	A	B	C	D	E
	Remuneración mensual	Cant. de personal	% Dedicación	Participación Meses	=A*B*C*D valor total
PERSONAL PROFESIONAL					
Director de Ingeniería	\$ 5.300.000	1	25%	4	\$ 5.300.000,0
Residente Ingeniero con experiencia en construcción y adecuación de redes de tubería y sistemas de gas natural	\$ 2.000.000	1	100%	4	\$ 8.000.000,0
Ingeniero de Proyectos	\$ 3.000.000	1	40%	4	\$ 4.800.000,0
PERSONAL TÉCNICO					
Técnico de Redes	\$ 1.500.000	2	100%	4	\$ 12.000.000,0
Personal de obra	\$ 1.000.000	5	100%	4	\$ 20.000.000,0
Inspector de interventoría HSE	\$ 1.200.000	1	40%	4	\$ 1.920.000,0
PERSONAL ADMINISTRATIVO					
Contadora	\$ 1.200.000	1	20%	4	\$ 960.000,0
Auxiliar Administrativo	\$ 1.000.000	1	20%	4	\$ 800.000,0
PERSONAL TÉCNICO AUXILIAR					
SUBTOTAL COSTOS DE PERSONAL (1)					\$ 53.780.000,0
FACTOR MULTIPLICADOR (2)*					<u>2,31*</u>
TOTAL COSTOS DE PERSONAL = (1) * (2) = (3)					\$ 124.231.800,0

*Nota: Ver Anexo G

Tabla 21 Otros costos asociados para la ejecución de la factibilidad

OTROS COSTOS (2)	J	K	L	M	N
	CANTIDAD	UNIDAD	MESES DE USO	COSTO	(JxLxM)
					VALOR TOTAL
Transporte, vehículo con conductor (pasajes y desplazamientos del personal)	1	Und	4	\$ 3.600.000,00	\$ 14.400.000,00
Alquiler equipo de Topografía (Incluye tránsito, nivel y elementos complementarios)	1	mes	4	\$ 850.000,00	\$ 3.400.000,00
Edición de Informes de interventoría (fotografías; papelería, cd, fotocopias)	1	mes	4	\$ 450.000,00	\$ 1.800.000,00
OTROS COSTOS DIRECTOS					

Sistema cabezal de prueba	1	Glb	4	\$ 920.000,00	\$ 3.680.000,00
Alquiler de Oficina-Campamento en el lugar del proyecto (Incluye Servicios Públicos y Dotación)	1	Glb	4	\$ 650.000,00	\$ 2.600.000,00
TOTAL OTROS COSTOS = (4)					\$ 22.200.000,00
FACTOR MULTIPLICADOR (5)*					<u>1,10*</u>
TOTAL OTROS COSTOS = (4) * (5) = (6)					\$ 24.420.000,00
COSTO BÁSICO = (3) + (6) = (7)					\$ 148.651.800,00
IVA = 19% * (7) = (8)					\$ 28.243.842,00
COSTO TOTAL = (7) + (8)					\$ 176.895.642,00

6.1.7 Toma de decisión. En la matriz se tiene en cuenta los siguientes factores acorde con las variables identificadas; (a) el impacto por la cantidad de usuarios, (b) el impacto producto de la inversión mixta o pública, (c) la existencia de red de distribución construida, (d) el impacto que se genera por la construcción de una red nueva y (e) la probabilidad de éxito en la implementación del suministro de gas natural legal. En la tabla 22 se presenta la matriz de valoración, y los criterios de importancia para valorar cada uno de los criterios y brindar respuesta al proceso de factibilidad para la selección de la alternativa técnico-económica:

Tabla 22 Matriz de valoración de importancia de la factibilidad del proyecto

FACTOR CRITERIO	Comunidad mayor a 3000 usuarios	Contrato de suministro de gas	Factibilidad de transporte de gas	Cumple Normas y estándares	Rentabilidad del AOM
Impacto por la cantidad de usuarios	3	2	2	1	3
Impacto producto de la inversión mixta o pública	1	1	1	2	3
Existencia de una red para distribución construida	1	1	1	3	3
	3	2	2	1	3

FACTOR CRITERIO	Comunidad mayor a 3000 usuarios	Contrato de suministro de gas	Factibilidad de transporte de gas	Cumple Normas y estándares	Rentabilidad del AOM
Impacto que se genera por la construcción de una red nueva					
Probabilidad de éxito en la implementación del suministro de gas natural legal	2	2	2	1	2
TOTAL PROMEDIO	2	1.6	1.6	1.6	2.8

Nota: Fuente autor, criterios establecidos por el área de ingeniería de la empresa ESP.

Como observa, los factores en general, son de impacto bajo – medio, lo cual hace factible el desarrollo del proyecto de masificación de gas natural por redes de distribución para usuarios de carácter domiciliario.

Mediante la adecuación y construcción de una nueva red distribución en el corregimiento de San Miguel del Tigre, se podrá atender el mercado especial y brindar un servicio de calidad a un total de 510 usuarios, que actualmente se encuentran conectados de manera ilegal al suministro y transporte de la cadena de gas; permitiendo reemplazar la distribución de gas ilícita por un servicio público continuo de gas natural combustible por redes de manera legal con una ESP idónea para administrar, operar y mantener el mercado especial que se requiere adecuar en la zona rural del Municipio de Yondó, Antioquia.

A partir de los resultados obtenidos, mediante el desarrollo de la metodología y la implementación del diagnóstico, la alternativa técnico-económica para el proyecto de masificación debe contar como mínimo con:

- ✓ Construcción de una nueva red de distribución: Verificación de fugas, estado de la tubería, verificación del trazado de la tubería.

- ✓ Construcción de 510 redes internas: Verificación de fugas, cumplimiento de la norma, estado de la tubería.
- ✓ Disponibilidad de una línea de alimentación cercana con suministro de gas natural de una ERM: verificación del estado y funcionamiento de la estación de regulación y medición que actualmente está operando en la zona.
- ✓ Construcción de 510 centros de medición: verificación de fugas, estado de los medidores y los accesorios que conforman el centro de medición.
- ✓ Legalidad: Se tiene el suministro de gas domiciliario a través de un contrato con una Empresa de Servicios Públicos - E.S.P., con su respectivo proceso de facturación, esto le da tranquilidad al usuario pues en caso de algún reclamo, la empresa le prestará la pertinente atención al mismo.
- ✓ Valorización: La vivienda se valoriza al tener un servicio público adicional.
- ✓ Contratos de Suministro y Transporte de Gas.
- ✓ Fuentes de inversión pública, de tal manera que se permita construir la totalidad de la red de distribución y garantizar la rentabilidad del AOM a la Empresa de Servicios Públicos - E.S.P., que ya cuenta con otros usuarios en la zona.
- ✓ El presupuesto estimado para la ejecución de todo el proyecto y la puesta en operación de la red de distribución es de (\$ 1.715.362.292,12) mcte colombiana.

7. CONCLUSIONES

- ✓ La ejecución del diagnóstico permitió realizar una identificación de la situación actual, que evidencia la problemática del hurto del combustible en el gasoducto constituido entre la estación Galán y el Municipio de Yondó. Se requiere brindar una solución de carácter técnico y económico como alternativa para legalizar los 510 usuarios que demandan el servicio de gas natural en el corregimiento San Miguel del Tigre.
- ✓ La ejecución de este tipo de proyectos en zonas rurales se dificulta debido a los altos los costos de inversión para la construcción de una red de distribución con recursos propios de la ESP o inversión privada, dado que la proyección de usuarios es muy baja para garantizar rentabilidad y sostenimiento en la AOM. En el caso del corregimiento, es factible únicamente para la empresa que ya tenga usuarios en la zona, para compartir los correspondiente costos AOM; es de vital importancia la participación de las administraciones municipales y otras entidades estatales, que permitan la inversión económica para la construcción de la infraestructura y brindar soporte a la ejecución plan de masificación en el área de estudio y mitigar las conexiones ilícitas en la cadena de gas natural en la zona rural del municipio de Yondó.
- ✓ La implementación de la metodología planteada, permitió valorar durante su proceso de ejecución, la existencia de una red de distribución conectada al gasoducto Galán-Yondó de propiedad de TGI, que se encuentra sin una empresa de carácter ESP encargada del AOM de la infraestructura. Por lo cual, se requirió realizar un tratamiento y pruebas al estado del sistema actual, en donde, se encontró de manera cuantitativa mediante las pruebas de presión y de modo cualitativo por medio de inspección visual, que todos los tramos de las redes externas presentaron caídas de presión, lo cual, muestra que la red no se encuentra en condiciones óptimas para su operación y por ende se debe construir una red de distribución apta para la

prestación del servicio y suministro del tangible a los usuarios de la demanda final.

- ✓ El presente proyecto, permite mostrar dos productos concretos, como lo son el modelo diagnóstico y la metodología, replicables a cualquier proyecto de pegas irregulares en áreas rurales o urbanas a nivel nacional, brindando una solución a la problemática social, ambiental y legal que vive actualmente la cadena de gas natural en Colombia.
- ✓ Este tipo de proyectos, son preponderantes para brindar desarrollo social y económico a una región de escasos recursos y que se encuentren conectadas de manera irregular a cualquier tipo de sistema de la red de energía o cadena de gas natural, permitiendo regular los mercados especiales y mitigando los riesgos sociales que se pueden presentar por las conexiones ilícitas, tales como, niveles altos de metano, que puedan causar riesgos de explosión en las áreas de afectación o de intoxicación en las viviendas.
- ✓ El presupuesto estimado para la ejecución de todo el proyecto y la puesta en operación de la red de distribución en San Miguel del Tigre es de (\$ 1.715.362.292,12) moneda corriente colombiana.

8. RECOMENDACIONES

- ✓ Es importante reconocer, que el proyecto a ejecutar en el corregimiento San Miguel del Tigre, deberá ser desarrollado por una de las empresas prestadoras de servicios públicos que se encuentran operando en la zona, con la finalidad de poder conectar la nueva red de tubería a un sistema de distribución existente en el municipio de Yondó y así, poder garantizar la factibilidad del suministro y transporte de gas natural combustibles a la demanda de usuarios.
- ✓ Debido a que la construcción de una nueva estación de medición o entrada a la ciudad, para una muestra baja de usuarios, harían inviable la construcción de la infraestructura para la prestación del servicio de gas domiciliario por redes de tuberías, se recomienda, para la proyección del proyecto y su ejecución, el realizar una derivación de una red de distribución que se encuentre construida y operativa en un mercado especial o relevante vigente.
- ✓ Debido a que se observó, que el factor de mayor importancia para la alternativa económica es garantizar la rentabilidad del operador y administrador de la red de distribución, se recomienda que el desarrollo de este tipo soluciones técnicas sean acompañados económicamente por proyectos en el plan de desarrollo territorial municipal, departamental o nacional, permitiendo brindar calidad de vida de vida y estabilidad social a las comunidades más vulnerables, ocurrentes en las áreas de explotación de recursos minero energéticos.

BIBLIOGRAFÍA

COMISION DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS.. *Resolución No 071 de 1999, Resolución No 202 de 2013*. Bogota DC, Colombia. 2013.

FIGUEROA, Gustavo. *La metodología de la elaboración de proyectos como una herramienta para el desarrollo cultural*. Departamento de gestión de información, Escuela de bibliotecología. Santiado de Chile, 2005.

ORTÍZ AFANADOR, Juan Manuel. *Fundamentos de la intercambialidad del gas natural*. MET & FLU. 2014 Vol. No 9, págs. 6-14.

GOBIERNO DIGITAL. Municipio de Yondó . *Yondó - Antioquia*. [En línea] 2018. (Recuperado en 10 de Mayo 2018). Disponible en: <http://www.yondo-antioquia.gov.co>.

