

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-  
BOYACA**

**MANUEL GEOVANI HIGUERA GARAVITO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICOQUIMICA  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA**

**2014**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-  
BOYACA**

**MANUEL GEOVANI HIGUERA GARAVITO**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el título de  
especialista en Gerencia de Hidrocarburos**

**Director:**

**Ing. NICOLAS SANTOS SANTOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICOQUIMICA  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA**

**2014**

*Con Todo mi AMOR.*

*Para mi hija Paula Salomé quien es el motor de mi vida quien me inspira a salir adelante, y seguir creciendo día a día, este logro es gracias a ti hija mía porque para cumplirlo tuvimos que dejar de compartir momentos muy especiales juntos, pero con tu sonrisa y ternura siempre me diste esa fuerza y animo que necesitaba para continuar y cumplir con la meta anhelada.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy infinitas gracias a Dios por darme la oportunidad de cumplir un nuevo logro en mi vida, y poderlo celebrar junto a toda mi familia.

Agradezco a mis padres por estar siempre junto a mí apoyándome en cada meta que me propongo.

Al amor de mi vida Maria Fernanda y a Juan Nicolás muchas gracias por la comprensión y el ánimo que me brindaron durante todo el proceso de la especialización.

A la Universidad Industrial de Santander por permitirle realizar esta especialización, y crecer profesionalmente en tan importante institución.

Al Ingeniero Nicolas Santos Santos por su orientación, apoyo y consejos para poder llevar a cabo esta monografía.

A los docentes de la especialización de Gerencia de Hidrocarburos por permitirme enriquecer mis conocimientos en el área de la administración y la gerencia en el sector de los hidrocarburos.

A todos los funcionarios de postgrados de la escuela de petróleos por su oportuna colaboración.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	18
1. GAS NATURAL.....	21
1.1 QUE ES EL GAS NATURAL.....	21
1.2 ORIGENES DEL GAS NATURAL.....	21
1.3 HISTORIA DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA.....	22
1.4 PRINCIPALES USOS DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA.....	23
1.5 VENTAJAS DEL GAS NATURAL.....	24
1.5.1 Ventajas Generales.....	24
1.5.2 Ventajas Operacionales.....	24
1.5.3 Ventajas Medioambientales.....	24
1.6 INFRAESTRUCTURA DE GAS NATURAL EN COLOMBIA.....	25
1.7 NORMATIVA Y PROCEDIMIENTOS.....	28
1.7.1 Constitución Política de Colombia.....	28
1.7.2 Congreso de la República.....	28
1.7.3 Ministerio de Hacienda y Crédito Público.....	28
1.7.4 Departamento Nacional de Planeación.....	29
1.7.5 Ministerio de Minas y Energía (MME).....	29
1.7.6 Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).....	29
1.7.7 Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).....	29
1.7.8 Consejo Nacional de Operación de Gas Natural (CNO-GAS).....	30
1.7.9 Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.....	30
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUIZA.....	31
2.1 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO.....	31
2.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	32
2.3 DIVISIÓN POLÍTICA.....	33
2.4 POBLACION.....	35
2.4.1 Crecimiento.....	36
2.4.2 Movilidad Poblacional.....	36

2.5 ECONOMIA.....	37
2.6 EDUCACION.....	37
2.7 INFRAESTRUCTURA VIAL .....	37
2.8 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES .....	38
2.8.1 Recursos Hídricos .....	38
2.8.2 Ecología.....	38
2.8.3 Limnología .....	38
2.8.4 Flora y Fauna.....	41
2.9 SALUD .....	42
2.10 AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO.....	42
2.10.1 Acueductos.....	42
2.10.1.1 Acueducto urbano.....	43
2.10.1.2 Acueducto rural .....	43
2.10.1.3 Cobertura .....	44
2.10.2 Alcantarillado.....	44
2.10.3 Aseo.....	45
2.11 INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL.....	45
2.12 VIVIENDA.....	46
2.13 SERVICIOS PUBLICOS .....	48
2.13.1 Energía Eléctrica. ....	48
2.13.2 Tecnología y Comunicaciones. ....	48
2.13.3 Gas Natural. ....	48
3. ESTUDIO SOCIOECONOMICO DEL AREA DEL PROYECTO .....	49
3.1 CLASIFICACIÓN DE EDIFICACIONES .....	50
3.2 TITULARIDAD DE EDIFICACIONES .....	51
3.3 SISTEMA CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES .....	52
3.4 GENERO DE LA POBLACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO .....	53
3.5 RANGOS DE EDAD DE LA POBLACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO .....	54

3.6 GRADO DE ESCOLARIDAD DE LA POBLACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	54
3.7 ACTIVIDAD ECONOMICA DE LA POBLACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO .....	55
3.8 GENERO DE LA POBLACIÓN TRABAJADORA DEL AREA DE ESTUDIO .....	56
3.9 INGRESOS MENSUALES DE LA POBLACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO .....	56
3.10 FRECUENCIA DE COCCIÓN DE ALIMENTOS DE LOS HABITANTES DEL AREA DE ESTUDIO.....	57
3.11 PRINCIPAL FUENTE DE ENERGIA UTILIZADA POR LOS HABITANTES DEL AREA DE ESTUDIO PARA COCINAR.....	59
3.12 CALIDAD DE LA FUENTE DE ENERGIA UTILIZADA PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS.....	60
3.13 COSTOS MENSUALES DE LA FUENTE DE ENERGIA UTILIZADA PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS.....	61
3.14 FRECUENCIA DE COMPRA DE LA FUENTE DE ENERGIA UTILIZADA PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS.....	63
3.15 CONSUMO PROMEDIO DE LEÑA MENSUAL POR USUARIO DEL AREA DEL PROYECTO.....	64
3.16 CONSECUENCIAS EN LA SALUD POR EL USO DE LA LEÑA COMO FUENTE DE ENERGIA.....	66
3.17 CONSUMO PROMEDIO DE GAS PROPANO MENSUAL POR USUARIO DEL AREA DEL PROYECTO.....	68
3.18 INTERES DE LA POBLACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA CHIQUIZA - BOYACA.....	69
4. DEMANDA OBJETIVO DEL PROYECTO.....	71
4.1 CALCULO DE LA DEMANDA DE GAS.....	71
4.1.1 Consumo mensual por usuario .....	71
4.1.2 Proyección de población y viviendas a 20 años .....	72
4.1.3 Calculo progresivo de usuarios vinculados .....	74
4.1.4 Proyección de la demanda de gas natural a 20 años .....	74

5. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS TECNICO – ECONOMICAS PARA EL SUMINISTRO DEL GAS NATURAL AL MUNICIPIO DE CHIQUIZA - BOYACÁ .....	76
5.1 PRODUCCIÓN .....	77
5.1.1 Gas Cusiana .....	78
5.1.1.1 Propiedades del Gas Cusiana .....	78
5.1.1.2 Transporte del Gas Cusiana.....	78
5.2 TRANSPORTE .....	80
5.2.1 Alternativa 1. Gasoducto en acero al carbono .....	81
5.2.1.1 Diseño del Gasoducto .....	81
5.2.1.2 Costos de Infraestructura .....	83
5.2.1.3 Costo del Gas Natural para Chiquiza (Boyacá). Alternativa 1 .....	86
5.2.1.4 Estudio económico y evaluación financiera. Alternativa 1 .....	88
5.2.2 Alternativa 2. Gasoducto virtual .....	92
5.2.2.1 Costo del GNC para Chiquiza (Boyacá) .....	93
5.2.2.2 Infraestructura de Transporte de GNC.....	99
5.2.2.3 Especificaciones técnicas Sistema de Gasoducto Virtual Galileo.....	101
5.2.2.4 Costos de Inversión del Sistema de Gasoducto Virtual Galileo .....	109
5.2.2.5 Estudio económico evaluación financiera. Alternativa 2.....	115
6.CONCLUSIONES .....	119
BLIBLIOGRAFIA.....	121

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Usos del Gas Natural .....	23
Tabla 2. Emisión de distintos Combustibles (términos del consumo energético)...	25
Tabla 3. Distribución de veredas.....	34
Tabla 4. Distribución de población por veredas. ....	35
Tabla 5. Dinámica poblacional 2005-2012.....	36
Tabla 6. Matricula por niveles 2012 .....	37
Tabla 7. Proyección de edificaciones a 20 años .....	73
Tabla 8. Proyección de consumo a 20 años .....	75
Tabla 9. Calidad del gas de Cusiana .....	78
Tabla 10. Composición del gas de Cusiana.....	78
Tabla 11. Información del gasoducto de referencia .....	85
Tabla 12. Costo de la inversión base para la alternativa 1 .....	86
Tabla 13. Costo total de la inversión para la alternativa 1 .....	86
Tabla 14. Precio Gas Boca de Pozo Cusiana .....	87
Tabla 15. Precio transporte gas ramales sur de Santander – Boyacá.....	87
Tabla 16. Costo comercialización Gas Natural de Cusiana .....	88
Tabla 17. Bases macroeconómicas para el proyecto. Alternativa 1.....	89
Tabla 18. Flujo de caja del proyecto Alternativa 1. ....	90
Tabla 19. Resultados financieros Alternativa 1. ....	91
Tabla 20. Costo unitario para el transporte de GNC, Sora – Chiquiza.....	96

Tabla 21. Costo comercialización GNC de Cusiana .....	98
Tabla 22. Costo unitario del GNC de Cusiana .....	99
Tabla 23. Especificaciones Estación Compresora .....	102
Tabla 24. Costos módulos de almacenamiento .....	111
Tabla 25. Costo de las plataformas de Almacenamiento de carga y descarga. ...	113
Tabla 26. Inversión por concepto de almacenamiento del GNC.....	114
Tabla 27. Bases macroeconómicas para el proyecto. Alternativa 2.....	115
Tabla 28. Inversión del proyecto .....	116
Tabla 29. Flujo de caja del proyecto Alternativa 2. ....	117
Tabla 30. Resultados financieros Alternativa 2. ....	118

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema regulatorio del sector del Gas Natural en Colombia. ....	28
Figura 2. Panorámica Centro Poblado de Chiquiza. ....	31
Figura 3. Panorámica Casco Urbano San Pedro de Iguaque. ....	32
Figura 4. Localización del Municipio de Chiquiza. ....	33
Figura 5. División Política del Municipio de Chiquiza. ....	34
Figura 6. Fotografía de la Laguna de Iguaque. ....	39
Figura 7. Fotografía de la Laguna de Iguaque. ....	40
Figura 8. Fotografía de Paisaje de Chiquiza. ....	42
Figura 9. Fotografía de Vivienda típica rural de Chiquiza. ....	47
Figura 10. Fotografía de Vivienda típica de la Cabecera Municipal de Chiquiza. ...	47
Figura 11. Fotografía de la cabecera municipal de Chiquiza. ....	49
Figura 12. Plano urbano de la cabecera municipal de Chiquiza. ....	50
Figura 13. Clasificación de edificaciones de la cabecera municipal de Chiquiza. ...	51
Figura 14. Titularidad de edificaciones de la cabecera municipal de Chiquiza. ....	52
Figura 15. Muros de edificaciones de la cabecera municipal de Chiquiza. ....	52
Figura 16. Cubierta de edificaciones de la cabecera municipal de Chiquiza. ....	53
Figura 17. Género de la población de la cabecera municipal de Chiquiza. ....	53
Figura 18. Rango de edad de la población de la cabecera municipal de Chiquiza. ....	54
Figura 19. Grado de escolaridad de la población de la cabecera municipal de Chiquiza. ....	55

Figura 20. Principal actividad económica de la población de la cabecera municipal de Chiquiza.....	55
Figura 21. Género de los trabajadores de la cabecera municipal de Chiquiza. ....	56
Figura 22. Promedio de ingresos mensuales de la población de la cabecera municipal de Chiquiza.....	57
Figura 23. Frecuencia de cocción de alimentos de los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza.....	58
Figura 24. Duración por cada cocción de alimentos. ....	59
Figura 25. Fuentes de energía utilizada por los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza para cocinar. ....	59
Figura 26. Principal fuente de energía utilizada por los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza para cocinar. ....	60
Figura 27. Calidad de la fuente de energía utilizada por los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza para cocinar. ....	61
Figura 28. Costo de fuentes de energía utilizadas para cocinar. ....	62
Figura 29. Clasificación del costo de las fuentes de energía utilizadas. ....	62
Figura 30. Frecuencia de compra de la fuente de energía. ....	63
Figura 31. Adquisición de fuentes de energía para la zona urbana de Chiquiza. ..	64
Figura 32. Cantidad de leña que consumen los usuarios mensualmente.....	65
Figura 33. Inversión mensual en leña que consumen los usuarios.....	66
Figura 34. Enfermedades respiratorias sufridas por los habitantes en el último año .....	67
Figura 35. Visitas médicas por enfermedades respiratorias sufridas por los habitantes en el último año. ....	67
Figura 36. Consumo promedio de Gas Propano en el área del proyecto. ....	68
Figura 37. Costos promedio de compra de Gas Propano en el área del proyecto.....	69

Figura 38. Mapa de los sistemas de transporte de gas natural (Gasoducto Cusiana – Porvenir -La Belleza y Gasoducto de Boyacá y Santander) .....	79
Figura 39. Mapa del Gasoducto Boyacá - Santander .....	80
Figura 40. Trazado del Gasoducto Sora (Boyacá) – Chiquiza (Boyacá).....	81
Figura 41. Trazado en relieve del Gasoducto Sora (Boyacá) – Chiquiza (Boyacá) .....	82
Figura 42. Flujo de Caja del proyecto Alternativa 1. ....	91
Figura 43. Proceso de funcionamiento del Gasoducto Virtual .....	99
Figura 44. Estación de Carga .....	101
Figura 45. Diagrama esquemático de los equipos presentes en una Estación de Carga.....	102
Figura 46. Unidad de compresión Microbox .....	103
Figura 47. Sistema de Transporte Hidráulico (STH-).....	104
Figura 48. Diagrama Tráiler ST2 (2 módulos MAT) .....	104
Figura 49. Diagrama esquemático de equipos de una Estación de GNC Remota .....	106
Figura 50. Diagrama Estación de GNC Remota .....	107
Figura 51. Módulos de Almacenamiento y Transporte (MAT).....	108
Figura 52. Plataforma de Almacenamiento y Carga (PAC).....	112
Figura 53. Plataforma de Almacenamiento y Descarga (PAD) .....	112
Figura 54. Detalle carga módulos desde las plataformas .....	113
Figura 55. Planta reductora de presión.....	109
Figura 56. Flujo de Caja del proyecto Alternativa 2. ....	118

## RESUMEN

**TITULO:**

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-BOYACA\*.