PÉREZ CASTILLO, Jairo Andres. *Impacto socioeconómico generado por la utilización del gas natural en los hogares nacionales*. Bogota DC : UNIVERSIDAD DE LA SALLE, 2010.

PLAZAS MUÑOZ, Miguel. *Estudio del uso de las plantas didácticas de procesos industriales, disponibles para formación profesional bajo la estrategia de Aprendizaje Basado en Proyectos en una institución de formación para el trabajo en Colombia*. Bucaramanga : FUNIBER, Fundación Universitaria Iberoamericana, 2017.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGETICA. *La cadena del gas natural en Colombia*. Bogota DC. 2003.

ANEXOS

Anexo A. Estudio técnico vereda san miguel del tigre

En la actualidad los residentes de la vereda San Miguel del Tigre utilizan como combustible para la cocción de los alimentos, gas que toman principalmente desde una derivación de la red principal de transporte de propiedad de TGI S.A en el punto denominado estación GALÁN, la cual está ubicada en el sector los guanábanos de la vereda la Cabaña. Esta derivación consta solo de un medidor, tres válvulas y un manómetro. La presión de operación de la estación es en promedio de 42 psi.

Estado derivación Galán

	
Derivación Galán-tubería TGI	Presión de la red de transporte
	
Derivación de medición	Brazo de medición

Precios del combustible

En la actualidad a los usuarios no se les genera ningún cobro debido a que no tienen una empresa prestadora de servicios públicos que administre el servicio de gas domiciliario.

Número de viviendas por estrato

Del levantamiento realizado en la zona de desarrollo del sistema de distribución se encontraron 510 viviendas en la vereda, ubicadas en el estrato socioeconómico 1

Revisión Documental

Teniendo en cuenta que el municipio u otra entidad, no entregó a HEGA S.A. E.S.P., algún documento o plano que contenga información del diseño de la red actual, información específica como: planos As-Built que contemple detalles de construcción (profundidad, señalización), certificación de materiales utilizados en la construcción como tubería, válvulas y accesorios entre otros, se indagó en sitio y con la comunidad encontrando los siguientes aspectos relevantes:

- a) No existe Servidumbre, ya que la red se instaló por el borde de la vía principal que comunica al corregimiento el tigre y por las vías del caserío.
- b) No se encontró algún diseño de la red, planos As-Built donde se especificará, aspectos técnicos o de construcción, señalización, profundidad, cambios de dirección, distancias etc.
- c) No se encontraron especificaciones técnicas de la construcción.
- d) No se evidenció certificado de los materiales con los que se construyó la red.

Inspección y Estado actual de la red de gas

Para dar inicio a las pruebas de hermeticidad de la red externa, se realizaron apiques identificándose la ubicación de las poliválvulas y de la tubería.



Es importante aclarar, que no se contaba con una especificación de la ubicación de la red, en todos y cada uno de los sitios a realizar excavaciones para indagar, se debió hacer apiques en un radio de 10 diez a 2 dos metros de distancia, porque no se encontraba la red; en ocasiones hasta 4 o 5 apiques para poder evidenciar tubería o válvulas en un solo sitio.

Así mismo se encontró que las poliválvulas se encontraban enterradas y para ubicarlas, se debió hacer varios apiques en un radio de hasta 20 metros.

Por otra parte, el tiempo de prueba era corto relativamente, teniendo en cuenta que la presión y en ocasiones la agresividad verbal de la comunidad, permitían solo hacer las pruebas entre 9 am y 11 am de la mañana y en la tarde de 2pm a 4 pm; ya que necesitaban el combustible para hacer sus alimentos.

Teniendo en cuenta lo anterior descrito, se evidencia que la mayoría de apiques, se hizo en tramos menores de 25 metros, que excavar cada 25 metros se convertiría en una actividad ineficiente, por aspectos como el tiempo que se contaba para hacer pruebas en las redes externas y que no se tenía especificaciones de construcción, profundidad, material de reposición, uniones y demás accesorios.

En el caserío se encontró en algunos sectores, que se debió hacer apiques por el costado de los andenes o vías, ya que se había pavimentado recientemente, hasta encontrar la tubería y poder hacer la respectiva prensa para así probar por tramos la red existente.

Características técnicas y aspectos de canalización

Se encontró que la tubería que alimenta al corregimiento desde la derivación con la red de transporte es de 1 pulgada de diámetro, de material polietileno con profundidad de aproximadamente 1 metro y a su vez se encontró que no se cuenta con cinta de seguridad que indique la presencia de tubería de gas como lo estipula la normatividad vigente, ni cuenta con cama de arena la tubería instalada.

A lo largo de la inspección se encontró solo una poliválvula de 1" desde la derivación hasta la entrada del corregimiento, distancia de aproximadamente 6 km, y en el casco urbano se encontraron cuatro poliválvulas de ¾" y una de 1" que seccionan la red del corregimiento.

Realización de pruebas

Una vez revisado el estado de las tuberías para el caso del corregimiento El Tigre, se procedió a realizar pruebas en las redes externas e internas con el objetivo de verificar que la infraestructura construida, cumpla con la hermeticidad y con los requerimientos técnicos y de operación.

La red de distribución de gas del corregimiento el Tigre, no es nueva, es decir ha circulado y circula gas por un tiempo de aproximadamente catorce (14) años; la comunidad se encuentra en la actualidad utilizando el combustible para la cocción de sus alimentos y no se cuenta con un sistema de odorización el cual cumple con la función de seguridad al ser fácilmente detectado por una persona normal según NTC 3728; así las cosas, se debió hacer las pruebas de hermeticidad con el gas que circula en la tubería, a la presión de operación del sistema.

Par las pruebas se utilizaron prensas de aplastamiento para seccionar la red, un cabezal de prueba, conformado principalmente por un manómetro y accesorios, como válvula de paso, válvula cheque, niples y demás accesorios.

Trazado de tubería

Otras de las actividades dentro de este estudio es revisar el estado actual del trazado de la tubería de la red externa. Para llevar a cabo esta actividad se basó en un plano suministrado por la comunidad, el cual contiene las redes que se construyeron en el año 2003 sin ningún dimensionamiento ni especificaciones de construcción, se procedió a descubrir la tubería, encontrar las tee de derivación y verificar el trazado mediante apiques por todo el corregimiento.



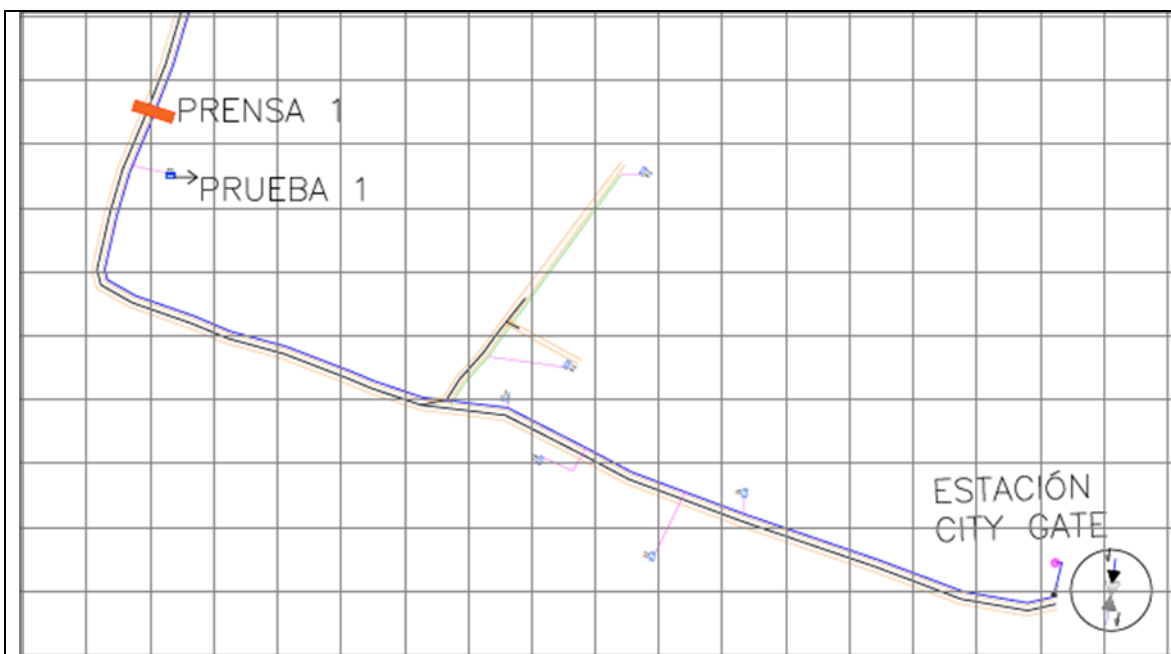
PRUEBAS REDES EXTERNAS

Para realizar esta actividad, fue necesario seccionar la red externa en trayectos y así realizar pruebas de hermeticidad, determinando presión de trabajo actual, hermeticidad en las redes, identificando así presencia de fugas a lo largo de la trayectoria de la red.

A continuación, se describe cada una de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

PRUEBA No 1

Se probó la red troncal tubería de 1" desde la derivación Galán (derivación con la red de transporte de TGI) hasta la prensa número 1 con distancia de un kilómetro, iniciando con presión de 42 psi y una caída de presión de 2 psi por hora, evidenciando escape de gas en alguna o algunas secciones de la tubería, que no se halló en los apiques realizados.



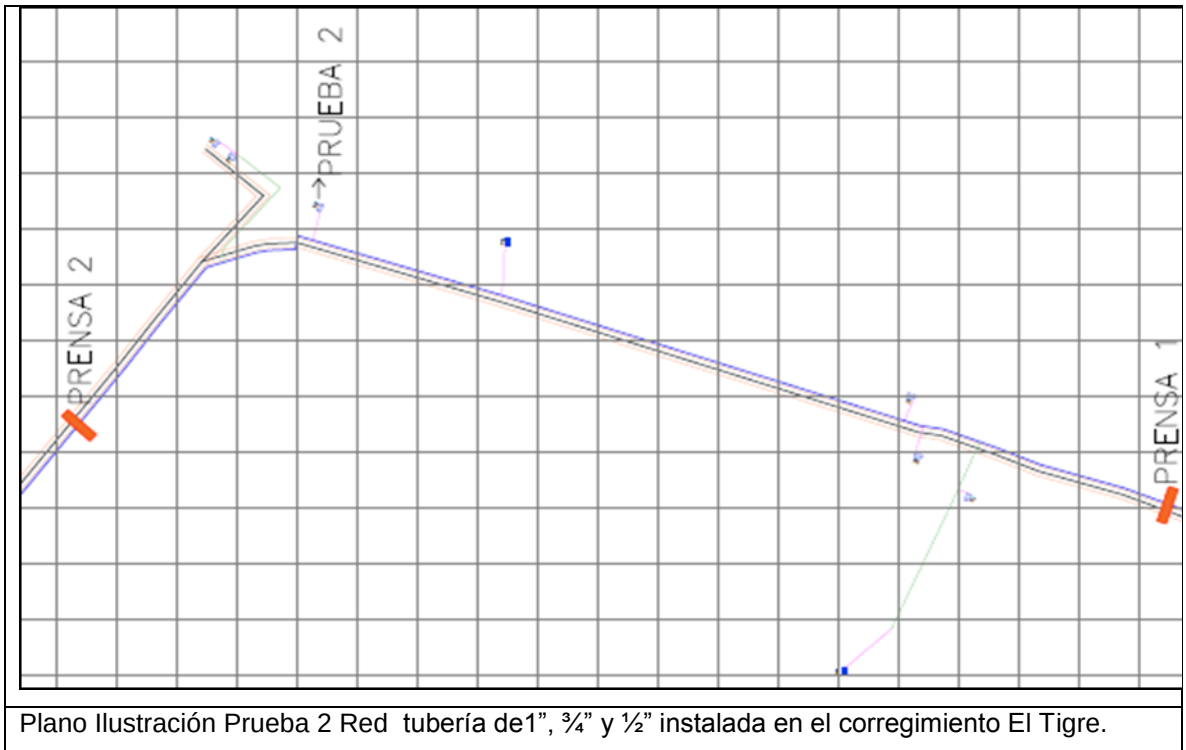
Plano Ilustración Prueba 1 Red tubería de 1", 3/4" y 1/2" instalada en el corregimiento El Tigre.

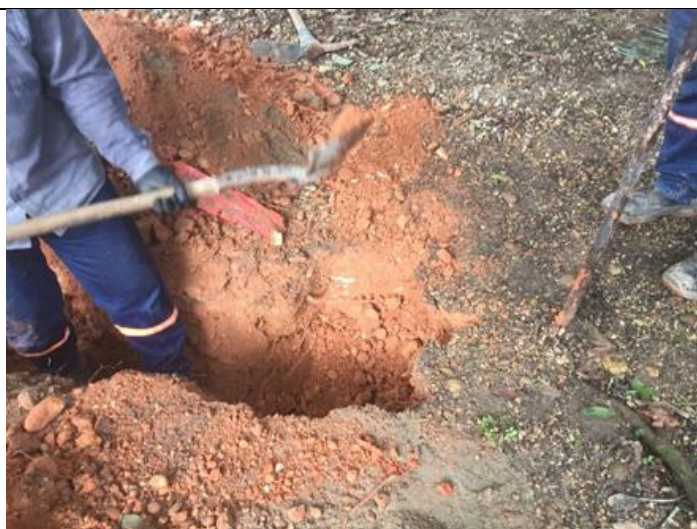


Prueba No 1 Red Troncal Tubería de 1"

PRUEBA No 2

Seguidamente se probó la tubería desde la prensa 1 hasta la prensa 2 vía el Tigre distancia de 1 km, iniciando con presión de 42 psi y una caída de presión de 4 psi por cada 2 horas, Evidenciando escape de gas en alguna o algunas secciones de la tubería, que no se halló en los apiques realizados.

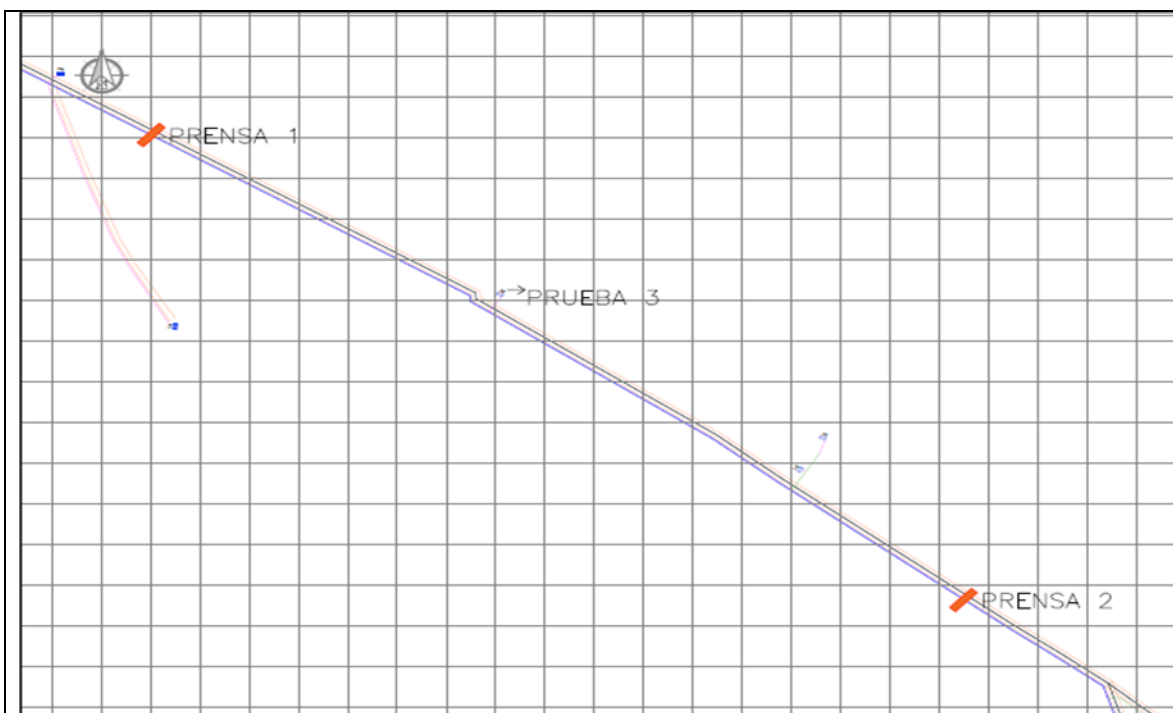




Prueba No 2 Red Troncal Tubería de 1"

PRUEBA No 3

Seguidamente se probó la tubería desde la prensa 2 hasta una nueva prensa 1 ubicada como se muestra en la figura vía el Tigre con distancia de 1 km, iniciando con presión de 42 psi y una caída de presión de 4 psi por cada dos horas, evidenciando escape de gas en alguna sección o secciones de la tubería, que no se halló en los apiques realizados.



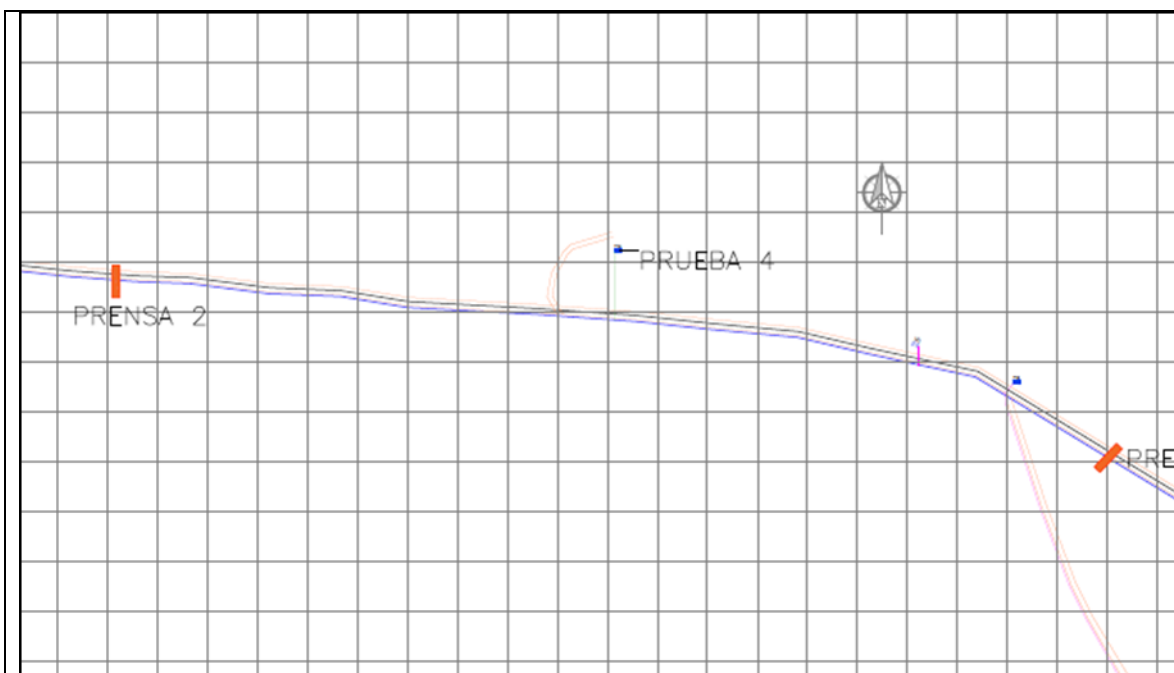
Plano Ilustración Prueba 3 Red tubería de 1", ¾" y ½" instalada en el corregimiento El Tigre.



Prueba No 3 Red Troncal Tubería de 1"

PRUEBA No 4

Seguidamente se probó la tubería desde la prensa 1 hasta una nueva prensa 2 ubicada como se muestra en la figura 14 vía el Tigre con distancia de 1 km, iniciando con presión de 42 psi y una caída de presión de 6 psi por cada dos horas, evidenciando escape de gas en alguna sección o secciones de la tubería, que no se halló en los apiques realizados.



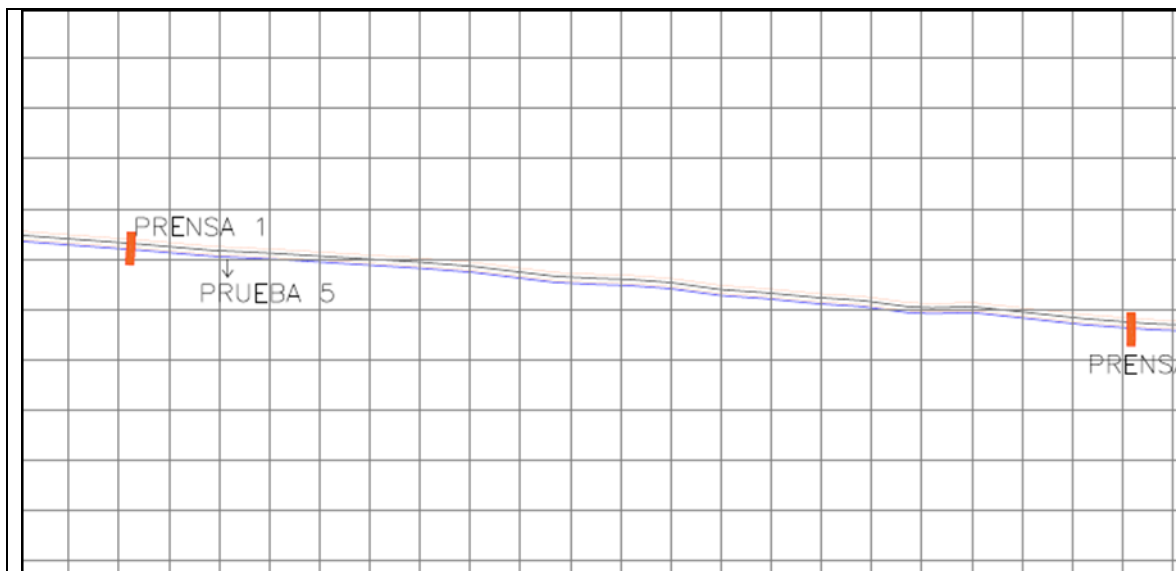
Plano Ilustración Prueba 3 Red tubería de 1", ¾" y ½" instalada en el corregimiento El Tigre.



Prueba No 4 Red Troncal Tubería de 1"

PRUEBA No 5

Seguidamente se probó la tubería desde la prensa 2 hasta una nueva prensa 1 ubicada como se muestra en la figura 16 vía el Tigre con distancia de 1 km, iniciando con presión de 42 psi, esta sección no presento caída de presión durante las dos horas de prueba.



Plano Ilustración Prueba 3 Red tubería de 1", ¾" y ½" instalada en el corregimiento El Tigre.