**AUTOR:**

HIGUERA GARAVITO, Manuel Geovani\*\*

**PALABRAS CLAVES:**

GNC, GLP, gasoducto virtual, Chiquiza, Cusiana.

**DESCRIPCIÓN:**

Este proyecto desarrolla todo lo relacionado con la factibilidad técnica y económica de suministrar gas domiciliario al municipio de Chiquiza (Boyacá), mediante la construcción de un sistema de abastecimiento de gas natural, ya sea por medio de un gasoducto convencional (líneas de acero al carbono), o gasoducto virtual (sistema de gas natural comprimido), y en la cual se tuvieron en cuenta todos los aspectos relevantes de la situación social y económica de los habitantes de la región, y la solución técnica más adecuada.

Con base en lo anterior se desarrolló en el municipio de Chiquiza, un estudio socioeconómico para conocer el estado actual de sus habitantes en cuanto a su situación social y económica, con el fin de determinar la necesidad de llevar a cabo en el municipio un proyecto de esta magnitud, adicionalmente se adelantó el estudio de mercado del gas natural domiciliario, para así poder conocer el nivel de interés que los pobladores tienen sobre el proyecto, y determinar la capacidad de pago de los posibles usuarios del sistema, con base en esto se calculó la demanda promedio del combustible, haciendo una proyección a 20 años.

Para los diseños de este proyecto se estableció como campo productor del gas natural el de Cusiana ubicado en el departamento de Casanare, debido a las facilidades de transporte y los costos de producción, partiendo de esto se analizaron las dos alternativas técnicamente más factibles para transportar el combustible hasta el municipio, y se procedió a analizarlas económicamente, dando como resultado que aunque las dos alternativas fueron técnicamente viables ninguna fue financieramente viable, debido a los altos costos de transporte, y a la baja demanda requerida por el municipio.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad Ingeniería Fisicoquímica, Escuela de Ingeniería de Petróleos  
Especialización en Gerencia de Hidrocarburos. Director: Ing. Nicolas Santos Santos.

## ABSTRACT

**TITLE:**

FEASIBILITY STUDY FOR THE CONSTRUCTION OF A GAS SUPPLY SYSTEM FOR NATURAL TOWNSHIP CHIQUIZA-BOYACA\*.

**AUTHOR:**

HIGUERA GARAVITO, Manuel Geovani\*\*

**KEYWORDS:**

CNG, LPG, virtual pipeline, Chiquiza, Cusiana.

**DESCRIPTION:**

This project develops everything related to the technical and economic feasibility of supplying domestic gas to the town of Chiquiza (Boyacá) , by building a system of supply of natural gas, either by means of a conventional pipeline (lines of carbon steel) or virtual pipeline system ( compressed natural gas), and in which all relevant aspects of the social and economic situation of the inhabitants of the region were taken into account , and the best technical solution .

Based on the above took place in the town of Chiquiza , a socio-economic study to determine the current status of the people in their social and economic situation in order to determine the need to carry out in the town draft this magnitude , further study of home natural gas forward market , in order to know the level of interest that people have about the project, and determine the ability to pay of potential users of the system , based on this calculated average demand of fuel, by projecting 20 years.

For the design of this project was established as a producer field of natural gas Cusiana located in the department of Casanare , due to transportation facilities and production costs , starting this both technically feasible alternatives were analyzed for transport fuel to the town , and proceeded to analyze economically , with the result that although both were technically viable alternatives none were financially viable , due to high transportation costs and low demand required by the municipality.

---

\* Degree work

\*\* Physico - Chemical Engineering Faculty, Petroleum Engineering School, Hydrocarbon Management Specialization. Directed by Nicolas Santos Santos.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos el gas natural se ha convertido en la fuente de energía más ventajosa para todas las comunidades, ya que además de ser un combustible limpio y de bajo costo, compite con todas las otras fuentes de energía, ya sea para la generación de electricidad, para el uso industrial, para el uso doméstico y para el transporte, en fin el gas natural se adapta a todas las necesidades modernas, y por tanto ofrece, a los países que lo poseen y explotan, una ventaja competitiva importante.

Es evidente que el incremento del uso del gas natural en todo el mundo, está directamente asociado a las ventajas operativas y medioambientales que posee respecto a los demás combustibles utilizados, ya que una de las grandes ventajas del gas natural son las bajas emisiones en su combustión, lo que lo clasifica mundialmente como la más limpia entre los combustibles industriales tradicionales.

Colombia ocupa el cuarto puesto en América Latina en cuanto a producción anual de gas natural, el país inició su desarrollo gasífero en la zona de la Guajira en el año 1974, y en los últimos años ha ido incrementando su utilización para el consumo doméstico en el territorio nacional, a tal punto que al día de hoy este combustible se ha convertido en uno de los actores principales de la canasta energética del país, lo que ha generado que su comercialización haya abarcado una gran parte del territorio colombiano, llegando a regiones apartadas del país y generando beneficio para los habitantes de cada región, no obstante aunque el crecimiento del gas natural para el uso doméstico ha sido muy acelerado y ha beneficiado a gran parte de los colombianos, vemos que aún existen municipios en el país que no cuentan con este servicio público, que se ha convertido de vital importancia para mejorar la calidad de vida de los habitantes, y uno de estos municipios es Chiquiza un municipio olvidado y poco conocido a nivel nacional, pero que está ubicado en el departamento de Boyacá a 30 minutos de la capital Boyacense, limita con municipios de gran reconocimiento nacional como Villa de Leyva, Arcabuco y Sachica, este es un municipio de características rurales que sus principales actividades económicas se basan en la agricultura y la ganadería, este municipio es de gran atractivo turístico debido a su paisaje, a sus lagunas y a su riqueza natural, a Chiquiza le pertenece el 58% del Parque Nacional Santuario de Fauna y Flora de Iguaque patrimonio natural y cultural de Colombia, un ecosistema de paramo único en el mundo, este santuario es de gran importancia para la región por que posee nacimientos de agua que proveen los sistemas de acueducto de agua potable de los municipios vecinos.

En este municipio se presentan numerosos problemas sociales, ambientales y económicos que afectan notablemente la vida de los habitantes de la región tales como que existe un alto nivel de contaminación ambiental, altos índices de deforestación por el uso y aprovechamiento indiscriminados de los recursos naturales que refleja una disminución progresiva de la calidad y cantidad del recurso hídrico de la región, se presentan altos índices de enfermedades respiratorias en el municipio, sobretodo en la población infantil, los habitantes tienen poco acceso y altos costos para el suministro de fuentes de energía para la cocción de alimentos, existen grandes inversiones departamentales y nacionales para la recuperación del ecosistema, el municipio se ha ido estancando en su desarrollo Industrial y comercial, se presenta una alta tasa de migración de habitantes del municipio hacia otras poblaciones.

Los problemas son consecuencia directa a que el municipio de Chiquiza no cuenta con una fuente de energía limpia y rentable, como lo es el gas Natural, por lo cual aproximadamente más del 90% de la población aun emplea leña como fuente de energía doméstica, y el 10% restante utiliza energía eléctrica, y GLP, lo que conlleva a que gran parte de los pobladores de la región se dediquen a actividades como el leñateo y la tala indiscriminada de árboles, con el agravante de que las especies taladas tienen características de bosque primario. Esta situación se presenta debido a que las empresas comercializadoras de gas natural no se han interesado por invertir en un proyecto de infraestructura en el municipio, a pesar de que los municipios circunvecinos si cuentan con este servicio público, y lo cual facilitaría la construcción de redes domiciliarias en Chiquiza, y aunque existen leyes ambientales que prohíben la tala de árboles, las autoridades ambientales no poseen la capacidad logística suficiente para controlar y evitar esta actividad, y además ha faltado la extensión , ejecución y divulgación de programas de concientización ambiental comunitaria. Debido a estas actividades y a la utilización de la leña como fuente de energía se han presentado enfermedades producidas por la inhalación de humos tóxicos y cenizas producto de la combustión de las maderas utilizadas en el municipio, y esta circunstancia se ha hecho inminente debido a la poca oferta de recursos energéticos limpios y económicos en el municipio, a pesar de la intención de los pobladores de la región de desarrollar proyectos industriales ya que se cuenta con materias primas, estos se abandonan debido a los altos costos y poca eficiencia en el proceso industrial.

De no realizar acciones inmediatas para mitigar los impactos que se están presentando se podrían agudizar los problemas actuales, tales como que los índices de morbilidad de enfermedades respiratorias en el municipio aumentarían significativamente, el ecosistema enfrentara mayores problemas ambientales por

deforestación y pérdida del recurso hídrico y los municipios cercanos se verían también afectados por el impacto ambiental del problema mencionado, conllevando a su vez a un problema de orden social y sanitario no solo municipal sino regional, afectando a su vez las actividades agrícolas y ganaderas que va ligado a la problemática de deserción de los habitantes del municipio hacia otras regiones.

En el Municipio de Chiquiza - Boyacá actualmente no se cuenta con un sistema de abastecimiento de Gas Natural, ni de ninguna otra fuente de energía que genere buenas condiciones ambientales y económicas para sus habitantes, lo que origina que los Chiquizanos aún se vean obligados a utilizar para sus labores domésticas y comerciales fuentes de energía altamente dañinas para el ambiente y su salud, conllevando adicionalmente a que debido a esto se presenten graves problemas sociales y económicos que no permiten que el Municipio crezca y se desarrolle.

Viendo esta problemática y con el ánimo de contribuir a mejorar la calidad de vida de una población, es que nace la iniciativa de elaborar un proyecto que demuestre que con las nuevas tecnologías y procesos que se adelantan actualmente en el país se puede obtener un sistema de abastecimiento de Gas Natural con gran posibilidad de que sea factible si se evalúan de manera detallada todos los aspectos que están originando la necesidad del proyecto, y si se elabora con el único objetivo de beneficiar y satisfacer las necesidades básicas de una comunidad, para lo cual se espera que después del análisis detallado de la situación actual de la comunidad y de las alternativas del proyecto optimizando los procesos para el transporte y la distribución del servicio, se logre identificar que la construcción de un proyecto de este tipo sea viable para el Municipio de Chiquiza, y de esta manera el gobierno local pueda gestionar, sustentar y conseguir recursos económicos para que la realidad de contar con una prestación de servicio del gas natural se logre en el Municipio y sus habitantes se beneficien con la prestación de un servicio público que requieren para mejorar su calidad de vida y el desarrollo de su región.

Por todo esto es que nace la necesidad de realizar el estudio de factibilidad para presentar un proyecto que analice las diferentes condiciones socioeconómicas y ambientales de la región, con el fin de solucionar las necesidades que tienen actualmente los habitantes del municipio de Chiquiza – Boyacá en cuanto al suministro de gas natural, verificando si existe la viabilidad para la construcción de un sistema de abastecimiento de gas natural para el municipio con la ayuda de los entes gubernamentales que apoyen el proyecto para beneficiar a una parte de los colombianos.

## **1. GAS NATURAL**

### **1.1 QUE ES EL GAS NATURAL**

Es una mezcla de gases de gran poder calorífico que se formó en las entrañas de la tierra a través de los años. El principal componente de esta mezcla es el metano. Los demás componentes, en pequeñas cantidades, son otros gases como el etano, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y vapor de agua, principalmente.

Se puede medir en unidades de volumen (metros cúbicos m<sup>3</sup> o pies cúbicos ft<sup>3</sup>) o de energía (kilovatio hora kWh o unidades caloríficas BTU).

### **1.2 ORIGENES DEL GAS NATURAL**

El gas natural, tal como el petróleo y el carbón, es un combustible fósil. El gas y el petróleo fueron formados hace millones de años, cuando plantas y animales principalmente microscópicos, conocidos como fitoplancton y zooplancton se depositaron en el fondo del mar y fueron enterrados por sedimentos. Las capas de sedimentos fueron acumulándose, originando un incremento de la presión y temperatura, lo cual convirtió la materia orgánica en compuestos de hidrógeno y oxígeno.

Una vez formado el gas y el petróleo, debido a la presión en el subsuelo, éstos se filtraron a través de fracturas y/o el espacio poroso de las rocas, migrando hacia las partes superiores del subsuelo, alcanzando en algunos casos la superficie. Donde las condiciones geológicas fueron apropiadas, estos hidrocarburos quedaron atrapados, no como en un lago sino dentro de los poros de la roca, a la cual se le denomina reservorio.

Los reservorios de gas natural, al igual que los reservorios de petróleo, están formados por rocas porosas y permeables ubicadas en el subsuelo. Un conjunto de reservorios similares constituye un yacimiento.

Los Yacimientos pueden ser:

- Asociado, cuando está mezclado con el crudo al ser extraído del yacimiento.
- Libre o no asociado, cuando se encuentra en un yacimiento, en el cual sólo contiene gas.

Por lo tanto, su composición, su gravedad específica, su peso molecular y su poder calorífico son diferentes en cada yacimiento. El rango de variación del poder calorífico está entre 900 y 1400 BTU/PC (BTU por pie cubico).

### **1.3 HISTORIA DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA**

En Colombia el desarrollo de la industria del gas natural es reciente. Aunque desde la década del 50 se realizaron algunos usos esporádicos y aislados de este combustible fue a mediados de los años 70's cuando comenzó su verdadero desarrollo gracias al gas descubierto en la Guajira y que entró en funcionamiento en 1977.

Luego de un largo período de bajo crecimiento, en 1986 se inició el programa “Gas para el cambio” que permitió ampliar el consumo de gas en las ciudades, realizar la interconexión nacional y tener nuevos hallazgos.