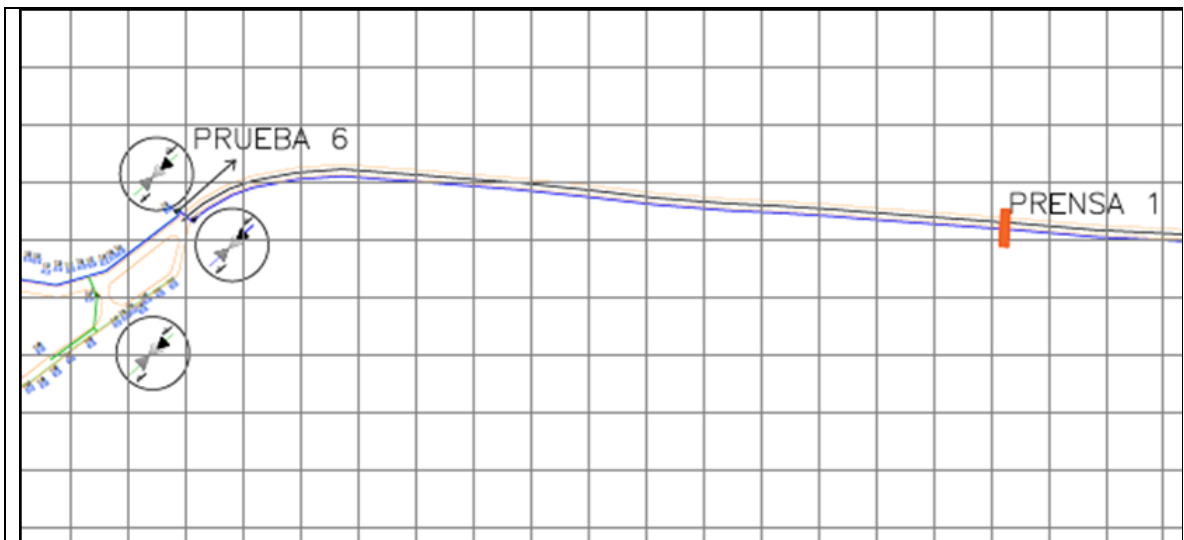


Prueba No 5 Red Troncal Tubería de 1"

PRUEBA No 6

Seguidamente se probó la tubería desde la prensa 1 hasta la poliválvula ubicada como se muestra en la figura 18 en la entrada del Tigre con distancia de 0,712 km,

iniciando con presión de 42 psi, esta sección no presento caída de presión durante las dos horas de prueba.



Plano Ilustración Prueba 6 Red tubería de 1", 3/4" y 1/2" instalada en el corregimiento El Tigre.

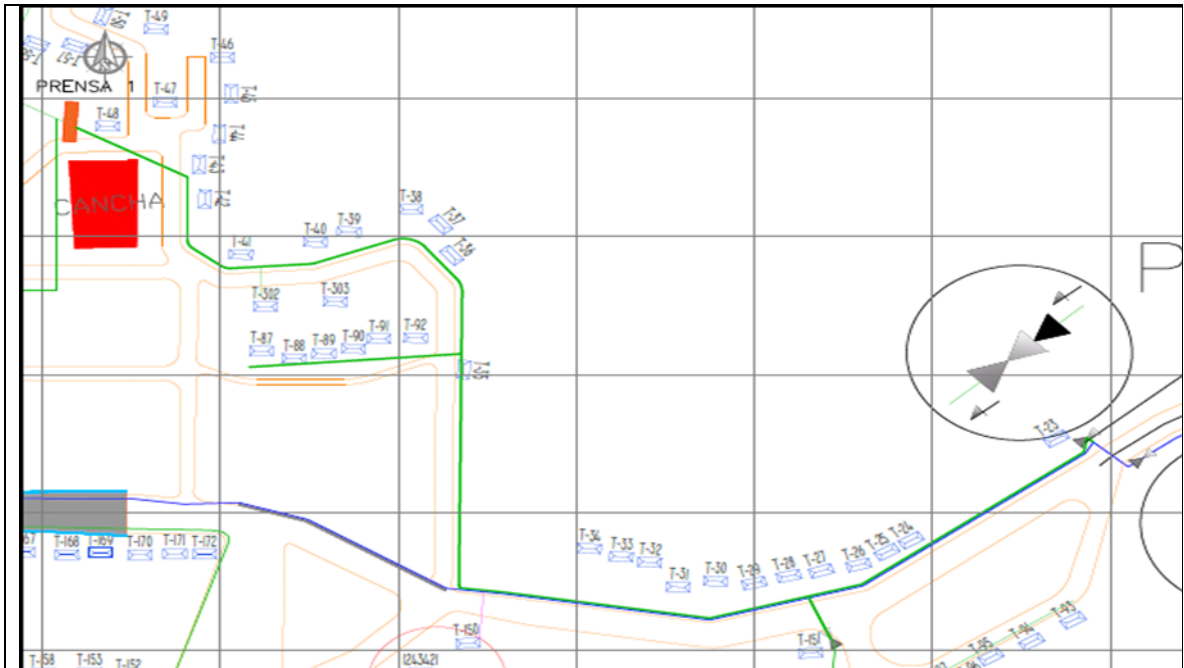


Prueba No 6 Red Troncal Tubería de 1"

PRUEBA No 7

Seguidamente se probó la tubería desde la poliválvula 1 hasta la prensa 1 ubicada como se muestra en la figura 20 dentro del corregimiento el Tigre con distancia de

0,534 km, iniciando con presión de 33 psi, con caída de presión total en 30 minutos de prueba, evidenciando escape de gas en alguna sección o secciones de la tubería, un escape se evidencio en uno de los apique que se realizó.



Plano Ilustración Prueba 7 Red tubería de 1", 3/4" y 1/2" instalada en el corregimiento El Tigre.



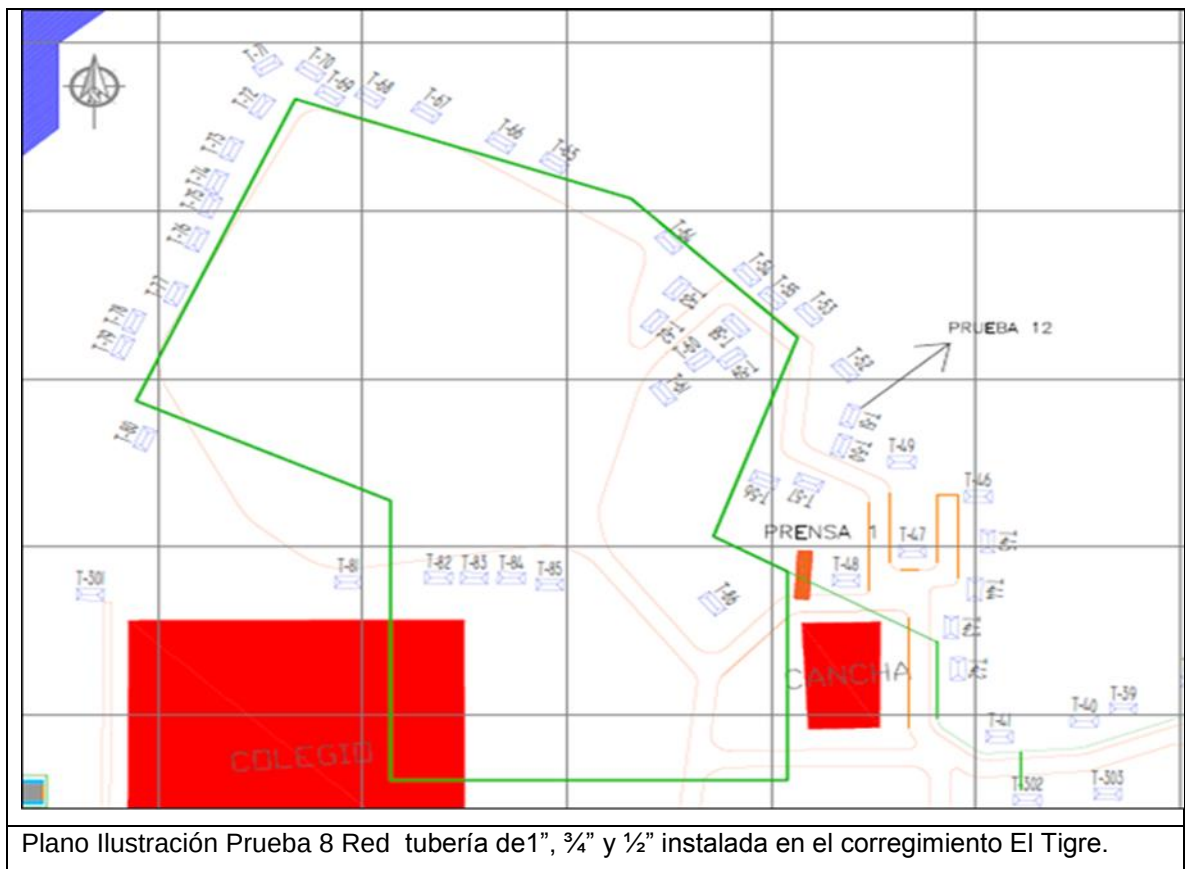
Prueba No 7 Red Troncal Tubería de 3/4", se detecta caída de presión.



En este tramo de tubería se pudo identificar una fuga, y además información suministrada por la comunidad que vive cerca al sitio de la fuga, evidenciando que se conocía hace tiempo de la situación.

PRUEBA No 8

Se probó la tubería prensando un tramo de tubería como se muestra en la figura, dentro del corregimiento el Tigre con distancia de 0,638 km, iniciando con presión de 23 psi, con caída de presión de 8 psi en dos horas de prueba, evidenciando escape de gas en alguna sección o secciones de la tubería, que no se halló en los apiques realizados.





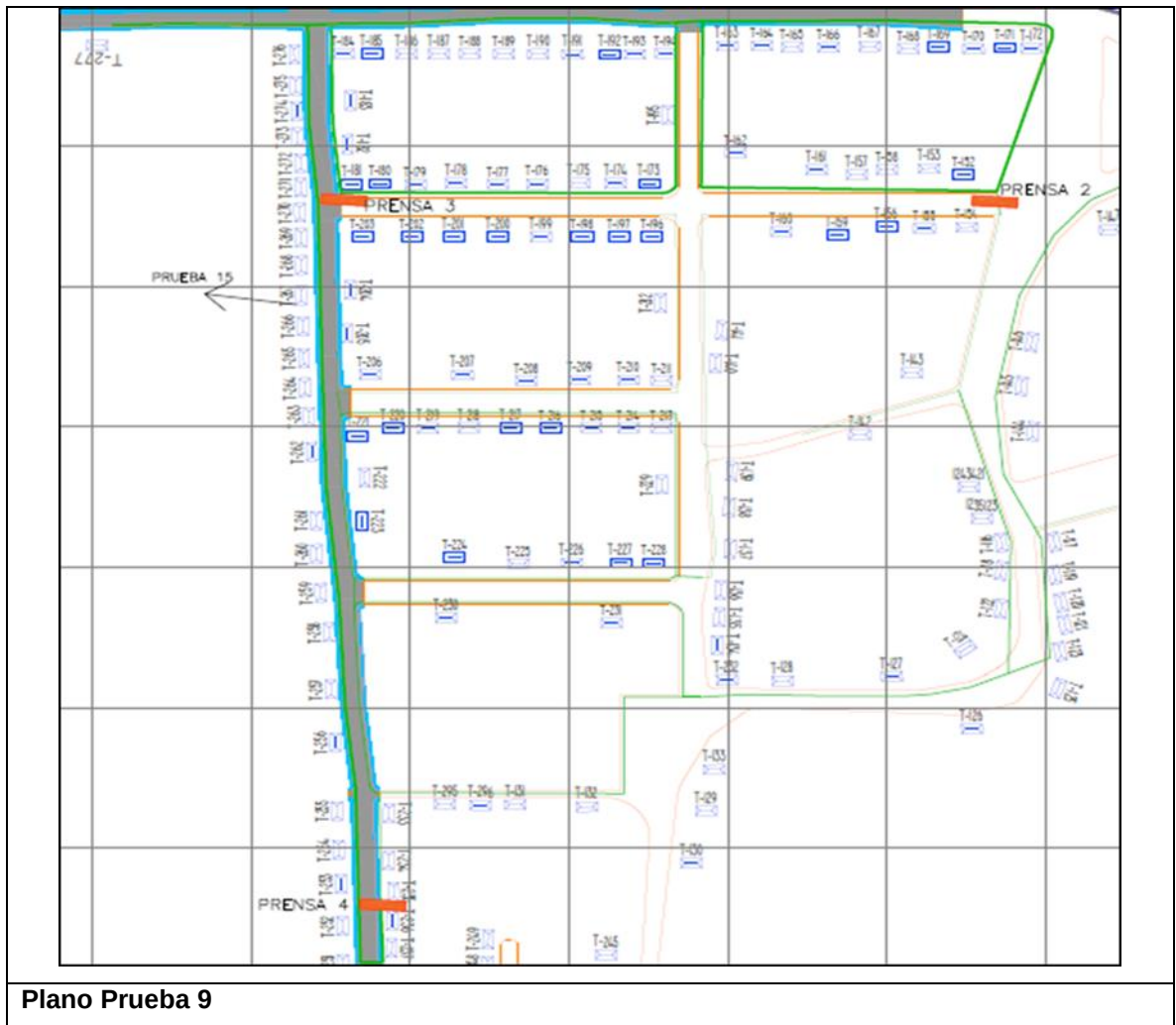
Prueba No 8 Red Troncal Tubería, se detecta caída de presión.



Se evidencia escape de gas en alguna sección o secciones de la tubería, hallándose una de las fugas o la fuga en los apiques realizados.

PRUEBA No 9

Seguidamente se probó la tubería desde la prensa 2 hasta la prensa 3 y 4 como se muestra en la figura, dentro del corregimiento el Tigre con distancia de 1,092 km, iniciando con presión de 24 psi, con caída de presión total en 30 minutos de prueba, evidenciando escape de gas en alguna sección o secciones de la tubería, hallándose una de las fugas o la fuga en los apiques realizados.





Se detecta fuga en la red de distribución



Mal estado de los centros de medición



Se detecta caída de presión



PRUEBA No 10

Se probó la tubería que encierra la prensa 1, 2,3 y 4 como se muestra en la figura 37 dentro del corregimiento el Tigre con distancia de 1,147 km, iniciando con presión de 29 psi, con caída de presión de 2 psi durante el periodo de prueba.



Plano Prueba 10



Caída de presión de 2 psi durante el periodo de prueba

Pruebas a instalaciones internas

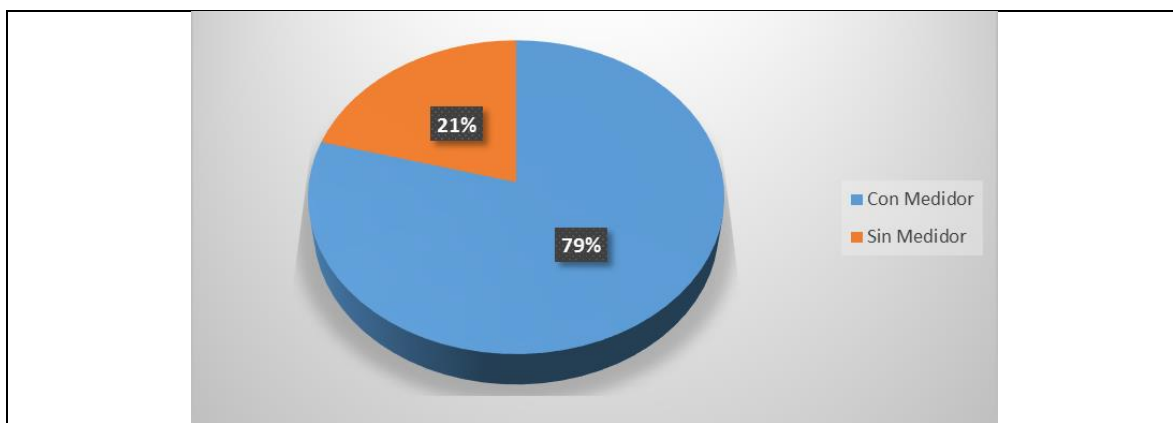
Se realizó pruebas a las instalaciones internas; como técnica de muestreo se utilizó el aleatorio simple para poblaciones finitas (en el cual, cada uno de los “N” elementos de la población, tiene la misma probabilidad de pertenecer a la muestra); en razón a su alto grado de precisión, confiabilidad, economía y facilidad de aplicación, como se describió en la primera sección.

Las pruebas contemplan aspectos técnicos principalmente, evaluando los requerimientos mínimos según la normatividad colombiana avalada por la NTC 2505, principalmente para la operación de cada instalación interna, como son: presión, distanciamientos con otros servicios públicos, medición, regulación, material, protección y adecuada instalación de equipos y accesorios para el suministro de gas.

A continuación, se describe los principales aspectos evaluados obtenidos de la inspección, visual cabezales de prueba con personal, certificado y competente para esta actividad.

Identificación del número de viviendas

Aproximadamente el 79% de las viviendas del corregimiento censadas cuentan con centros de medición y el 55% de las viviendas que tienen centro de medición presentan fallas o daños; corrosión en sus partes metálicas, caratulas quebradas, teniendo en cuenta que son equipos instalados desde el año 2003 según información suministrada por los residentes.



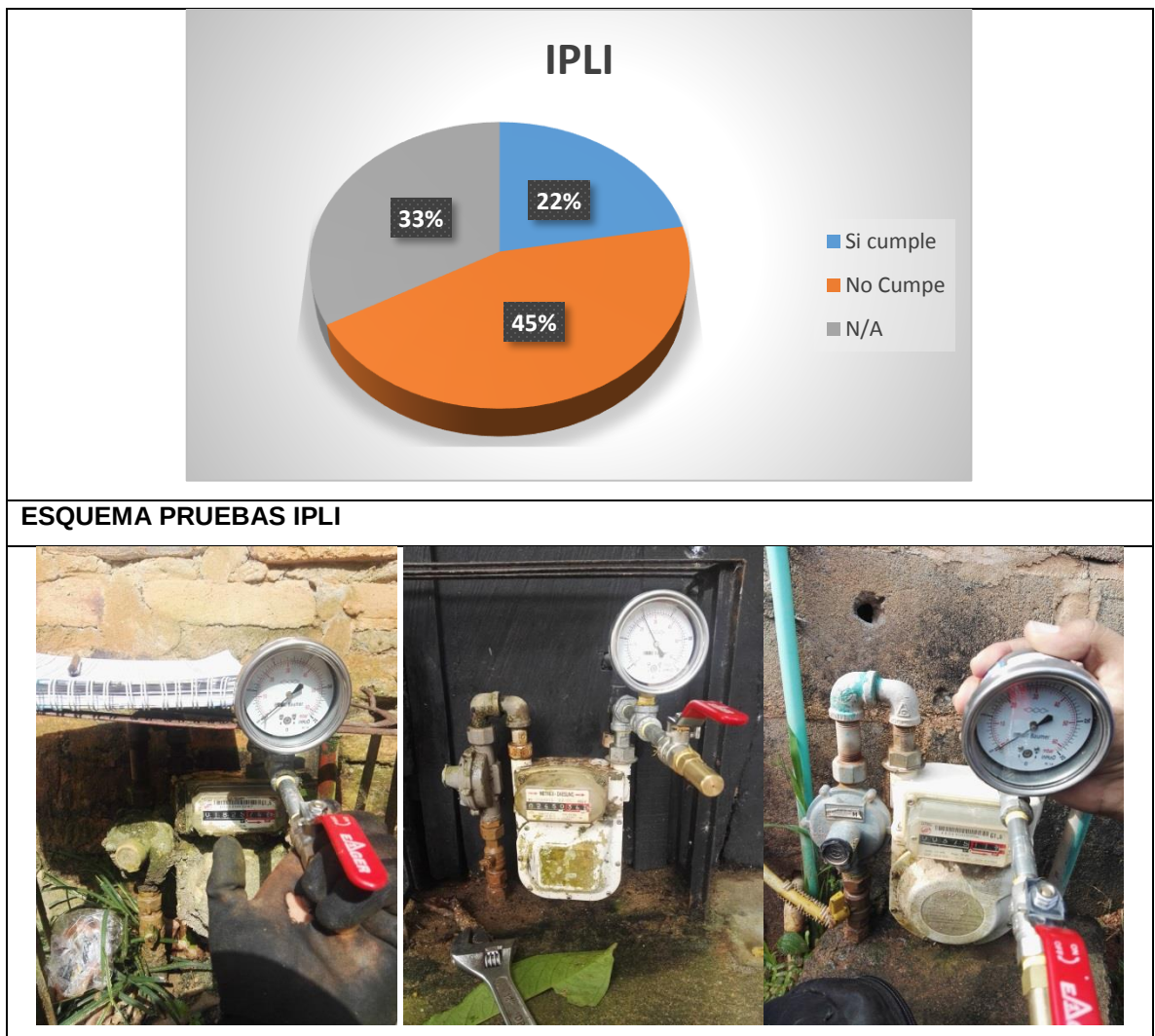
Esquema de viviendas con centros de medición

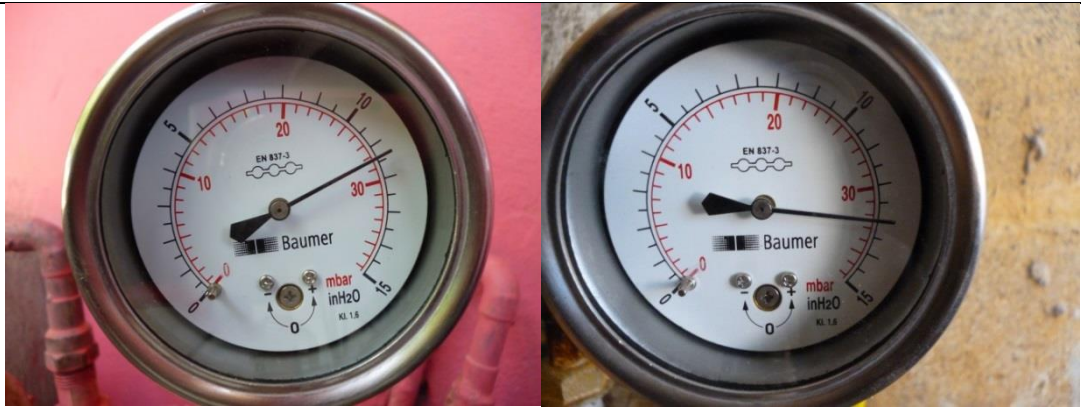


En la revisión de las redes internas, el 76% de las viviendas revisadas no cumplen con la normatividad, ya que los trazados de la tubería pasan cerca a redes eléctricas, en ocasiones sin dejar distancia, (incumpliendo la norma); algunas viviendas la red interna está construida en cobre desde hace 14 años por lo tanto dicha tubería se encuentra en mal estado, las válvulas de paso se encuentran justo

por arriba del gasodomésticos, (incumpliendo con la norma, tubería pe al pe a la vista sin empotrar ni protección en algunos casos y algunas otras tienen fugas en las redes. El esquema 2 y la figura 44 ilustran lo anteriormente mencionado.