En 1993 el Gobierno Nacional decidió que ECOPETROL liderara la interconexión nacional, para lo cual dos años después comenzaron las conexiones entre los principales yacimientos y centros de consumo, mediante la construcción de más de 2.000 km de gasoductos que pasaron por el departamento de la Guajira, el centro y suroccidente del país y los Llanos orientales.

Con el fin de facilitar el acceso del gas natural a los estratos socioeconómicos más necesitados, en 1997 se creó el Fondo de Solidaridad y Redistribución de Ingresos.

Ese mismo año se separó la actividad de transporte de gas de ECOPETROL y se conformó la Empresa Colombiana de Gas – ECOGAS, que posteriormente se transformó en la Transportadora de Gas del Interior (TGI S.A. E.S.P.) cuando la Empresa de Energía de Bogotá (EEB) compró su mayoría accionaria en 2006.

Entre 1997 y 1998 se otorgaron concesiones de áreas de distribución exclusiva de gas para extender la cobertura del servicio en los Departamentos de Quindío, Caldas, Risaralda, Valle y Tolima.

El Gobierno Nacional interesado en promover el desarrollo de este energético en todo el país y de masificar su uso, estableció en el 2003 las “Estrategias para la dinamización y consolidación del gas natural en Colombia”, donde se formularon algunas estrategias y recomendaciones para lograr este objetivo.

Un año después se hizo lo mismo para masificar el Gas Natural Vehicular y se ordenó ofrecer condiciones económicas especiales (especialmente descuentos y

bonos) para beneficiar a quienes utilicen este combustible.

En el 2007 Ecopetrol, PDVSA (petrolera venezolana) y Chevron suscribieron un contrato mediante el cual determinaron las condiciones para compra y venta de gas natural entre Colombia y Venezuela durante los próximos 20 años.

#### 1.4 PRINCIPALES USOS DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA

El gas natural se utiliza como materia prima o como combustible en los sectores industrial, petroquímico, termoeléctrico, doméstico, comercial y de transporte terrestre. Sus principales usos por sector se muestran en la tabla No. 1.

**Tabla 1. Usos del Gas Natural**

Sector	Usos	
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Refinerías de petróleo</li> <li>- Industria del vidrio</li> <li>- Minas de ferroníquel</li> <li>- Industria alimenticia</li> <li>- Hierro y acero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulpa y papel</li> <li>- Industria del cemento</li> <li>- Cerámica</li> <li>- Industria textil</li> </ul>
Petroquímico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Urea</li> <li>- Alcoholes</li> <li>- MTBE</li> <li>- Etileno</li> <li>- ETC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nitrato de amonio</li> <li>- Aldehídos</li> <li>- Acetileno</li> <li>- Polietileno</li> </ul>
Termoeléctrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbogeneradores</li> <li>- Calderas (turbinas a vapor)</li> <li>- Plantas de ciclo combinado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantas de ciclo "STIG"</li> <li>- Plantas de cogeneración</li> <li>- Plantas de trigeneración</li> </ul>
Doméstico y comercial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cocinas</li> <li>- Secadoras de ropa</li> <li>- Refrigeración y acondicionamiento de aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calentadores de agua</li> <li>- Calefacción</li> <li>Restaurantes</li> <li>- Hoteles</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GNV - Gas Natural Vehicular comprimido en reemplazo de gasolina motor.</li> </ul>	

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

El uso del gas natural como combustible en los anteriores sectores, sustituye energéticos como la electricidad, GLP, ACPM, queroseno, fuel oil, crudos pesados y carbón en el área industrial; y electricidad, GLP, queroseno en el sector doméstico y comercial; y gasolina y diésel en el transporte.

## **1.5 VENTAJAS DEL GAS NATURAL**

### **1.5.1 Ventajas Generales.**

- El gas natural cuenta con un precio competitivo.
- Tiene varias ventajas operacionales frente a otros combustibles.
- Su combustión es mucho más limpia que la de otros combustibles, lo que facilita el cumplimiento de exigentes normas ambientales.
- Dada la limpieza de su combustión, permite explorar mercados a los que anteriormente era difícil ingresar por restricciones medioambientales.

### **1.5.2 Ventajas Operacionales.**

- El gas natural está disponible inmediatamente, liberando a las industrias de la necesidad de contar con grandes estanques de reserva, disminuyendo el riesgo que ello implica y el costo financiero.
- No requiere preparación previa a su utilización, como por ejemplo, calentarlo, pulverizarlo o bombearlo como ocurre con el petróleo o el carbón.
- Los equipos y quemadores de gas natural son fáciles de limpiar y conservar.
- La combustión del gas puede cesar instantáneamente tan pronto como cese la demanda de calor de los aparatos que lo utilizan, lo que lo hace muy adecuado para cargas variables e intermitentes.
- La regulación automática es sencilla y de gran precisión, manteniendo constante la temperatura o la presión al variar la carga.
- Para múltiples aplicaciones, el rendimiento de combustión es superior al de otros combustibles por permitir una regulación perfecta y constante del exceso de aire de combustión, la cual puede reducirse al mínimo.

Estas Ventajas Operacionales son importantes de considerar, ya que cada una de ellas representa un ahorro para la empresa.

### **1.5.3 Ventajas Medioambientales.**

La combustión del gas natural está clasificada mundialmente como la más limpia entre los combustibles industriales tradicionales. De hecho, las emisiones de material articulado cumplen con las normas internacionales más exigentes, sin

necesidad de invertir en equipos de tratamiento de gases. Una de las grandes ventajas del gas natural respecto a otros combustibles, son las bajas emisiones de su combustión, lo cual se puede ver en la tabla No. 2.

**Tabla 2. Emisión de distintos Combustibles (términos del consumo energético).**

<b>Combustible</b>	<b>MP Material Particulado</b>	<b>SOX Oxido de Sulfuro</b>	<b>NOX Óxido de Nitrógeno</b>
<b>Gas Natural</b>	1	1	1
<b>Gas de Ciudad</b>	3	61	0,5
<b>Gas Licuado</b>	1,4	23	2
<b>Kerosene</b>	3,4	269	1,5
<b>Diésel</b>	3,3	1.209	1,5
<b>Fuel Oil N° 5</b>	15	4.470	4
<b>Fuel Oil N° 6</b>	39,4	4.433,	4
<b>Carbón</b>	157	5.283	6
<b>Leña</b>	140	13	2

Fuente: [www.innergy.cl](http://www.innergy.cl)

### **1.6 INFRAESTRUCTURA DE GAS NATURAL EN COLOMBIA**

En Colombia hay varios campos de producción de gas natural actualmente el país cuenta con unos doce campos principales de producción de gas, localizados en cuatro regiones: Costa Atlántica, Santander, Llanos Orientales y en el Huila-Tolima, las cuencas de la Guajira y de los Llanos Orientales son las de mayor producción; en el primer trimestre de 2013 contribuyeron con alrededor del 50% y del 33% de la producción nacional respectivamente

El gas natural se transporta desde las zonas de producción hasta las zonas de consumo por medio del Sistema Nacional de Transporte (SNT). Según el decreto 1493 de 2003 del Ministerio de Minas y Energía, el SNT "es el conjunto de

gasoductos localizados en el territorio nacional, excluyendo conexiones y gasoductos dedicados, que vinculan los centros de producción de gas del país con las Puertas de Ciudad, Sistemas de Distribución, Usuarios No Regulados, Interconexiones Internacionales o Sistemas de Almacenamiento”.

Las empresas transportadoras de gas natural en Colombia son:

- Transportadora de Gas Internacional - TGI
- Promigas
- Promotora de Gases del Sur - Progasur
- Transportadora de Metano - Transmetano
- Transportadora Colombiana de Gas - Transcogas
- Sociedad Transportadora de Gas del Oriente - Transoriente
- Transportadora Gasoducto del Tolima - Transgastol
- Transoccidente
- Coinobras

En el ámbito nacional, ha sido importante el esfuerzo realizado por el Estado, a través de Ecopetrol, en la construcción de la red básica de gasoductos para conectar los centros de producción a los de demanda.

La participación del sector privado aportó los recursos financieros y tecnológicos para el desarrollo de las principales troncales de gasoductos que cada día hacen realidad el Programa de Masificación del Gas Natural.

En 1993, la disposición de la red nacional de gasoductos contaba con 584 kilómetros de propiedad de Ecopetrol ubicados en su mayoría al interior del país, y 1727 kilómetros de gasoductos privados, principalmente en la Costa Atlántica y los Santanderes

Esta estructura hacía del gas un recurso aprovechable únicamente a escala regional y es por ello que precisamente en la Costa Atlántica, Santander, Huila y parte del sur de Bogotá se desarrolló una cultura alrededor del gas natural, la cual ha servido para estructurar gran parte de su desarrollo en el ámbito nacional

El esfuerzo de masificación se tradujo en la construcción de 2788 kilómetros nuevos de infraestructura básica, desarrolladas entre 1995 y 1997. El reto era inmenso al igual que las inversiones requeridas. En efecto, Ecopetrol debió invertir en forma directa 277 millones de dólares (de 1996) y el sector privado, con el respaldo de la Empresa Estatal, 644 millones de dólares para un total de inversiones de 921 millones de dólares.

El reto continúa, puesto que en los próximos 20 años, la infraestructura para atender la demanda prevista de gas costara alrededor de 1200 millones de dólares

En conjunto, y sin contabilizar las inversiones en exploración y producción, las inversiones requeridas por el Programa de Masificación del gas natural ascienden a los 4350 millones de dólares, cifra considerable para adecuar un sector de servicios con una recuperación de capital a tasas de inversión social.

La Red Nacional de Transporte de gas natural, está compuesto por los siguientes sistemas

- De la Costa Atlántica: Conformado por el sistema troncal que vincula la conexión de los campos de gas natural de La Guajira, Córdoba y Sucre, con las puertas de ciudad localizadas en Riohacha, Santa Marta, Barranquilla, Cartagena, Sincelejo y Montería, incluyendo las conexiones de otros campos menores y los subsistemas que se conecten a esta troncal.
- Del Centro: Es la troncal que hace la conexión de los campos de gas natural de La Guajira con la puerta de ciudad de Barrancabermeja (Santander) y los subsistemas y ramales que se conecten a esta troncal.
- Del Interior: Está compuesto por el sistema troncal que vincula la conexión de los campos de gas natural de Casanare, Meta, Tolima, Huila, Santander, y otros existentes en el interior del país, con las ciudades de Villavicencio, Neiva, Medellín, Bucaramanga, Cali y Bogotá, entre otras.

## 1.7 NORMATIVA Y PROCEDIMIENTOS

Figura 1. Esquema regulatorio del sector del Gas Natural en Colombia.



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

### 1.7.1 Constitución Política de Colombia.

El Capítulo 5 de la Constitución Política de Colombia de 1991 hace referencia sobre la finalidad social del Estado y de los Servicios Públicos. El Artículo 365 plantea que "Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional".

### 1.7.2 Congreso de la República.

Por disposición del Artículo 150 de la Constitución Política de Colombia, en el numeral 23 se expresa que al Congreso de la República le corresponde "Expedir las leyes que regirán el ejercicio de las funciones públicas y la prestación de los servicios públicos".

### 1.7.3 Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

Su objetivo general es "Definir, formular y ejecutar la política económica del país, los planes generales, programas y proyectos relacionados con esta, así como la preparación de las leyes, y decretos y la regulación, en materia fiscal, tributaria,

aduanera, de crédito público, presupuestal, de tesorería, cooperativa, financiera, cambiaria, monetaria y crediticia, sin perjuicio de las atribuciones conferidas a la Junta Directiva del Banco de la República y las que ejerza a través de organismos adscritos o vinculados para el ejercicio de las actividades que correspondan a la intervención del estado en las actividades financieras, bursátil, aseguradora y cualquiera otra relacionada con el manejo, aprovechamiento e inversión de los recursos del ahorro público y el tesoro nacional de conformidad con la Constitución Política y la Ley". De esta manera direccionan e influencia las regulaciones del sector gas.

#### **1.7.4 Departamento Nacional de Planeación.**

Es el organismo en Colombia que diseña y controla las políticas de desarrollo económico, social y ambiental del país, en coordinación con los ministerios y los entes territoriales.

#### **1.7.5 Ministerio de Minas y Energía (MME).**

Es una entidad pública de carácter nacional del nivel superior ejecutivo central, cuya responsabilidad es la de administrar los recursos naturales no renovables del país asegurando su mejor y mayor utilización; la orientación en el uso y regulación de los mismos, garantizando su abastecimiento y velando por la protección de los recursos naturales del medio ambiente con el fin de garantizar su conservación y restauración y el desarrollo sostenible, de conformidad con los criterios de evaluación, seguimiento y manejo ambiental señalados por la autoridad ambiental competente.

#### **1.7.6 Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).**

Se encarga de "realizar la Planeación del desarrollo sostenible de los sectores de Minas y Energía de Colombia, para la formulación de las políticas de Estado y la toma de decisiones en beneficio del País, mediante el procesamiento y el análisis de información". En el sector del gas natural realiza planeación indicativa, adicionalmente elabora el Plan Energético Nacional y los planes sub sectoriales

#### **1.7.7 Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).**

Es el organismo encargado de regular los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas combustible de manera técnica, independiente y transparente, promoviendo el desarrollo sostenido de estos sectores, regulando

los monopolios, incentivando la competencia donde sea posible y atendiendo oportunamente las necesidades de los usuarios y las empresas de acuerdo con los criterios establecidos en la Ley.

#### **1.7.8 Consejo Nacional de Operación de Gas Natural (CNO-GAS).**

"Es un organismo asesor de la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, creado por la Ley 401 de 1997 y reglamentado por los Decretos 2225 de 2000 y 2282 de 2001 y tiene, entre otras funciones, la de buscar que la operación integrada del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural sea segura, confiable y económica".

#### **1.7.9 Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.**

Se encarga principalmente de velar por los intereses de los consumidores residenciales para controlar la prestación del servicio. Controla, vigila y fiscaliza las empresas del sector domiciliario, y tiene facultades para sancionar o intervenir cuando las empresas incumplan de manera reiterada las normas establecidas.