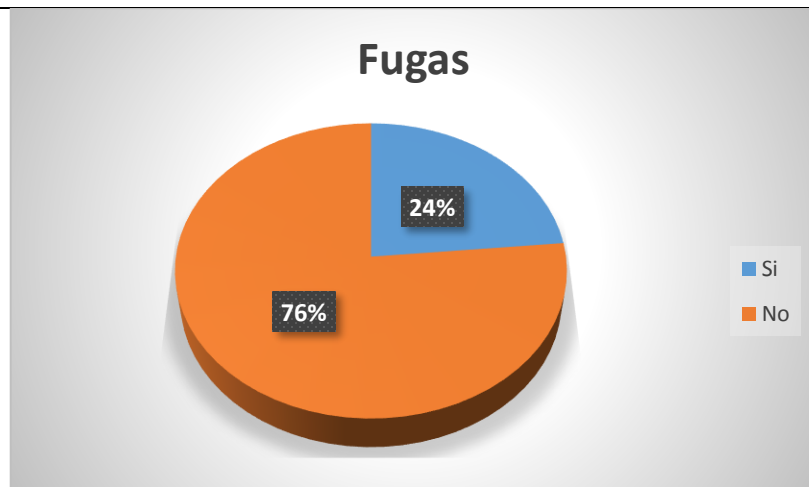
Una de las pruebas realizadas son los índices de presión en líneas individuales (IPLI), en esta prueba verificamos si se esta regulando bien la presión al entrar a la vivienda. Para esta prueba el 45% de las viviendas censadas no cumplen con el rango el cual esta enre 7,2 y 9,2 pulgadas de agua.





Las imágenes ilustran los montajes de las pruebas IPLI en cada una de las viviendas censadas.

El 24% de las viviendas tienen fugas, tanto en en las valvulas de corte, elevadores, reguladores principalmente.



Esquema fugas



Fugas detectadas en centros de medición

RESULTADOS

- ✓ Las redes externas y más del 50% de las redes internas y centros de medición fueron instalados en el año 2003, lo que quiere decir que tiene aproximadamente 14 años de operación. La vida útil de las tuberías de polietileno es de 20 años, por lo tanto estas redes del corregimiento San Miguel El Tigre tendrían 6 años de operación, en caso que en la actualidad las redes cumplieran con la norma técnica Colombiana y se encuentre en buen estado.
- ✓ La red troncal está compuesta por tubería de polietileno de 1" PE80 y tiene una longitud de 6548 metros lineales, y las mallas o anillos están compuestos de tubería de polietileno de $\frac{3}{4}$ " y las acometidas de tubería polietileno de $\frac{1}{2}$ ".
- ✓ La mayoría de las redes externas se encuentran bajo pavimento o andenes que no llevan más de 2 años de construidos, y que en la actualidad se continua con la construcción aumentando el costo del mantenimiento de las redes externas.
- ✓ En "hora pico" la presión disminuyó a 6 psi, lo cual no cumpliría con una proyección ni con la operación actual, ya que la presión de operación actual es de 42 psi y la máxima caída de presión que debería tener la red es aproximadamente 21 psi para comenzar con una operación y mantenerla en los próximos 20 años.
- ✓ En todos los tramos de las redes externas presentaron caídas de presión desde 4 psi en las dos horas de prueba y hasta la caída total de presión de la red, esto es debido a que se hallaron varias fugas en las redes externas, fugas en los elevadores, fuga en las válvulas de corte y picaduras en las acometidas. Por tanto HEGA S.A. E.S.P., certifica que la tubería de la red externa compuestas por tubería de 1" y $\frac{3}{4}$ ", no es apta para la prestación de servicio.
- ✓ De las 510 viviendas que están conectadas y consumiendo gas de manera ilícita, el 79% (403) cuentan con centro de medición, a su vez, el 55% de éstas se encuentran en mal estado, debido a que presentan óxidos, caratulas

dañadas, fugas (elevadores, válvulas de corte, reguladores), se encuentran cubiertos por tierra o pintura, y no corre la medición.

- ✓ De las 403 viviendas que cuentan con centros de medición se les realizó las pruebas IPLI, DE LAS CUALES resultó que el 45% de las viviendas no cumplen con el rango que exige la norma siendo el rango permitido entre 7,2 y 9,2 pulgadas de agua para gas natural.
- ✓ En cuanto a la redes internas el 76% de las 510 viviendas no cumplen con la normatividad requerida ya que el trazado de la tubería pasa cerca de redes eléctricas o zonas no permitidas, la tubería pe al pe no está empotrada ni protegida, las válvulas de paso están sobre la estufa, hay viviendas que no tienen instalada la válvulas de paso, existen viviendas donde la manguera flexible para gas (3/8 de pulgada) está conectada directamente desde el medidor o regulador hasta la cocina, es decir, no existe red interna o tubería instalada desde el centro de medición o regulación hasta el gasodomestico.

Anexo B. Características generales de construcción

Para la construcción de las redes de distribución, se dará estricto cumplimiento a las especificaciones de la Norma NTC-3728, que detalla los principales aspectos constructivos de un sistema de distribución de gas, los que a continuación se destacan:

Tuberías de polietileno

Como se mencionó anteriormente, las troncales y los anillos de las redes de distribución se construyen con tuberías de polietileno de media o alta densidad. Para la instalación de estas tuberías deberán observarse las siguientes recomendaciones básicas:

Recepción, Almacenamiento y Prueba

Durante el transporte, la tubería puede sufrir daños mayores o menores que afecten sus propiedades físicas, por lo cual es necesario revisarla con el objeto de poder detectar cualquier deterioro. Si la tubería es colocada directamente sobre maquinarias o piezas metálicas, puede sufrir rayones en su superficie. Si estos tienen una profundidad de $\frac{1}{3}$ del espesor de pared, será necesario cortar la sección dañada de dicha tubería.

La tubería de polietileno no debe quedar expuesta a la intemperie, salvo por períodos cortos de tiempo, ya que la luz directa del sol y las temperaturas mayores a 38 grados centígrados pueden afectar la integridad de la misma. Cuando por alguna circunstancia, la tubería permanezca por más de un año a la intemperie, deberán efectuarse pruebas de laboratorio para determinar su resistencia mecánica y resistencia a la tensión.

Los rollos deberán colocarse descansando sobre su base y nunca sobre los costados. Los extremos de la tubería deberán ser protegidos contra la suciedad

mediante tapones adecuados. Se recomienda probar los rollos de tubería antes de llevarlos a la obra, a fin de detectar cualquier daño provocado en el transporte que, de otro modo, sería laborioso encontrar una vez instalados.

Instalación

Para la instalación de la tubería de polietileno deben tomarse en cuenta las siguientes precauciones:

Excavación

Las excavaciones deberán ajustarse a las recomendaciones del fabricante en cuanto a profundidad de la misma. Para tuberías de diámetros menores o iguales a 4", la profundidad deberá ser de 70(cm), lo cual garantiza que la tubería no sufrirá aplastamiento ni reducción en su área de flujo.

Se evitará instalar la tubería sobre piedras con aristas cortantes. Cuando se presente esta situación, se procederá a colocar un colchón de arena de 5 cm de espesor en toda el área. Al colocar la tubería en la zanja, se tendrá la precaución de tenderla serpenteada, es decir no recta, a fin de facilitar los movimientos de contracción y dilatación que se puedan presentar.

Cuando se haga un cambio de dirección sin codo, se deberá dar a la excavación la curvatura necesaria para no forzar la tubería. Dicha curvatura deberá tener un radio mínimo igual a 10 veces el diámetro del tubo.

Relleno

Una vez colocada la tubería en el fondo de la zanja, se procederá a cubrir la misma con el material producto de la excavación, retirando las piedras con aristas agudas que pudieran quedar en contacto con la tubería. Como una medida de protección y para evitar daños en la tubería cuando se efectúen reparaciones bajo tierra en líneas

de otros servicios, así como para facilitar su localización, se colocará una cinta de material plástico y color llamativo localizado a 30 cm por encima de la tubería.

Preparación de la Tubería

Una vez tendida la tubería al borde de la zanja y lista para hacer la unión, se procederá a quitarle la protección que se puso en los extremos. Se deberá garantizar una limpieza adecuada de los extremos de la tubería, asegurándose que no contenga polvo, grasa, aceite o lodo que puedan entorpecer la unión.

Corte de la Tubería

El corte de la tubería de polietileno deberá hacerse con un serrucho de diente fino para evitar daños a los anillos de corte. Se recomienda mantener los dientes limpios y bien afilados. Los cortes deberán hacerse a 90 grados para facilitar su inserción en el accesorio y lograr una fusión uniforme que garantice una unión correcta con el accesorio o con el siguiente tramo. Una vez colocada la tubería en el carro alineador, se deberá usar la escuadra para rectificar el corte a 90 grados.

Biselado y eliminación de Rebabas

Antes de proceder a ejecutar la unión, se deberán eliminar las rebabas que pudieran haber quedado en los extremos de la tubería debido al corte, así como el reborde exterior de la misma, utilizando para ello la herramienta biseladora.

Uniones a Tope

Inicialmente se colocarán los extremos de las tuberías en el carro alineador y se escuadrarán, con el objeto de lograr que las caras a unir queden tersas, limpias y paralelas. Se debe verificar dicho paralelismo enfrentando los extremos de los tubos antes de hacer la unión. Si algún extremo está disparejo, se repetirá el procedimiento de escuadrar los extremos.

Posteriormente se juntarán los extremos de los tubos a las caras del calentador, aplicando una presión sostenida hasta lograr que se forme un anillo de material fundido alrededor de la tubería, procediendo a disminuir la presión ejercida contra el calentador y manteniendo únicamente en contacto éste con la tubería durante el tiempo indicado en la tabla de tiempos de calentamiento, descrita a continuación:

Tiempos de Calentamiento y Enfriamiento para Tubería de Polietileno PE-80

Temperatura de Fusión 500°F	Diámetro de tubería (Pulgadas)	Tiempo de calentamiento (Segundos)	Tiempo de enfriamiento (Segundos)
UNIONES A SOCKET	1/2	6	20
	3/4	8	20
	1	10	20
	1 1/4	12	30
	2	16	30
	3	20	30
	4	24	30
UNIONES A TOPE	1 1/4	13	60
	2	15	60
	3	20	60
	4	20	60
	6 (*)	25	120
	6 (**)	40	150

Una vez transcurrido el tiempo de calentamiento se retirará el calentador y se unirán los extremos de los tubos aplicando la presión necesaria para lograr que la costura o labio de fusión duplique su tamaño sin traslaparse, momento en el cual se mantendrá esta presión durante el tiempo de enfriamiento. La tubería no deberá probarse, moverse o utilizarse, hasta tanto transcurra el tiempo de enfriamiento especificado en las tablas.

Uniones a Socket:

Una vez eliminada las rebabas, con el biselador se rebajará el extremo de la tubería, biselando menos de la mitad del espesor de la pared; esto no es necesario en tuberías de diámetro 19 mm o menores (1/2 pulgada).

Primero se procederá a determinar la longitud de penetración del tubo en la conexión, utilizando para ello un calibrador de profundidad; posteriormente se colocará el anillo sujetador a tope con el calibrador.

Hecho esto, se unirán con firmeza la conexión y la tubería al calentador y se mantendrán unidos durante el tiempo de calentamiento especificado. Transcurrido este tiempo se separarán la tubería y la conexión del calentador y se procederá a unirlos introduciendo suavemente la tubería en la conexión, evitando girarlo a fin de asegurar una correcta alineación y manteniéndolos firmemente unidos durante el tiempo de enfriamiento.

Una vez efectuada la unión, se deberán limpiar las caras del calentador cuidadosamente, teniendo cuidado de no dañar su recubrimiento, para lo cual se utilizarán trapos o materiales suaves.

Uniones de Silletas

Primero se deberá verificar la redondez del tubo en el área de fusión, colocando un anillo sujetador lo más cerca posible al punto de unión. A fin de lograr un mejor contacto entre la tubería y la sileta, es conveniente lijar ligeramente las superficies a unir.

Enseguida se procederá a colocar una cara del calentador sobre la tubería, aplicando una presión constante durante un tiempo de 3 a 5 segundos, con el objeto de verificar un contacto total del calentador con la tubería. Si esto no se obtiene, deberá repetirse la operación en otro punto hasta lograrlo.

Una vez logrado un contacto total entre la cara del calentador y la tubería se colocará el calentador entre la sileta y la tubería aplicando presión sobre la sileta hasta lograr un anillo de material fundido en ambas caras del calentador, después del cual, se deberá mantener la presión durante el tiempo prescrito en la tabla de calentamientos.

Posteriormente se retira el calentador y se une la silleta a la tubería durante el tiempo recomendado de enfriamiento, correspondiente desde 15(s) a 20(s) en silletas para toma domiciliaria y 60(s) en silletas para derivaciones. Después de fijada la silleta a la tubería, deberá deslizarse un tramo de tubería de 30(cm) de longitud sobre la tubería de derivación.

Las silletas se utilizarán en tuberías de diámetro mayor o igual a 2". Para diámetros menores, la derivación deberá efectuarse utilizando una Tee.

Prueba final de la tubería de polietileno

Las tuberías de polietileno deberán probarse a una presión manométrica mínima de 1,5 veces la presión del trabajo, durante un período de 24 horas, pero sin exceder 3 veces la presión de diseño, de acuerdo con la Norma DOT sección 192.513. Las pruebas de presión deberán efectuarse cuando menos 10 minutos después de realizada la última unión.

Para la prueba deberá utilizarse aire o cualquier gas inerte, no siendo permitido el uso de oxígeno, gas propano, etc. Deberán utilizarse manómetros de rango adecuado con una lectura máxima de 200 (lb/pulg²) y con una carátula de 4 (pulg) como mínimo.

Tuberías roscadas

Las tuberías roscadas son por lo general de hierro galvanizado, SCH 40 y se utilizan exclusivamente para los centros de medición y las instalaciones internas. Las recomendaciones específicas para la instalación de este tipo de tuberías se indican a continuación:

Especificaciones de la tubería

Las tuberías rígidas a utilizar en las instalaciones internas deberán ser de acero-carbón o hierro galvanizado, de cédula 40 como mínimo, y deberán cumplir con las especificaciones de la Norma ICONTEC 14, ASTM A-53, ASTM A-120, o similares con un diámetro mínimo de ½", para garantizar un buen suministro de gas a los aparatos de consumo.

Roscado

La unión entre tuberías roscadas o entre éstas y sus accesorios deberá hacerse utilizando un elemento sellante que garantice la hermeticidad de la unión. Las roscas a utilizar deberán cumplir con la Norma ICONTEC 332 y ANSI B.2.1. En las uniones roscadas se utilizará de preferencia cinta teflón o pasta sellante, quedando prohibido el uso de cáñamo o pintura. Si las roscas se encuentran rotas o incompletas, deberá cortarse el tramo roscado y rehacerse la rosca.

El procedimiento a seguir en toda conexión roscada será el siguiente:

- Cepillar la rosca para eliminar rebabas o materiales extraños.
- Limpiar adecuadamente para eliminar la presencia de grasas o aceites.
- Envolver la rosca con cinta teflón de 0.075 mm, cubriéndola completamente y sin exceder de 6 vueltas.
- Apretar la conexión verificando que la cinta teflón no se retraiga fuera de la rosca.
- Verificar la alineación de la conexión para comprobar que el roscado ha sido correcto.

Instalación

Las tuberías de las instalaciones internas deberán quedar a salvo de daños mecánicos cuando crucen pasillos o lugares de tránsito de personas o vehículos. Cuando queden adosadas a las paredes, deberán sujetarse con abrazaderas, soportes o grapas adecuadas. Deberá existir una separación mínima de 20(cm) de conductos eléctricos.

No se admitirán curvas o dobleces en las tuberías rígidas, debiendo absorberse cualquier cambio de dirección por medio de accesorios. No se permitirán uniones en tramos rectos menores de 6(m) que no tenga desviación.

En el caso de tuberías empotradas o embebidas en muros o en pisos, se deberá proteger contra la corrosión con un medio adecuado, dependiendo de la naturaleza química del agente corrosivo.

Revestimiento

Cuando las tuberías o accesorios quedan en contacto con agentes o medios corrosivos, se deberán revestir con materiales resistentes a la corrosión, eliminando previamente toda presencia de óxido.

Para el efecto podrán utilizarse materiales bituminosos, fibra de vidrio o cintas plásticas que garanticen un aislamiento adecuado. Cualquier daño al revestimiento durante el transporte o la instalación de la tubería deberá repararse en forma inmediata. Cuando se trate de tubería o accesorios galvanizados que queden embebidos en paredes, la protección aislante consistirá en pintura de base asfáltica.

Prueba final de la tubería

Las tuberías de las instalaciones internas que operen por debajo de 100 psi (7 Kg/cm²) deberán ser probadas según su presión de operación, de acuerdo con la norma descrita por el DOT en su sección 192.509.

Las tuberías que van a ser operadas a más de 1(psi) o (0.07 Kg/cm²) deberán probarse a 90(psi) o (6.3 Kg/cm²), y aquellas que operen por debajo de 1(psi) se probarán a 30(psi) o (2.1 Kg/cm²). La presión de prueba deberá mantenerse constante por un tiempo mínimo de 1(h).

Tuberías soldadas

Aunque en el diseño del gasoducto urbano no se ha contemplado la construcción de líneas de acero de alta presión, a continuación, se hacen algunas recomendaciones de tipo general sobre el montaje de tuberías de acero con uniones soldadas, para eventuales instalaciones comerciales que requieran este tipo de tuberías.

Alineación de la tubería

Cada tubo a soldar se deberá alinear con por medio de un alineador exterior (canasta), o interior según el diámetro de la tubería. Para tuberías menores de 6 pulgadas podrá utilizarse un alineador exterior; en tuberías de diámetros mayores deberá utilizarse un alineador interior neumático. El tipo de alineador que se utilice según el caso, deberá tener la suficiente potencia para volver el extremo del tubo a su forma circular. Si los diámetros de los tubos que se están alineando tienen pequeñas diferencias, éstas podrán repetirse en todas las circunferencias, pero en ningún caso se permitirá una diferencia de alineación mayor de 1/16". La separación entre las caras planas de los biseles deberá ser aproximadamente de 1/16", de tal manera que se asegure una completa penetración de la soldadura.

Procedimiento de Soldado

El proceso de soldadura deberá ceñirse en un todo a lo dispuesto por la norma API-1104 para soldadura de tuberías en campo. Cuando la tubería sea de costura longitudinal, los tubos deberán girarse para evitar el alineamiento de dos costuras consecutivas, de tal forma que todas queden en la parte superior del tubo entre los 30 grados a cada lado del punto medio. Los biseles de la tubería deberán limpiarse antes de empezar a soldar eliminando toda materia extraña como aceite, tierra, rebabas, óxido, etc., que pueda afectar la calidad de la soldadura. Cada cordón de soldadura deberá limpiarse de impurezas antes de aplicar el cordón siguiente, utilizando para tal fin discos abrasivos en el primer pase y cepillo eléctrico en los siguientes.

Limpieza exterior y recubrimiento anticorrosivo

La superficie metálica de la tubería deberá limpiarse cuidadosamente antes de aplicar el imprimante, a fin de remover toda pintura, protección temporal o recubrimiento antiguo, escamas de óxido, residuos de soldadura, filos, protuberancias, grasas, humedad, polvo y cualquier otro material extraño.

Inmediatamente después de la limpieza de la superficie de la tubería se aplicará una capa uniforme de imprimante, compatible con el esmalte a utilizar. Durante la aplicación del imprimante, la tubería deberá estar limpia, seca y a una temperatura mínima de 2(°C), no permitiéndose la aplicación del imprimante en un tiempo lluvioso. Antes de aplicar el esmalte, éste se deberá calentar cuidadosamente hasta alcanzar la temperatura de aplicación especificada por el fabricante.

Una vez seco el imprimante y caliente el esmalte, se aplica sobre la tubería una capa de esmalte con un espesor de $2,4(\text{mm}) \pm 0,8(\text{mm})$, simultáneamente con las envolturas de refuerzo o protección especificada. El esmalte se debe aplicar de tal forma que se adhiera firmemente a la tubería imprimada en una película continua y sin roturas.

Para el dimensionamiento de las redes y el cálculo de capacidades de los equipos que serán instalados en desarrollo del Proyecto, se han tenido en cuenta los parámetros básicos definidos por los estándares internacionales y que permiten cuantificar la demanda probable y la expansión posible para un horizonte de 20 años. Tales parámetros se analizan a continuación:

Localización

Antes de iniciar el trazado de las redes de distribución en la zona, se procedió a diseñar una red troncal de interconexión y una serie de redes secundarias mediante una racionalización de los diámetros de las tuberías y disminución de costos en las obras civiles.

Consecuentemente, las redes de distribución se diseñaron bajo el esquema de lazo abierto (espina de pescado), decreciendo el diámetro a medida que se aleja de la fuente, debido a las condiciones de topografía de la zona.

Alcance

Para el Proyecto, las redes se diseñaron en forma tal que permiten cubrir la totalidad del perímetro las todas las veredas, llegando con las redes a cada una de las viviendas de la zona. Por razones sociales y oportunidad del servicio se instalará la red para atender a 510 usuarios localizados a lo largo de la zona.

Caracterización de la demanda

Para proceder al cálculo de la demanda potencial en el área de servicio (que constituye la base del diseño), se deben establecer los parámetros de

“Comportamiento Locacional”, es decir, los patrones que rigen el consumo en la zona. En estos patrones inciden los hábitos alimenticios, el clima, el tamaño de la vereda y el clima social.

Demanda doméstica

Considerando el sector doméstico, para el diseño de las redes se ha tomado en consideración únicamente la demanda derivada de la cocción de alimentos, con un porcentaje reducido para la utilización de hornos, siendo despreciable el uso correspondiente al calentamiento de agua debido al clima cálido de la región.

En términos generales, se han considerado los siguientes factores para la determinación de la demanda de gas para uso doméstico.

a. Número Total de Viviendas y Crecimiento Esperado. Se efectuaron las proyecciones necesarias con base en los datos censales de población y vivienda de planeación municipal, información obtenida del levantamiento, se determinó el total de viviendas proyectadas para el horizonte del Proyecto.

b. Número de Viviendas en Servicio o Factor de Penetración. Se estimó que un 100% de las viviendas recibirán el servicio. Este porcentaje es el resultado de la combinación del factor de accesibilidad (las redes logran cubrir la totalidad de las viviendas) y un factor de aceptabilidad (todas las viviendas adquieren el servicio).

c. Consumo Diario Probable. Las características del diseño de las redes dependen casi exclusivamente de este factor y por lo tanto su correcta definición incide en gran medida en el costo de la red de distribución.

Con base en las mediciones de campo, el comportamiento de usuarios similares en localización y estratificación socioeconómica, y por observación directa de las

equivalencias energéticas de los combustibles utilizados, así como por la utilización de estufas de 2 o 4 quemadores y otros artefactos a gas, se llega al consumo horario de tipo general.

Demanda Horaria para Consumo Doméstico

Demanda ponderada:	0.58m ³ /h
Factor de coincidencia:	0.30
Factor de simultaneidad:	1.00
Demanda horaria doméstica:	0.46m ³ /h

El valor básico del consumo horario es afectado por un factor de coincidencia, que consiste en la probabilidad matemática de que los usuarios utilicen el servicio al mismo tiempo, y un factor de simultaneidad que consiste igualmente en la probabilidad matemática de la utilización de más de un artefacto por cada usuario (Por ejemplo, la estufa y el horno, o más de un quemador de la estufa).