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUIZA

### 2.1 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO

El Municipio de Chiquiza también conocido como San Pedro de Iguaque hace parte de los 15 entes territoriales de la provincia centro del departamento de Boyacá, y está situado en la zona centro occidental de la provincia.

Chiquiza, se fundó alrededor del año 1556, y desde esa época la cabecera municipal funcionaba en lo que hoy es el centro poblado de Chiquiza, pero por ordenanza departamental 0027 de 2003, la cabecera municipal se trasladó a la vereda Patiecitos en el Sector de San Pedro de Iguaque, en este sector por su ubicación en el municipio se puede decir que es el punto centro, donde se reúne la mayor parte de la población para desarrollar actividades que tengan que ver con la administración municipal.

La extensión total del municipio es de 119.52 Km<sup>2</sup>, 95.81 Km<sup>2</sup> de área rural, y 23,71 Km<sup>2</sup> de área urbana, el área urbana del centro poblado de Chiquiza es de 12,41 Km<sup>2</sup>, y el área urbana de la cabecera municipal de San Pedro de Iguaque es de 11,3 Km<sup>2</sup>, y la altitud de la cabecera municipal es de 2900 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 15 grados centígrados °C, La estructura del área urbana está en proceso de formación espacialmente, son pocas las edificaciones existentes y propicia un buen análisis para su crecimiento y desarrollo.

**Figura 2. Panorámica Centro Poblado de Chiquiza.**



Fuente: Chiquiza Diagnostico 2012.

**Figura 3. Panorámica Casco Urbano San Pedro de Iguaque.**

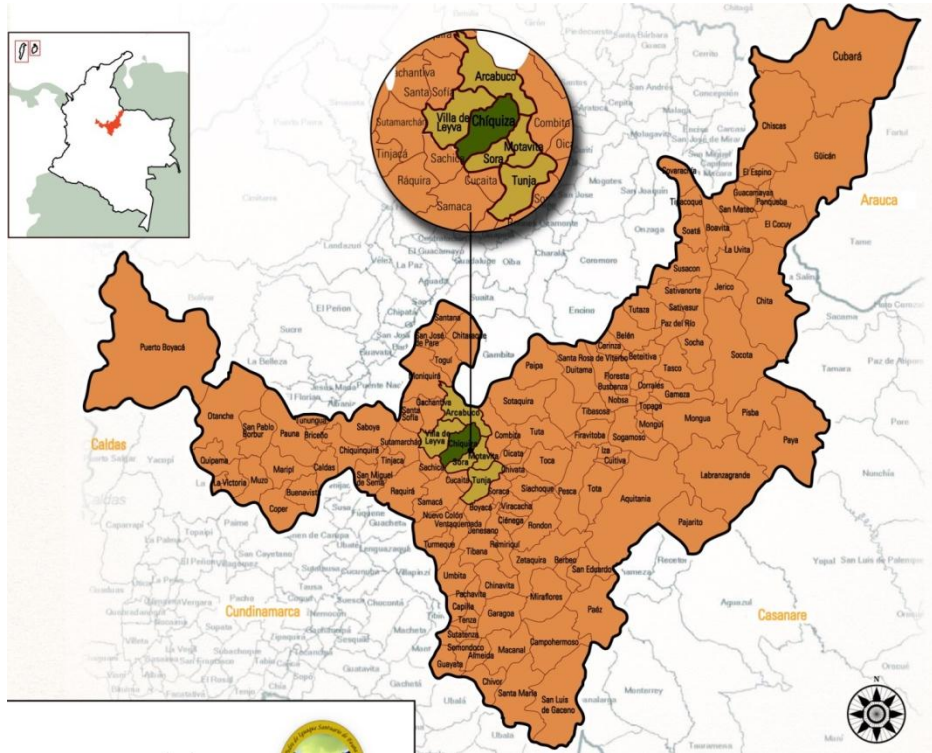


Fuente: Chiquiza Diagnostico 2012.

## **2.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA**

Chiquiza se encuentra ubicado a 24 km al noroccidente de la ciudad de Tunja, capital del Departamento de Boyacá, y a 154 km de la capital de la república, Bogotá, limita al norte con Arcabuco, al sur con Sora y Sáchica, al occidente con Villa de Leiva y al oriente con Motavita, y está localizado a 5° 36'30" de latitud norte y 73° 29'19" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

**Figura 4. Localización del Municipio de Chiquiza.**



Fuente: Chiquiza Diagnostico 2012.

### **2.3 DIVISIÓN POLÍTICA**

El municipio está conformado por 16 veredas, dos centros poblados y la cabecera Municipal, las veredas de mayor extensión son Cerro, Rio Abajo, Chiquiza y Patiecitos; estas veredas conforman el 48.5% de la extensión total del municipio, las otras 12 veredas ocupan una extensión de 51% y son Carrizal, Corregidor, Hondura, Juan Díaz, Laguneta, Llano grande, Monte, Puente piedra, Rondón, Sucre, Turmal y Vergara, tal y como se presenta en la tabla No. 3.

El centro poblado de Chiquiza, se encuentra ubicado a 8 Km. de la cabecera municipal de San Pedro de Iguaque conectado por una vía destapada en condiciones regulares por los derrumbes que se presentan en el camino y los puentes en madera que todavía existen y representan un grave peligro para el desplazamiento de los vehículos, la otra vía de acceso es por el sector de Boquerón en la vía que de Tunja conduce a Villa de Leyva, de igual forma por carretera destapada.

**Figura 5. División Política del Municipio de Chiquiza.**



Fuente: Chiquiza Diagnostico 2012.

**Tabla 3. Distribución de veredas.**

VEREDA		SUPERFICIE (Km2)
1	Carrizal	8.17
2	Cerro	20.33
3	Corregidor	5.39
4	Chiquiza Centro	12.41
5	Honduras	6.25
6	Juan Díaz	1.30
7	Laguneta	4.12
8	Llano Grande	3.78
9	Monte	6.77
10	Patiecitos	11.3
11	Puente de Piedra	3.38
12	Río abajo	14.43
13	Rondón	7.76
14	Sucre	5.04
15	Turmal	3.96
16	Vergara	5.13
<b>TOTAL</b>		<b>119.52</b>

Fuente: Plan de Desarrollo Chiquiza 2012-2015

## 2.4 POBLACION.

Teniendo en cuenta la proyección de población realizada por el DANE, para el año 2012 se tiene 5.659 habitantes, según la estrategia Sistema de Información Comunitaria SICAPS, para el municipio es de 4.845 habitantes y según la información de la base de datos SISBEN es de 5.111 habitantes, para este mismo año, con la siguiente distribución:

**Tabla 4. Distribución de población por veredas.**

<b>BARRIOS O VEREDAS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>
CASCO URBANO	258	127	131
CENTRO POBLADO	72	35	37
CHIQUIZA	383	199	184
VEREDA CARRIZAL	1.034	515	519
VEREDA CERRO	198	114	84
VEREDA CHIQUIZA	338	165	173
VEREDA CORREGIDOR	41	26	15
VEREDA HONDURA	125	65	60
VEREDA JUAN DIAZ	231	120	111
VEREDA LAGUNETA	223	126	97
VEREDA LLANO GRANDE	339	164	175
VEREDA MONTE	313	155	158
VEREDA PATIECITOS	247	134	113
VEREDA PUENTE PIEDRA	121	54	67
VEREDA RIO ABAJO	258	134	124
VEREDA RONDON	132	65	67
VEREDA SUCRE	179	95	84
VEREDA TURMAL	619	322	297
<b>TOTAL</b>	<b>5.111</b>	<b>2.615</b>	<b>2.496</b>

Fuente: Plan de Desarrollo Chiquiza 2012-2015

La distribución de género demuestra una diferencia del apenas del 1,17% entre hombres y mujeres con predominio del género masculino. Sin embargo en el área urbana hay más mujeres que hombres.

Se determina igualmente que es una población eminentemente rural con el 94,95% del total mientras que en el área urbana tan solo reside el 5,05%, se interpreta que la economía del municipio radica principalmente en la producción agropecuaria.

#### **2.4.1 Crecimiento.**

Según las estadísticas poblacionales del DANE, a partir del censo 2005, se tiene la información que se muestra en la tabla No. 5, a fin de determinar la dinámica poblacional en los últimos 8 años.

**Tabla 5. Dinámica poblacional 2005-2012.**

<b>Año</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Total</b>	6.073	6.012	5.955	5.899	5.839	5.781	5.722	5.659
<b>Hombres</b>	3.223	3.196	3.172	3.155	3.128	3.103	3.075	3.047
<b>Mujeres</b>	2.850	2.816	2.783	2.744	2.711	2.678	2.647	2.612

Fuente: Plan de Desarrollo Chiquiza 2012-2015

Como se interpreta el total de la población año tras año ha venido disminuyendo en un 6,82% en relación del año 2005 a 2012, de igual manera la relación del número de muertes en un 12,43% en los mismos años, en total 354 mujeres menos, si comparamos que la tasa de mortalidad es del 7,2% por cada mil habitantes tendremos número de defunciones de 20 habitantes, lo que significa que hay 354 mujeres que han emigrado del municipio por razones laborales, cambio de establecimientos educativos para sus hijos otros municipios.

De igual manera se puede evidenciar que la distribución por sexo se ha mantenido relativamente con la misma proporción es decir para el año 2005 era del 46,92%, para el año 2012 es de 48,77%, este pequeño incremento se evidencia por que ha nivelado la relación cantidad hombre – mujer, pero es evidente que el proceso en general va en línea decreciente.

#### **2.4.2 Movilidad Poblacional**

La movilidad poblacional en su gran mayoría se presenta hacia el centro del departamento de Boyacá, a la ciudad de Bogotá y un poco porcentaje al exterior, con fines institucionales, comerciales, de salud, otros negocios, fines educativos.

## 2.5 ECONOMIA

Los habitantes de esta región obtienen sus ingresos económicos de la venta de productos agrícolas y productos lácteos, Pastorean animales como ovejas, cerdos, ganado y cabras que luego son destinados para el sustento de la familia, cultivaban productos como maíz, papa, arveja, trigo, nabos, ibias, rubas, cebolla y tallos, que luego son comercializados en la ciudad de Tunja, o la ciudad de Bogotá.

## 2.6 EDUCACION

La educación como parte del desarrollo de la población se considera de gran importancia, el total de alumnos con cobertura oficial con corte al 10 de marzo del 2012 (según rectores del municipio, SIMAT) era de 1.135 alumnos.

**Tabla 6. Matricula por niveles 2012**

<b>Establecimiento</b>	<b>Transición</b>	<b>Básica primaria (1°-5°)</b>	<b>Básica secundaria (6°-9°)</b>	<b>Media técnica (10°-11°)</b>	<b>Total</b>
Institución educativa técnica san pedro de Iguaque (centro) y sedes	47	213	247	109	616
Institución técnica educativa el cerro (rural) y sedes	66	270	134	49	519
Total	113	483	381	158	1.135

Fuente: Plan de Desarrollo Chiquiza 2012-2015

## 2.7 INFRAESTRUCTURA VIAL

El municipio de Chiquiza presenta una densidad vial de 37 habitantes/Km. La red vial está conformada por vías principales y vías secundarias que en su conjunto llegan a 170 km, de las cuales un 33.6% se encuentran en buen estado, el 31.2% en regular estado y el 35.2% en mal estado. El municipio se encuentra en una situación de privilegio, al estar enmarcado por

dos vías nacionales, las cuales no ha podido aprovechar por las malas condiciones de sus vías internas. Se comunica con dichas vías de la siguiente manera:

De Chiquiza a la Vía Tunja - Villa de Leyva: 10 Km

De Chiquiza - Iguaque a la Vía Tunja - Bucaramanga: 21 Km

De Chiquiza a Tunja: 32 Km

De Iguaque a Tunja: 24 Km

## **2.8 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES**

### **2.8.1 Recursos Hídricos**

Chíquiza está beneficiada por las cuencas hidrográficas de los ríos Iguaque y Arcabuco, a los cuales afluyen abundantes quebradas y chorros, que en su gran mayoría son alimentados por lagunas que se ubican en la zona del Santuario de flora y fauna de San Pedro de Iguaque, y nacederos propios de los que se surten las diferentes veredas para sus acueductos. También las microcuencas del Ensaye Vereda de Carrizal, La Chorrera vereda de Turmal, Hierbabuena vereda de Corregidor. Que surten sus aguas al Río Iguaque; Las Microcuencas La Jabonera y la Veguita, que vierten sus aguas al Río Chíquiza.

### **2.8.2 Ecología**

Chíquiza presenta un relieve predominantemente quebrado, se ubica en las laderas de una estribación de la cordillera oriental que desciende del santuario de flora y fauna de San Pedro de Iguaque, la cual forma parte del anticlinal de Arcabuco.

Por el costado occidental de la localidad se ve un elevado cerro que arranca casi cerca de Sáchica, pasa por el vecindario de Villa de Leyva, por Iguaque, por Sotaquirá y continúa hacia la región norte de Boyacá.

En el cerro que colinda con Villa de Leyva se encuentran venados, conejos, zorros, tinajos y armadillos.

### **2.8.3 Limnología**

En Chiquiza se encuentra el Santuario de Flora y Fauna de San Pedro de Iguaque, en el cual se encuentran ocho lagunas, localizadas en el Cerro San Pedro, que se caracterizan por estar perpendiculares a la dirección del buzamiento

de las areniscas de la Formación Arcabuco, las cuales por su permeabilidad sirven como zona de recarga acuífera para la Lagunas.

Dichas Lagunas son: San Pedro o Iguaque, Empedrada, Carrizal, El Monte, La Negra, La Colorada, Cazadero y Ojo de Agua, ( de esta se trae un acueducto, por la construcción de un muro para aumentar la capacidad de embalsamiento se están ocasionando desequilibrios en los ecosistemas, especialmente por la aceleración de la eutroficación, proliferación de algunas especies juncos y cortaderas), se ubican en el ecosistema estratégico mencionado anteriormente, sobre los 3.600 m.s.n.m. y en ellas, nacen las Principales Quebradas que conforman la cuenca del Río Iguaque.