Para asegurar el suministro a todos los usuarios, aún en el evento en que pudieran presentarse consumos puntuales excepcionalmente altos o un crecimiento del consumo, una vez los usuarios disfruten del servicio y conozcan las ventajas del gas natural, se ha involucrado adicionalmente en el diseño de las redes, un factor de seguridad.

Estratificación Socio-Económica

El 100% de las viviendas están clasificadas en estrato uno (1) lo que da una idea del nivel socioeconómico del proyecto.

CRITERIOS DE DISEÑO

A continuación, se hace un análisis de los principales criterios utilizados para el diseño del sistema

CARACTERISTICAS DEL GAS

La composición del gas natural en Colombia varía para cada uno de los campos productores. La composición del gas es un dato básico para determinar otras propiedades, 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 y en problemas operacionales en la prestación del servicio. 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.

El gas natural a ser transportado por gasoducto debe cumplir con ciertas especificaciones de calidad establecidas en el Reglamento Único de Transporte (Resolución RUT 071 de 1999). En la tabla 1 se presentan los estándares de calidad establecidos en el RUT:

CALIDAD DEL GAS

Para el proyecto, en mención, se planea distribuir gas guajiro, el cual presenta la siguiente cromatografía y condiciones físico-químicas.

Propiedades fisicoquímicas del gas natural

COMPONENTE	FÓRMULA	COMPOSICIÓN PORCENTAJE MOLAR
Metano	CH ₄	98,033
Nitrógeno	N ₂	1
Dióxido de carbono	CO ₂	0,1299
Etano	C ₂ H ₆	0,2531
Propano		0,0619
Agua	H ₂ O	0,00
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	0,00
Hidrógeno	H ₂	0,00
Monóxido de carbono	CO	0,00
Oxígeno	O ₂	0,00
i-Butano	C ₄ H ₁₀	0,0197
n-Butano	C ₄ H ₁₀	0,0084
i-Pentano	C ₅ H ₁₂	0,0069
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	0,0015
n-Hexano	C ₆ H ₁₄	0,0152
n-Heptano	C ₇ H ₁₆	0,0
n-Octano	C ₈ H ₁₈	0,0
n-Nonano	C ₉ H ₂₀	0,0
n-Decano	C ₁₀ H ₂₂	0,0
Helio	He	0,0
Argón	Ar	0,0
	TOTAL	100

SELECCIÓN DE RUTAS

Una vez se cuenta con los planos la zona, se efectuó el trazado de la opción de la ruta de la red troncal, teniendo en cuenta los siguientes criterios, por razones de costo-beneficio:

- Cubrir la mayor cantidad de usuarios con la menor longitud de redes de distribución.
- Tener el menor número de cruces especiales.
- No interferir con redes de otros servicios.
- Evitar condiciones de servidumbre
- Evitar zonas inestables o de alto riesgo constructivo.

Con las anteriores consideraciones se efectuaron los trazados de las redes para las veredas, razón por la cual se puede asegurar que el diseño de la red, que se encuentra detallado en los planos anexos al presente documento, corresponde a una distribución óptima, con bajos costos constructivos y máximo aprovechamiento de las facilidades logísticas y de cubrimiento de usuarios.

ECUACIONES DE FLUJO

Existen varias ecuaciones de flujo que permiten predecir el comportamiento del gas a través de la red de troncal de 3" pulgadas de diámetro.

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 la red,

en este caso se utilizó la Ecuación de Flujo de distribución de IGT (Ecuación 2), 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 WEYMOUTH, obteniéndose datos similares.

Ecuación 2. Distribución de IGT para el flujo de gas en tuberías

$$Q_b = \left(0.6643 \frac{T_b}{P_b}\right) \left[\left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{T * L} \right) \right]^{\frac{5}{9}} \left(\frac{D^{\frac{8}{3}}}{G^{\frac{4}{9}} * \mu^{\frac{1}{9}}} \right)$$

Dónde:

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

T = Temperatura (°R)

P1 = Presión de entrada al sistema considerado, psi.

P2 = Presión de salida del sistema considerado, psi.

d = Diámetro interno de la tubería, pulgadas.

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

L = Longitud de la tubería, ft

DEFINICIÓN DE VARIABLES

Presión Máxima y Mínima de la Red

La máxima y mínima presión de operación del sistema de distribución depende del elemento a transportar por la misma, y el tipo de tubería a utilizar. Para el caso particular de las veredas del municipio de Yondó, el diseño contempló como combustible gas natural y el tipo de tubería es polietileno PBE 80 de 3" de diámetro para la red troncal de aproximadamente.

Tabla Presiones de operación

Gas Natural Combustible	Presión Máxima	Presión Mínima
Red Troncal	60 Psig	30 Psig
Redes de Distribución	60 psig	30 psig

Temperatura Mínima y Base

La temperatura mínima considerada en los cálculos de flujo de gas para el diseño de las redes de distribución es de 36°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.

La Temperatura base corresponde a las condiciones base, referencia o estándar de temperatura, es decir 15°C.

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 proyecto de masificación de gas para las veredas del municipio de Yondó, la gravedad específica del gas se tomó el valor promedio de 0.564 correspondiente a la cromatografía de gas ballena.

Presión Base

Corresponde a las condiciones base, referencia o estándar de presión es decir 14.65 psi.

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 depende de la rugosidad interna de la tubería y tiene un valor máximo de 1. Para tubería de polietileno de media densidad y cuyo estado sea nueva el factor a utilizar es de 0,97.

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 equipo o gasodoméstico, entendiéndose como gasodoméstico todo artefacto que funcione con gas como combustible. Se hace menor a medida que aumenta el número de usuarios.

Tabla. Factor de demanda o simultaneidad

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	0,45
2	0,8	12	0,63	22	0,54	32	0,51	42	0,47	70	0,43
3	0,78	13	0,62	23	0,54	33	0,5	43	0,47	80	0,42
4	0,76	14	0,61	24	0,53	34	0,5	44	0,47	90	0,41
5	0,74	15	0,6	25	0,53	35	0,5	45	0,47	100	0,4
6	0,72	16	0,59	26	0,53	36	0,49	46	0,47	200	0,38
7	0,7	17	0,58	27	0,52	37	0,49	47	0,46	300	0,36

8	0,68	18	0,57	28	0,52	38	0,49	48	0,46	400	0,33
9	0,66	19	0,56	29	0,52	39	0,48	49	0,46	500	0,3
10	0,65	20	0,55	30	0,51	40	0,48	50	0,46	1000	0,26

MEMORIAS DE CALCULOS

Los cálculos de ingeniería consignados en el presente documento, fueron desarrollados con fundamento en los criterios de diseño, parámetros normativos y especificaciones técnicas de construcción, implementación, ensayo, puesta en servicio, operación y mantenimiento de los sistemas de tuberías para el suministro domiciliario de Gas Natural por red local al corregimiento de San miguel del tigre del Municipio de Yondó, Departamento de Antioquia.

A continuación, se puede observar las memorias de cálculo obtenidas de la simulación realizada al diseño de la red de distribución, los parámetros que se relacionan son las condiciones de presión, caudal, diámetro de la tubería, longitud por cada nodo analizado, teniendo en cuenta conjunto de viviendas que se agruparon estratégicamente con el fin principalmente de no derivarse directamente de la troncal principal por parámetros técnicos, de operación y de reglamentación CREG.

Además se presenta los planos de diseño de la red de distribución donde se observa el trazado de la red de distribución de gas natural, detallando por nodo la presión y el caudal, y detalle por tubería de diámetro y longitud.

La simulación se realizó en el software GAsWorkS 9.0, bajo los estándares de la formula IGT, como se presenta en los planos anexos.

MEMORIAS DE CÁLCULO

Node Model Data Report: c:\program files (x86)\gasworks 9\files\yondófaseii

[illegible]

Anexo D Lista de chequeo para valoración de la red de distribución por parte de la UPME-Proyectos de Inversión Pública

 20 años Unidad de Planeación Minero Energética		 MinMinas Ministerio de Minas y Energía	
		Lista de Chequeo Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas FAER	
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO			
CÓDIGO	FAER-		
Nombre del proyecto			
Departamento			
Municipio			
Ejecutor del proyecto	DEFINIDO POR EL CAFAER		
Tipo de Proyecto	CONSTRUCCIÓN REDES DE DISTRIBUCIÓN		
REQUISITOS			
Requisito	SI/NO	Folio/Ruta	Descripción
Carta de Presentación	Sí		Es un documento que debe ser presentado por el representante legal del Operador de Red, de acuerdo al formato establecido en la presente guía, se debe indicar la fecha de elaboración.
Certificado proyecto Inscrito en el Banco de Proyectos Municipio	Sí		Documento expedido por la secretaria de planeación de su municipio, debe indicar la fecha de elaboración y el numero de registro en el BPIN, se sugiere utilizar el formato establecido en la presente guía.
Certificado de disponibilidad presupuestal para cofinanciación	Sí		Este certificado solo aplica cuando el proyecto requiera de cofinanciación esencialmente(pero no únicamente) en los casos indicados en la presente guía, se debe indicar el monto, la vigencia, No del CDP y el nombre del proyecto a cofinanciar.
Aval técnico y Financiero	Sí		Es un documento que debe ser presentado por el representante legal del Operador de Red, de acuerdo al formato establecido en la presente guía, se debe indicar la vigencia, fecha de elaboración y el No. De usuarios.
Metas cumplimiento Indicadores de: cobertura, recaudo, medición y de calidad	Sí		Esta información debe estar incluida en el aval técnico, tal y como se indica en el formato establecido en la presente guía.
Certificado del OR cumplimiento de especificaciones y normas técnicas de la nueva infraestructura eléctrica	Sí		Es un documento que debe ser presentado por el representante legal del Operador de Red, de acuerdo al formato establecido en la presente guía, se debe indicar la fecha de elaboración.
Certificación de manejo Predial y Ambiental	Sí		Es un documento que debe ser presentado por el representante legal del ente territorial donde se desarrolla el proyecto, con su respectiva presentación personal ante la autoridad competente, en el que se plasme el compromiso inequívoco e indeclinable de su parte para asumir los costos y/o gastos que se produzcan como resultado de la gestión predial (compra de predios, imposición de servidumbres) y ambiental (otención de licencia ambiental), necesario para la debida ejecución de los proyectos.
Acta de concertación	Sí		Es un documento que debe ser presentado conjuntamente por el representante legal del Operador de Red, la Entidad Territorial y las Juntas de Acción Comunal involucradas en el proyecto, de acuerdo al formato establecido en la presente guía, se debe indicar la fecha de elaboración.
Presupuesto de obras	Sí		Se sugiere utilizar el formato establecido en la presente guía, indicando las fuentes de financiación para cada una de las actividades.
A.P.U	Sí		Se sugiere utilizar el formato establecido en la presente guía, se deben tener en cuenta las recomendaciones realizadas en la presente guía.
Diseños/Memoria de Cálculo	Sí		Debe ser elaborado por el ingeniero diseñador e incluir los diagramas topológicos y cálculos de regulación. Ver ejemplo de la guía
Planos técnicos	Sí		Deben ser elaborados y firmados por el ingeniero diseñador y estar aprobados por el Operador de Red
Formulación y transmisión Metodología General Ajustada-DNP	Sí		
FINANCIACIÓN DEL PROYECTO			
COSTO TOTAL	\$		
Valor solicitado FAER			
Valor aportado Terceros			
EVALUACIÓN			
No de Usuarios directos a beneficiar:	0		
Costo por usuario para el FAER			
Firmas y Aprobación de Requisitos			
Revisión	Fecha	Firma	Observación
Estructurador - Formulador			
Supervisor 1			
Supervisor 2 (Si aplica)			
Supervisor Final			
Fecha:			