**Figura 6. Fotografía de la Laguna de Iguaque.**



Fuente: Plan de Desarrollo Chiquiza 2012-2015

**Figura 7. Fotografía de la Laguna de Iguaque.**



Fuente: Chiquiza Diagnostico 2012

En la parte alta se están disminuyendo especies como el frailejón, musgos y líquenes entre otras. Lo anterior no se debe al embalsamiento del agua, si no a la intervención directa del hombre, ya sea por la parte turística o por los pobladores cercanos a este sector, la comunidad que se beneficia del acueducto realiza mandatos para dar mantenimiento periódico al pequeño embalse.

Estas lagunas, son cuerpos de agua pequeños, que recogen las aguas de escorrentía e infiltración de la parte alta del ecosistema, están favorecidas por el buzamiento de las areniscas permeables de la formación Arcabuco, que sirven de zona de recarga; se encuentran sobre lodolitas rojas e impermeables de la misma formación, que represan el agua e impiden la infiltración; su importancia es histórica, por haber sido sitio sagrado en la mitología Chibcha.

El Santuario de Fauna y Flora de Iguaque tiene una extensión de 67.5 Km<sup>2</sup>, de los cuales el 97% se encuentran dentro del municipio de Chiquiza. A su vez representa un 52.3 % del área total del municipio; el área restante corresponde a los municipios de Villa de Leyva y Arcabuco. En la actualidad se encuentra bajo la coordinación de la Unidad Administrativa del Sistema de parques Nacionales Naturales del Ministerio del Medio Ambiente.

El Santuario tiene elevaciones que van desde los 2.400 msnm a los 3.800 msnm, su riqueza está representada en la flora y las abundantes corrientes de agua que surten los acueductos de poblaciones vecinas como Sáchica, San Pedro de Iguaque, (municipio al que pertenece en su mayoría), Santa Sofía, Gachantivá y Arcabuco.

#### **2.8.4 Flora y Fauna**

La vegetación del municipio de Chiquiza presenta gran diversidad y endemismo debido a las condiciones geomorfológicas y climáticas del área, las cuales le dan un gran valor ecológico y paisajístico, que unido a los valores históricos, culturales han hecho que una gran parte de este territorio haya sido declarada en el año 1977 como Parque nacional según el acuerdo 033 Resolución Presidencial 173 y bajo la denominación de “Santuario de Fauna y Flora Iguaque”.

En el área de las veredas Cerro, Río abajo y Honduras se encuentra gran diversidad de vegetación de clima frío y subpáramo, entre las cuales se destacan las principales especies: encenillo, cucharo, laurel, roble, rosea, pega mosco, romero, arrayán, cedro, siete cueros, cordoncillo, jarilla, pega pega (, chite, mortiño, espino, corono frailejón, chupa huevo, pajonal de páramo, quichés, Gauguin, guasquito, bejuco, guayacán, musgos y líquenes entre otros. Gracias a la diversidad vegetal, se encuentra una fauna silvestre abundante como faras, armadillo, tinajo, murciélagos, ardillas, zorro perruno, comadreja, venados, guache, águilas, pavas guaracheras, currucos, yátaros, dormilones, quinchas, carpinteros, perdices, palomas, alondras, copetones, azulejos y otros.

La conservación de estas especies animales y vegetales tienen una gran importancia debido a que cada día son menores las áreas alto andinas del país y en especial de la cordillera oriental que aún conserva esta oferta ambiental convirtiéndose en áreas de alto valor ambiental para la nación.

**Figura 8. Fotografía de Paisaje de Chiquiza.**



Fuente: Plan de Desarrollo Chiquiza 2012-2015

## **2.9 SALUD**

El ambiente son las circunstancias en las que vive el hombre y a las que debe adaptarse del mejor modo posible para estar sano. El alto índice de contaminación del municipio es la mayor fuente de enfermedades comunes que se presentan actualmente en la región.

## **2.10 AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO**

### **2.10.1 Acueductos**

El municipio de Chiquiza cuenta con fuentes abastecedoras de agua, suficientes para la población, sin embargo se ha tenido bastante deficiencia para la potabilización del agua tanto para el área urbana como los sistemas de acueductos rurales, la administración presente tiene visualizado promover en gran cobertura la calidad y la continuidad en el servicio de manera que se llegue a una cobertura total.

### **2.10.1.1 Acueducto urbano**

El agua que surte al municipio (área urbana, y las veredas de Lagunetas, Monte, Centro, Patiecitos), es captada directamente de la Laguna de San Pedro de Iguaque. De esta sale en tubería de 4", 3", 2" y 1" en PVC-RDE 21, cuenta con dos tanques de almacenamiento, uno ubicado cerca de la urbanización el mirador de San Pedro de Iguaque con una capacidad de 70 m<sup>3</sup>, construido en concreto reforzado y surte a el área urbana, un segundo tanque se encuentra ubicado a un costado de la vía que conduce a la vereda Monte, allí se localiza un sistema de bombeo que entrega su caudal a la vereda Laguneta, construido en concreto reforzado, Este tanque tiene una capacidad de 300 m<sup>3</sup>.

En la quebrada San Pedro ubicada en la vereda Rio Abajo inicia con una red de conducción a un primer tanque de almacenamiento con capacidad de 70 metros cúbicos ubicada en el centro urbano el cual surte a 92 casas y 288 habitantes en promedio, el servicio de acueducto se presta las 24 horas en el sector urbano.

Luego siguiendo la red principal de distribución se encuentra un segundo tanque de almacenamiento con una capacidad de almacenamiento de 250 metros cúbicos, hay mismo se encuentra ubicado un motor de impulse hacia la planta de tratamiento, y también surte a los 416 habitantes de la vereda Patiecitos.

En la planta de tratamiento se encuentra un tercer tanque de almacenamiento con una capacidad de 180 metros cúbicos que surte a los 428 habitantes de la vereda El Monte y a los 277 habitantes de la vereda Laguneta.

El servicio público de acueducto urbano es administrado por la Unidad de servicios públicos adscrita a la Alcaldía Municipal cuya junta está conformada por seis integrantes de los cuales dos terceras (2/3) partes corresponderán a la administración central, una tercera parte (1/3) a los usuarios o beneficiarios de los servicios públicos.

### **2.10.1.2 Acueducto rural**

En la actualidad el municipio de Chiquiza cuenta con 10 acueductos sin legalizar con aguas no aptas para el consumo humano en las diferentes veredas del municipio, se encuentran restos de acueductos los cuales alguna vez funcionaron pero debido a la inadecuada planeación y carencia de recursos para apropiar en la parte hidráulica están fuera de servicio y toda su estructura de redes en un deterioro avanzado.

Los sistemas de los acueductos rurales están en regular estado se presentan dificultades y debilidades en las redes de conducción en los desarenadores la mayoría no los tiene, falta de plantas de tratamiento de agua potable, protección de las fuentes, y de las áreas aledañas a estos acueductos, de igual manera las juntas administradoras de estos acueductos no están funcionando , presentan problemas para el suministro y control del servicio y presentan problemas de ilegalidad en cuanto que no están vigentes las concesiones de agua, no están aptas las condiciones de uso ambientales y el agua no es potable.

### **2.10.1.3 Cobertura**

En el área urbana la cobertura es del 100%, con la disponibilidad previendo el crecimiento paulatino de nuevos proyectos de vivienda, se debe propender por mantenerla sin embargo la prioridad para este sector es la calidad y este aspecto falta mucho tanto en el mantenimiento del sistema, adecuación del sistema como tal como en las condiciones propicias para garantizar una buena calidad en el suministro.

En el área rural existe una cobertura del 75,90% en relación con el número de suscriptores y las viviendas existentes.

### **2.10.2 Alcantarillado**

El EOT del municipio describe que el centro urbano de San Pedro de Iguaque dispone de alcantarillado. Los residuos son evacuados sin ningún tratamiento a una laguna de oxidación ubicada en la parte baja del centro urbano.

La prestación del servicio en el centro poblado de Chiquiza está a cargo del municipio, pero es casi inexistente mientras que en la cabecera Municipal de San Pedro Iguaque cubre 61 viviendas, el sistema tiene una longitud de 3500 metros, de los cuales se encuentran construidos 1500 metros en tubería de cemento.

El alcantarillado urbano está dividido en dos sectores, el primero corresponde al sector norte donde se ubica el puesto de policía, la alcaldía, el puesto de salud, la iglesia y algunas viviendas, las cuales son conducidas por una tubería de 24" hasta un pozo séptico ubicado en la parte baja, detrás de los predios de la alcaldía municipal. Existen algunas residencias que poseen pozo séptico particular.

El sector sur está conectado por una red de alcantarillado de 16", la cual sirve algunas viviendas cercanas a la cancha de básquetbol, otras viviendas distribuidas en forma diseminada. El colegio posee pozo séptico particular.

Las aguas residuales pertenecientes a la red (hacia el sector cercano a la quebrada Cañada), son conducidas en un trayecto de aproximadamente 200 m por medio de una manguera de 6"; estas se vierten sin un previo tratamiento.

El casco urbano dispone de alcantarillado, las aguas negras son conducidas en tubería de 16", a un pozo séptico ubicado en la parte baja detrás de los predios de la alcaldía municipal, la cobertura es del 99,99% y está proyectada a prestar servicio según el incremento de vivienda.

Es de anotar que en el casco urbano la gran mayoría de las viviendas poseen unidades sanitarias y están conectada al alcantarillado el cual es de tipo combinado y en la actualidad no se le hace ninguna clase de tratamiento.

En cuanto al área rural no existe sistema de alcantarillado, se trabaja el sistema individual de cada vivienda con pozo séptico y campo de infiltración que a la fecha se encuentran con este servicio aproximadamente 673 unidades sanitarias totalmente terminadas.

### **2.10.3 Aseo**

En el municipio no existen evidencias de aprovechamiento de residuos sólidos o programas de promoción de separación en la fuente, esto se puede dar porque la cabecera municipal es muy pequeña y sus habitantes, solo aprovechan los residuos orgánicos para ser usados como abono en los cultivos, los inorgánicos eran enterrados o aprovechados como combustibles para las estufas de carbón o de igual forma los residuos eran incinerados.

Hoy en día se siguen estas prácticas, pero son muchos los habitantes, que entregan sus residuos a la volqueta del municipio que hace la recolección una vez por semana.

La Alcaldía administra la prestación del servicio de recolección de basuras solo en el casco Urbano, y para la disposición final son llevadas a la ciudad de Tunja donde le hacen la disposición final.

## **2.11 INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL**

En cuanto a equipamiento municipal de edificaciones municipales, en San Pedro de Iguaque se encuentra construido el palacio municipal construcción nueva que presta servicios administrativos tanto en el primer como segundo piso, la cual requiere mantenimiento por el uso que se presta continuamente, no cuenta con

espacios suficientes para adecuar oficina de turismo y garajes para el parque automotor y maquinaria.

También está construido el complejo de servicios, a la cual se rehabilito para ponerla en funcionamiento, en este terreno también se encuentra el polideportivo municipal, se requiere adecuar espacios complementarios a estos servicios.

En cuanto a la morgue como infraestructura complementaria no está construida y se requiere ejecutar el proyecto para puesta en funcionamiento con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en las normas legales.

En el centro poblado de Chiquiza, se encuentran edificaciones que fueron utilizadas para el funcionamiento administrativo, los días martes la Administración municipal se desplaza a prestar servicios administrativos, de turismo y cultura; igualmente funciona la estación de policía de Chiquiza.

## **2.12 VIVIENDA**

La vivienda ha tenido poco desarrollo, las condiciones en que se encuentran son bastantes críticas, la mayoría de las viviendas están hechas en material de adobe o tapia pisada, teja de barro y con escasos de unidades sanitarias y de los espacios necesarios a fin de evitar el hacinamiento y los hechos sociales de familia que genera estas circunstancias.

El cuadro crítico que presenta la vivienda municipal se puede demostrar a través de los siguientes indicadores:

- 250 familias (dos de cada cinco familias) aproximadamente, no poseen vivienda propia.
- Las viviendas existentes presentan mal estado en un 22%, tienen muros en tapia pisada o adobe y pisos en tierra.
- Se presenta hacinamiento en el 70% de las viviendas.
- El 47% no dispone de servicio sanitario.

**Figura 9. Fotografía de Vivienda típica rural de Chiquiza.**



Fuente: Chiquiza Diagnostico 2012

**Figura 10. Fotografía de Vivienda típica de la Cabecera Municipal de Chiquiza.**



Fuente: Chiquiza Diagnostico 2012

## **2.13 SERVICIOS PUBLICOS**

### **2.13.1 Energía Eléctrica.**

El 80% de la población dispone del servicio de energía eléctrica. El restante 20% está ubicado en la vereda La Hondura que no posee servicio en razón de su dificultad económica y ubicación geográfica.

En el área urbana está el servicio de alumbrado público que presta la empresa de energía de Boyacá, con una cobertura del 70%, se espera extender redes a las salidas de los sectores que componen el territorio sobre las vías principales.

### **2.13.2 Tecnología y Comunicaciones.**

No existe servicio domiciliario de teléfonos, solamente hay dos puestos de Telecom en Chiquiza y San Pedro de Iguaque que sumada a la línea del Despacho del Alcalde, representan un teléfono por cada 2.029 habitantes Dentro de las políticas del gobierno nacional está proyectada la opción de incluir a 103 puntos por fibra óptica en el área urbana.

También está el servicio de telefonía móvil prestada por empresas privadas y esta con una cobertura del 100%. En el territorio.

### **2.13.3 Gas Natural.**

No se cuenta con este servicio en el territorio municipal, está en manos del gobierno nacional apoyar la ampliación y extensión de redes de cobertura nacional con el apoyo directo del departamento para conseguir este anhelado servicio, la mayoría de personas utiliza el cilindro de gas propano o la leña como principal combustible para cocción.

### 3. ESTUDIO SOCIOECONOMICO DEL AREA DEL PROYECTO

El presente estudio abarcará como zona de influencia directa la cabecera municipal de Chiquiza (Boyacá) que está ubicada en la vereda de Patiecitos en el sector conocido como San Pedro de Iguaque, en esta zona es donde funcionan las instalaciones de la administración municipal, y es el centro poblado con mayor densidad poblacional.

**Figura 11. Fotografía de la cabecera municipal de Chiquiza.**



Fuente: Chiquiza Diagnostico 2012

El área urbana de la cabecera municipal de San Pedro de Iguaque es de 11,3 Km<sup>2</sup>, donde residen 258 personas, y cuenta con 92 edificaciones, entre las que se encuentran viviendas, locales comerciales, alcaldía, el centro de salud e instituciones educativas.

Aunque actualmente la zona urbana de la cabecera municipal de Chiquiza cuenta con un área propicia para el crecimiento urbanístico del Municipio, esto no se ha desarrollado, ya que la construcción de vivienda es muy lenta, debido a que no han habido proyectos de vivienda que ayuden al progreso del municipio, por lo cual la estructura del área urbana está en proceso de formación espacialmente, son pocas las edificaciones existentes.

**Figura 12. Plano urbano de la cabecera municipal de Chiquiza.**



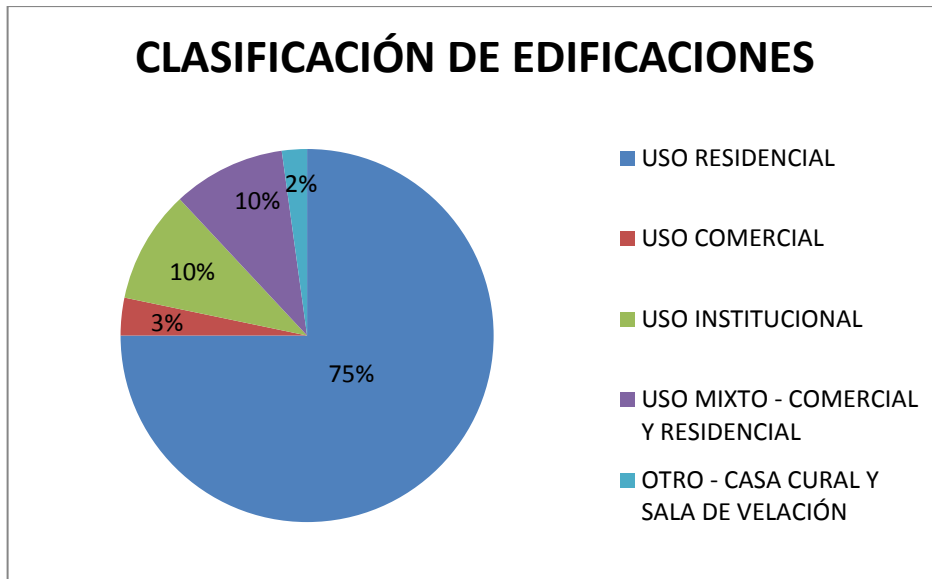
Fuente: Alcaldía de Chiquiza

Con el fin de determinar el estado actual tanto social como económico de la población ubicada en el área de influencia directa del estudio, se llevaron a cabo una serie de encuestas para conocer la necesidad del servicio de gas natural para este sector, y la posible demanda requerida para abastecer el servicio al 100% de los habitantes, adicionalmente identificar la capacidad de pago que tienen los posibles beneficiarios del proyecto.

### **3.1 CLASIFICACIÓN DE EDIFICACIONES**

Las 92 edificaciones con que cuenta la cabecera municipal de Chiquiza, están distribuidas en: edificaciones para uso exclusivo de vivienda, edificaciones para uso exclusivo de comercio, edificaciones con uso mixto donde funciona vivienda y comercio, edificaciones para el funcionamiento de las instituciones educativas, edificaciones para el funcionamiento de la administración municipal, y otras como un complejo de servicios, la estación de policía y la sala de velación. La distribución general se detalla en la figura No. 13.

**Figura 13. Clasificación de edificaciones de la cabecera municipal de Chiquiza.**



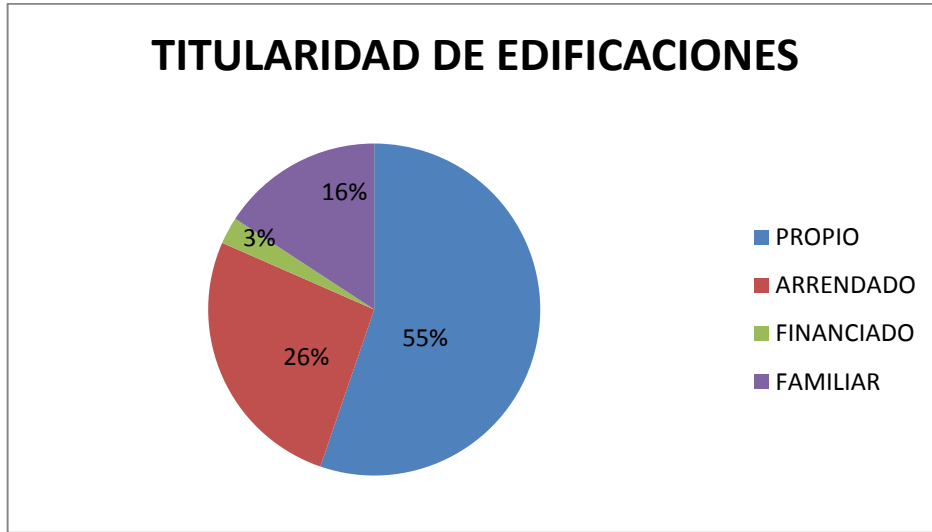
Fuente: Autor

Dentro de las 92 edificaciones existentes en la cabecera municipal de Chiquiza San Pedro de Iguaque existen 78 viviendas, 6 almacenes de víveres y abarrotes, 2 restaurantes, 2 panaderías, 1 supermercado, 1 papelería, las oficinas de la administración municipal, el centro de salud, 1 colegio, 1 escuela, 1 jardín infantil, 1 biblioteca, la inspección de policía, el juzgado, 1 complejo de servicios agroindustriales, la casa cural y la sala de velación del municipio.

### **3.2 TITULARIDAD DE EDIFICACIONES**

En cuanto a la titularidad de las edificaciones destinadas para vivienda y comercio, el estudio refleja que la mayor parte de los habitantes reside y/o trabaja en su propio inmueble 55%, mientras que un 26% vive y/o trabaja en edificaciones arrendadas, y tan solo un 16% vive y/o trabaja en edificaciones de algún familiar, como se puede ver en la figura No. 14.

**Figura 14. Titularidad de edificaciones de la cabecera municipal de Chiquiza.**



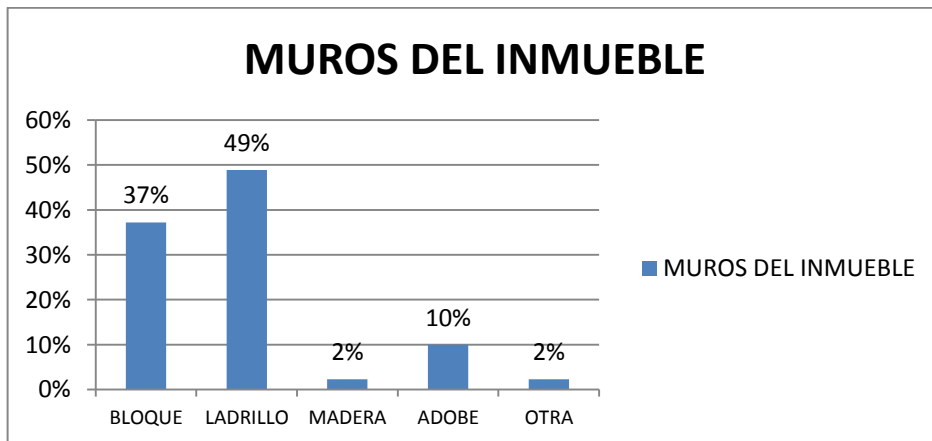
Fuente: Autor

### 3.3 SISTEMA CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES

El sistema constructivo de las edificaciones presentes en la zona varían mucho en cuanto a diseños y estructura, ya que no existe ningún tipo de estilo urbanístico que se deba conservar, y la construcción de cada vivienda es aprobada por la secretaria de planeación municipal, la mayor parte de las edificaciones son de 1 piso, pero también existen viviendas entre dos y tres pisos.

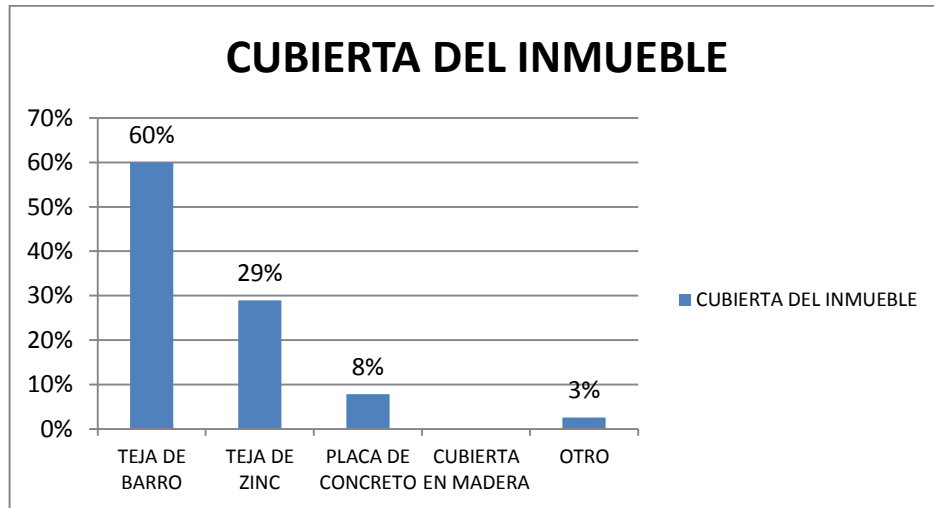
Los materiales de construcción utilizados para las edificaciones de la cabecera municipal de Chiquiza se detallan en las figuras No. 15 y No. 16.

**Figura 15. Muros de edificaciones de la cabecera municipal de Chiquiza.**



Fuente: Autor

**Figura 16. Cubierta de edificaciones de la cabecera municipal de Chiquiza.**



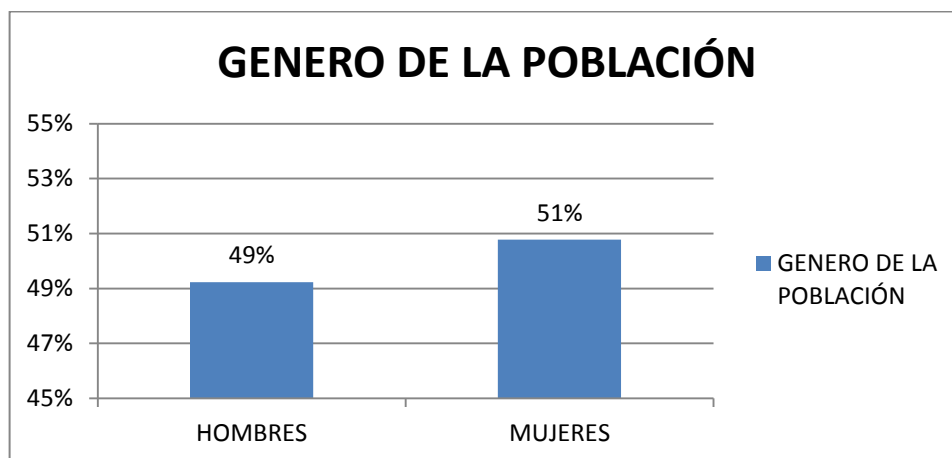
Fuente: Autor

El estudio nos arroja que en la cabecera municipal de Chiquiza predominan las viviendas de tipo rural construidas de un piso en ladrillo tolete común y en teja de barro. El promedio de habitantes por cada vivienda es de 4 personas, aunque en la actualidad existen algunas viviendas que se encuentran deshabitadas.

### 3.4 GENERO DE LA POBLACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

En general la población total de la cabecera municipal de Chiquiza es de 258 habitantes, los cuales corresponden al 51% de mujeres y al 49 de hombres, como se detalla en la figura No. 17.

**Figura 17. Género de la población de la cabecera municipal de Chiquiza.**



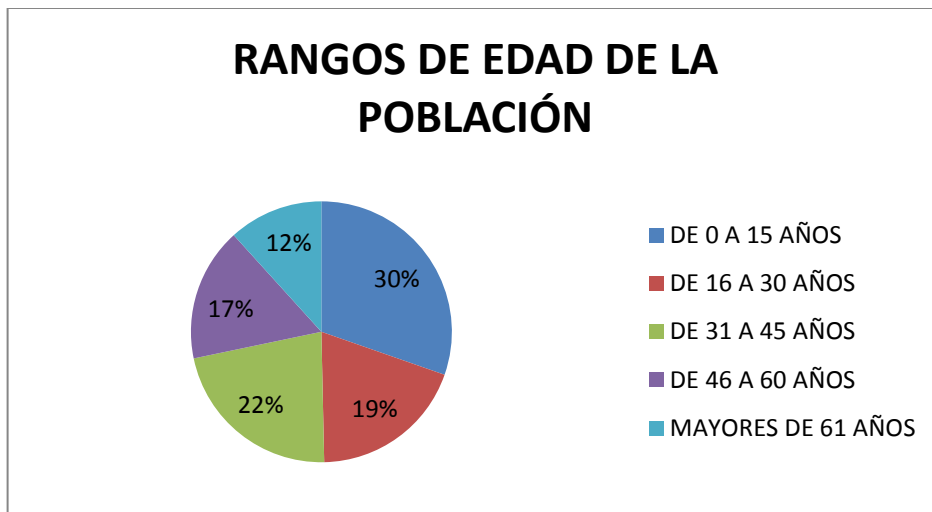
Fuente: Autor

De acuerdo con la figura No. 17 podemos ver que el 51% de los habitantes ósea 131 son mujeres, y el 49% 127 habitantes son hombres, aunque la brecha es muy corta, en este municipio siempre ha predominado el género femenino.

### 3.5 RANGOS DE EDAD DE LA POBLACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El promedio de edad de los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza está distribuido de acuerdo a como lo muestra la figura No. 18.

**Figura 18. Rango de edad de la población de la cabecera municipal de Chiquiza.**



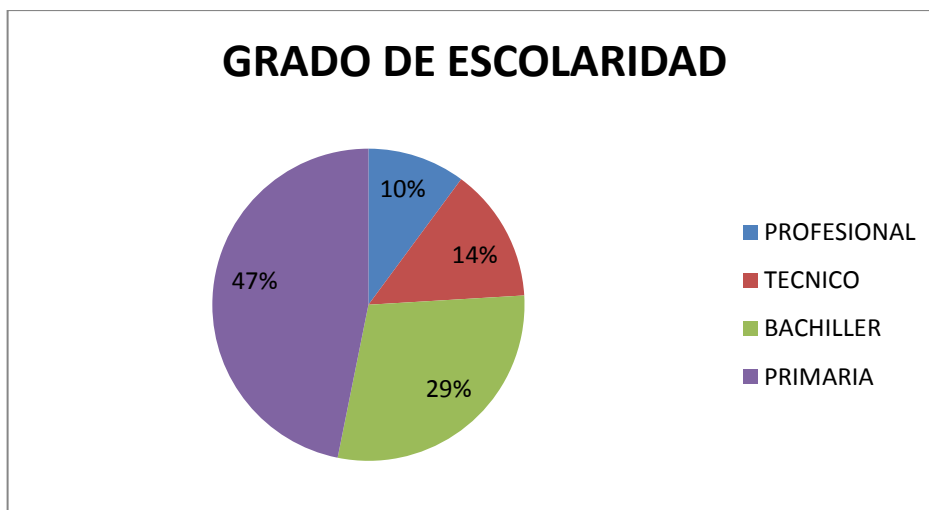
Fuente: Autor

La mayor parte de los habitantes son niños menores de 15 años, seguido por personas entre 31 y 45 años, esto es debido a la alta migración de los habitantes cuando terminan su educación secundaria, ya que se trasladan a ciudades como Tunja o Bogotá a continuar con sus estudios superiores o a buscar empleo, debido a las pocas posibilidades de empleo que ofrece la región, y finalmente de esta población que emigra muy pocos regresan nuevamente al municipio.

### 3.6 GRADO DE ESCOLARIDAD DE LA POBLACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Según el estudio la mayoría de los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza (47%) únicamente realizaron los estudios de básica primaria, y tan solo un porcentaje del 10% cuenta con una carrera profesional, como se observa en la figura No. 19.

**Figura 19. Grado de escolaridad de la población de la cabecera municipal de Chiquiza.**

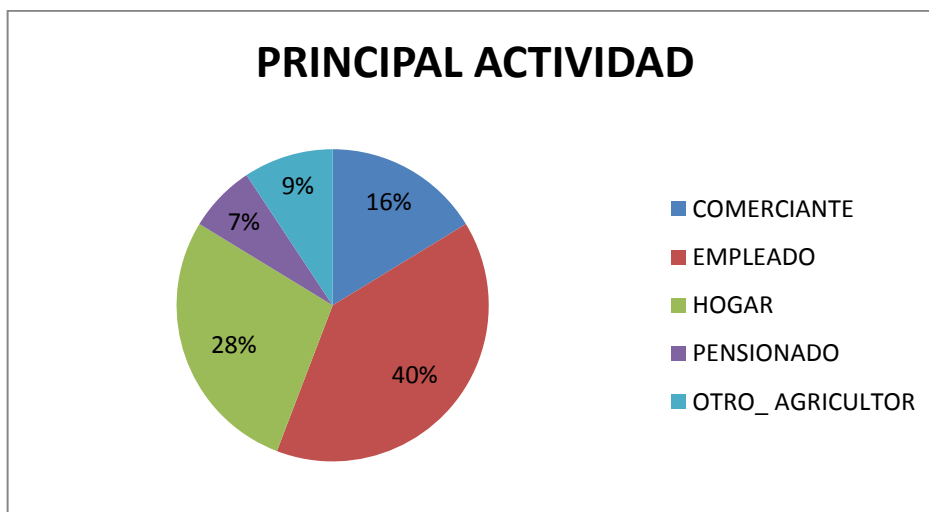


Fuente: Autor

### **3.7 ACTIVIDAD ECONOMICA DE LA POBLACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

Según el estudio de los 258 habitantes de la cabecera municipal tan solo el 38% trabaja, y las principales actividades económicas que desarrollan se encuentran detalladas en la figura No. 20.

**Figura 20. Principal actividad económica de la población de la cabecera municipal de Chiquiza.**



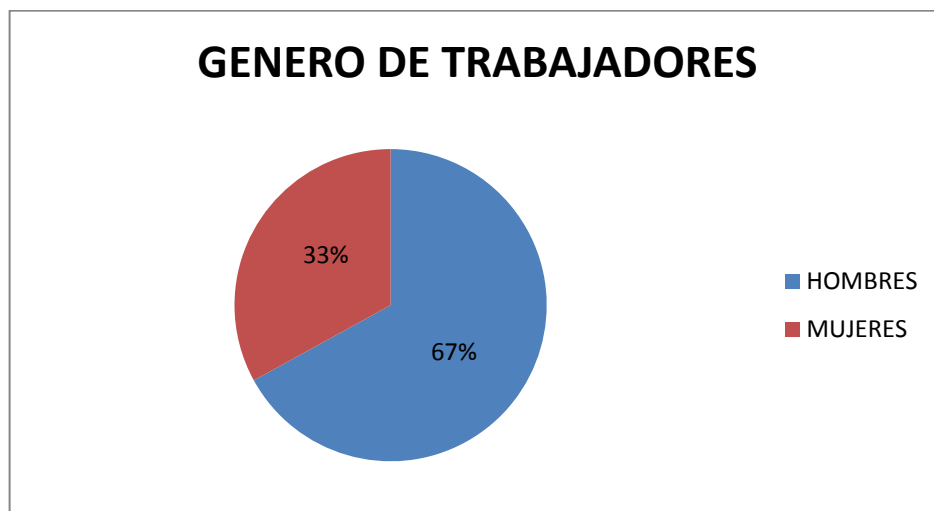
Fuente: Autor

La mayoría de los empleados trabajan con la administración municipal y un poco porcentaje trabaja en Tunja y viajan diariamente a desempeñar su trabajo.

### **3.8 GENERO DE LA POBLACIÓN TRABAJADORA DEL AREA DE ESTUDIO**

De las personas que laboran en la cabecera municipal de Chiquiza el 67% son hombres y el 33% son mujeres, aunque en esta zona predominan las mujeres, ellas únicamente tienen una participación de la tercera parte en el área laboral, la mayoría se dedica al hogar.

**Figura 21. Género de los trabajadores de la cabecera municipal de Chiquiza.**

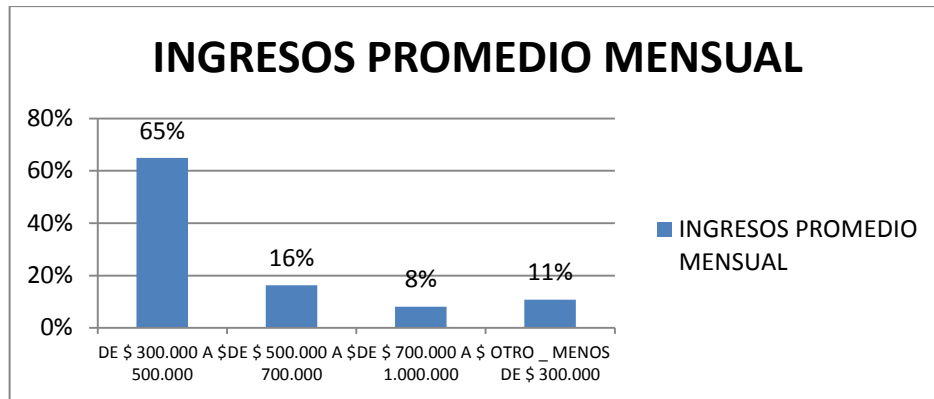


Fuente: Autor

### **3.9 INGRESOS MENSUALES DE LA POBLACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

Según el presente estudio los ingresos mensuales por núcleo familiar se encuentran en su mayoría (65%) por debajo del salario mínimo legal vigente, esto se debe a la falta de oportunidades laborales que hay en el municipio.

**Figura 22. Promedio de ingresos mensuales de la población de la cabecera municipal de Chiquiza.**



Fuente: Autor

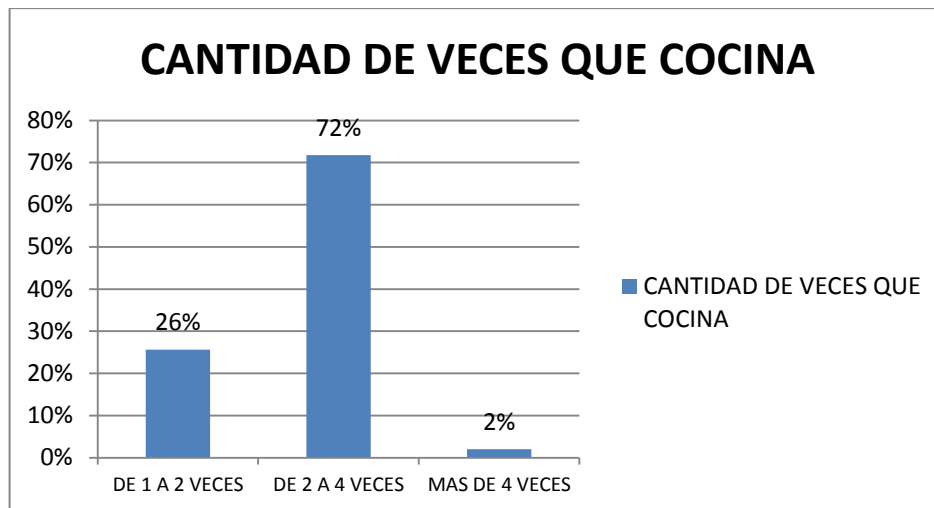
El salario promedio de los habitantes del área urbana del municipio de Chiquiza se encuentra sobre los \$ 500.000 pesos, tan solo el 8% de los habitantes indicaron que reciben ingresos mensuales por encima de salario mínimo legal vigente, sin embargo ningún encuestado reporto ingresos mayores al millón de pesos mensuales.

### **3.10 FRECUENCIA DE COCCIÓN DE ALIMENTOS DE LOS HABITANTES DEL AREA DE ESTUDIO**

Como se mencionó anteriormente, la población en el área urbana cuenta con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y electricidad, pero carecen de teléfono y gas natural.

Una de las actividades diarias más importantes para todas las personas tiene que ver con la cocción de los alimentos, sin embargo para los habitantes del municipio de Chiquiza esta actividad se les dificulta debido a la carencia del gas natural.

**Figura 23. Frecuencia de cocción de alimentos de los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza.**



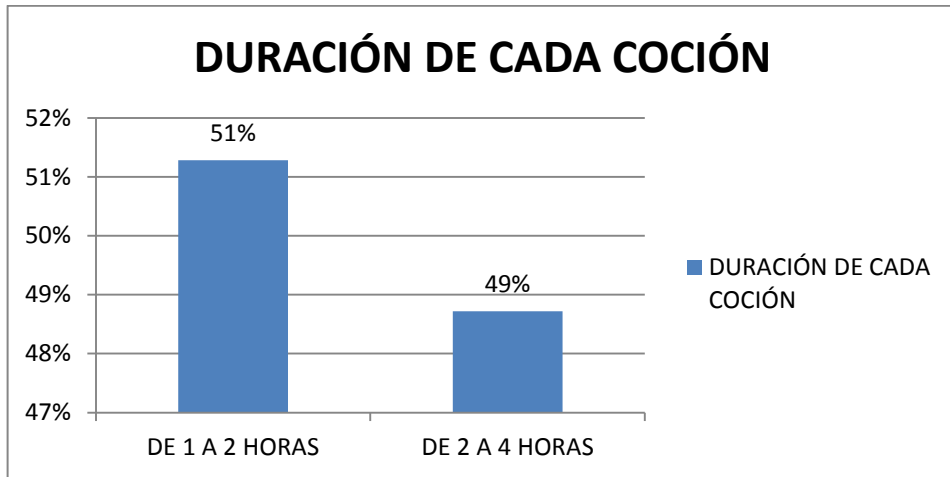
Fuente: Autor

La mayor parte de los habitantes (72%) cocinan alrededor de 2 a 4 veces diarias, y solo el 2% cocina más de cuatro veces al día, en general podemos decir que en promedio la mayoría de las familias cocinan las tres veces al día (desayuno, almuerzo y cena).

En la figura No. 24 se muestra la duración de cada cocción diaria que realizan las familias de la cabecera municipal de Chiquiza.

En promedio cada cocción dura aproximadamente 2 horas, lo que nos daría un total de 6 horas diarias de cocción por vivienda, una cuarta parte del día.

**Figura 24. Duración por cada cocción de alimentos.**

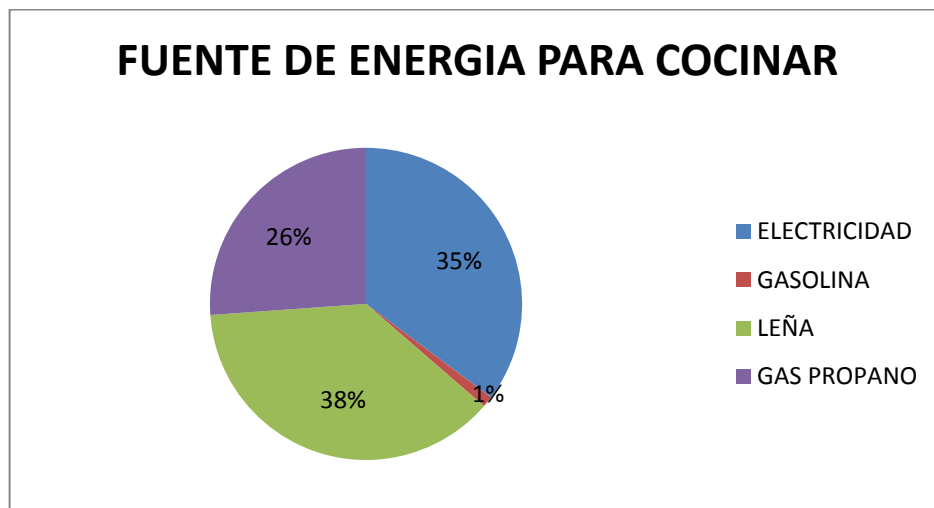


Fuente: Autor

### **3.11 PRINCIPAL FUENTE DE ENERGIA UTILIZADA POR LOS HABITANTES DEL AREA DE ESTUDIO PARA COCINAR**

Debido a la falta de suministro de gas natural en el municipio, los habitantes están utilizando otros tipos de fuentes de energía para realizar las actividades de cocción de alimentos, tal y como se muestra en la figura No. 25.

**Figura 25. Fuentes de energía utilizada por los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza para cocinar.**



Fuente: Autor

La mayor parte de la población (38%) de los habitantes de la zona urbana utiliza la leña como principal fuente de energía para cocinar, seguido por el 35% de la población que utiliza la electricidad y el 26% utiliza el gas propano.

**Figura 26. Principal fuente de energía utilizada por los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza para cocinar.**



Fuente: Chiquiza Diagnostico 2012

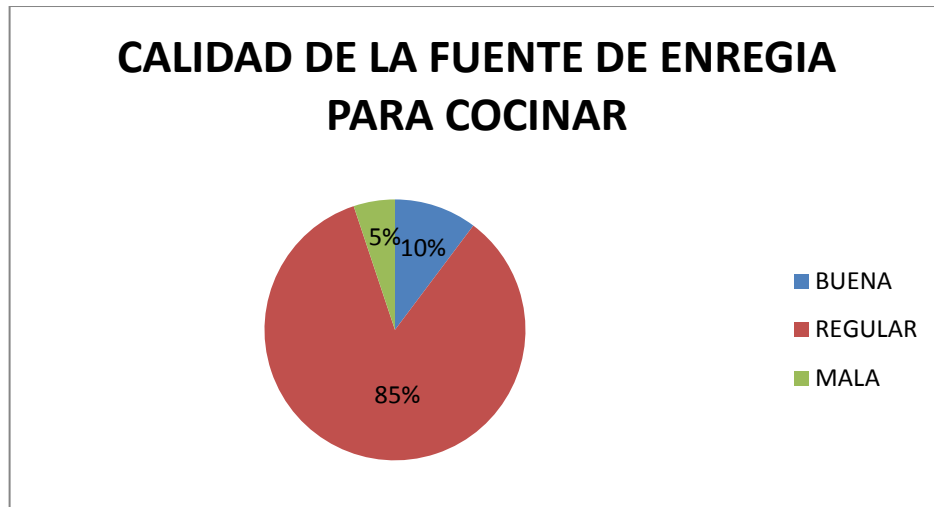
La leña como fuente de energía genera un alto nivel de contaminación ambiental, que produce enfermedades respiratorias, adicionalmente la tala indiscriminada de árboles origina un impacto ambiental que afecta en gran medida la calidad y cantidad del recurso hídrico de la región.

### **3.12 CALIDAD DE LA FUENTE DE ENERGIA UTILIZADA PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS.**

La mayoría de los habitantes, el 85% calificaron como regular la fuente de energía que utilizan para la cocción de sus alimentos, ya que en cuanto a la leña son conscientes del daño ambiental generado por la combustión y la deforestación que

esto genera, y en cuanto a la electricidad manifiestan que este servicio presenta constantes fallas debido a la poca capacidad que tiene el municipio, en cuanto energía eléctrica, y en cuanto al gas propano manifiestan que hay dificultad de acceso a este servicio en el municipio, y que los costos son muy elevados.

**Figura 27. Calidad de la fuente de energía utilizada por los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza para cocinar.**

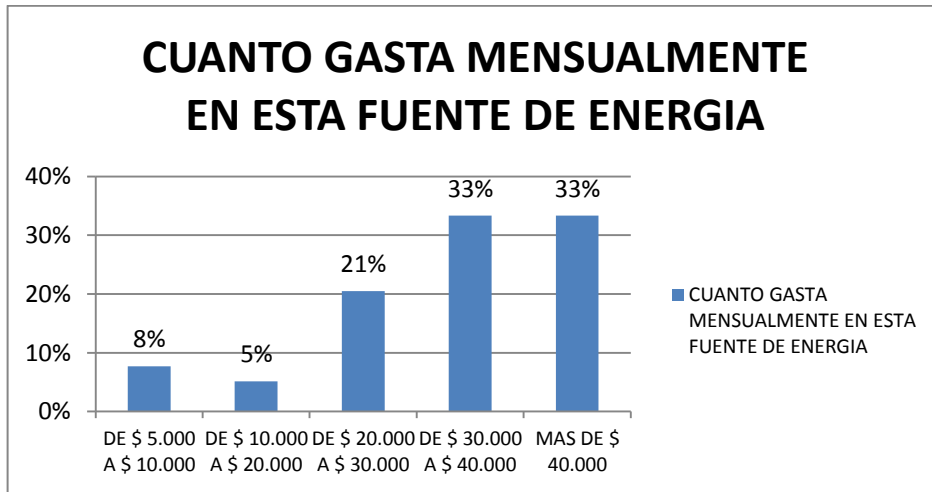


Fuente: Autor

### **3.13 COSTOS MENSUALES DE LA FUENTE DE ENERGIA UTILIZADA PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS.**

El análisis detallado de los costos que invierten los habitantes de la zona urbana del municipio, en las diferentes fuentes de energía para la cocción de alimentos se presenta en la figura No. 28.

**Figura 28. Costo de fuentes de energía utilizadas para cocinar.**



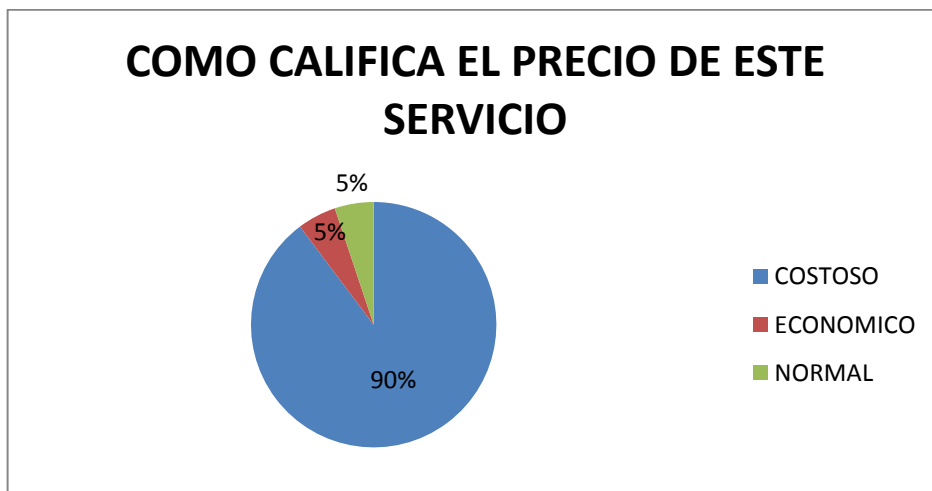
Fuente: Autor

El 66% de las familias de la zona del estudio invierten más de \$ 30.000 pesos al mes en la compra de las respectivas fuentes de energía para cocinar.

En general las fuentes de energía utilizadas en el municipio tanto en calidad como en precio son muy inferiores a las que ofrece el gas natural.

De acuerdo con el estudio realizado, y como se indica en la figura No. 29, el 90% de los habitantes de la zona de influencia directa del proyecto consideran que el costo que invierten para la compra de esta fuente de energía, es un costo muy elevado.

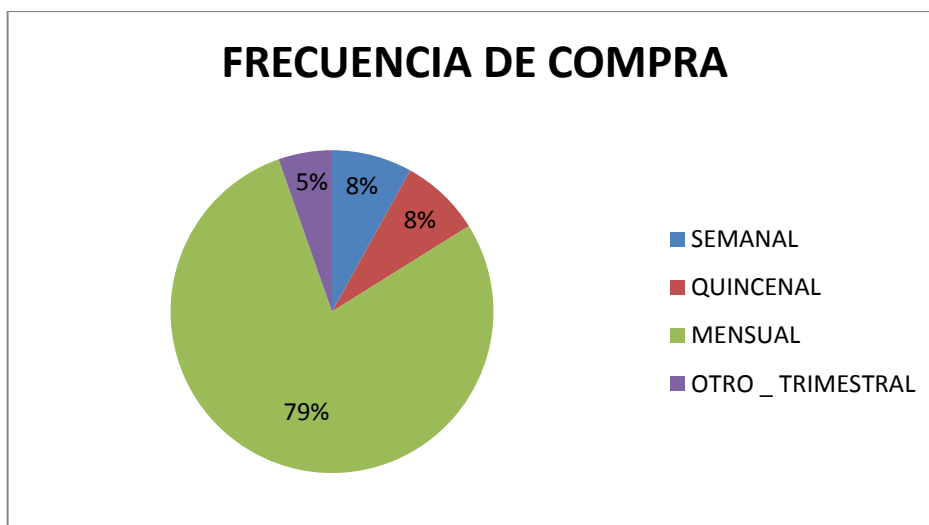
**Figura 29. Clasificación del costo de las fuentes de energía utilizadas.**



Fuente: Autor

### 3.14 FRECUENCIA DE COMPRA DE LA FUENTE DE ENERGIA UTILIZADA PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS.

Figura 30. Frecuencia de compra de la fuente de energí.a.



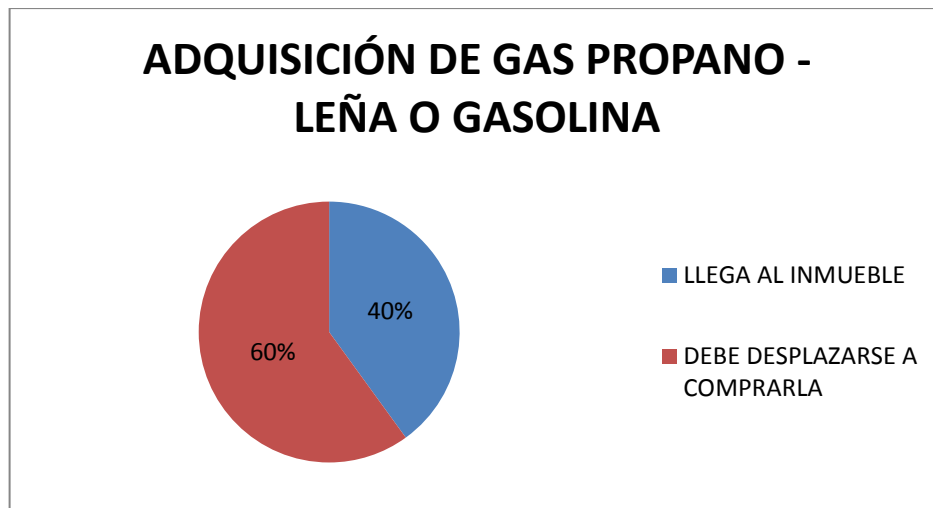
Fuente: Autor

La frecuencia con que los habitantes compran la fuente de energía para cocinar son las siguientes:

- El 79% de los habitantes de la cabecera municipal, indican que realizan la compra de este servicio mensualmente.
- El 8% de los habitantes de la cabecera municipal, indican que realizan la compra de este servicio semanalmente.
- El 8% de los habitantes de la cabecera municipal, indican que realizan la compra de este servicio quincenalmente.
- El 5% de los habitantes de la cabecera municipal, indican que realizan la compra de este servicio trimestralmente.

Para la compra de estas fuentes de energía el 60% de los usuarios manifiestan que deben desplazarse a un municipio cercano para la compra del insumo, mientras que el 40% indica que este servicio les llega directamente al inmueble como se muestra en la figura No. 31.

**Figura 31. Adquisición de fuentes de energía para la zona urbana de Chiquiza.**



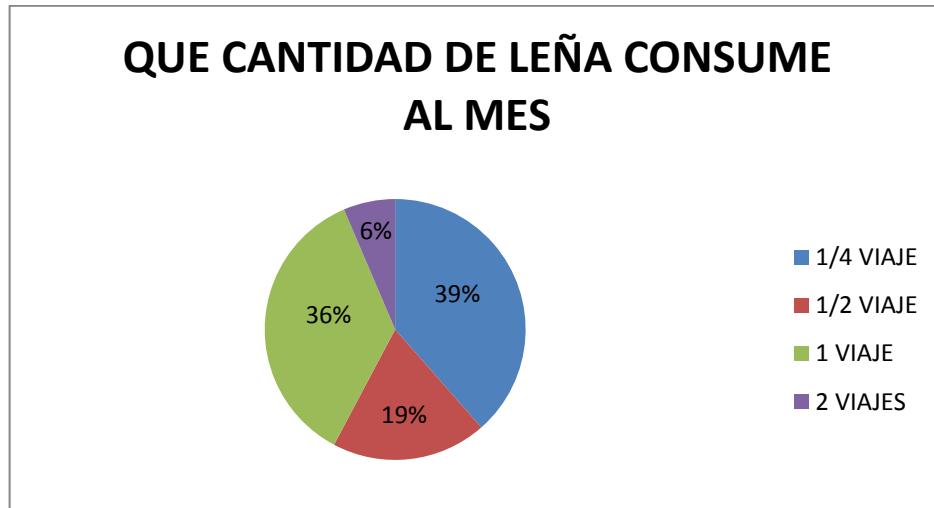
Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente se evidencia que el porcentaje de usuarios que deben desplazarse hacia otras poblaciones en búsqueda de la fuente de energía es muy alto, y esto genera un problema social y económico, debido al desplazamiento para la búsqueda del insumo, que incrementan los costos.

### **3.15 CONSUMO PROMEDIO DE LEÑA MENSUAL POR USUARIO DEL AREA DEL PROYECTO.**

En la cabecera municipal la fuente de energía más utilizada para cocinar es la producida por la combustión de la leña (38%), a su vez esta fuente de energía es la que resulta más dañina y más costosa para los habitantes del municipio, sin embargo es la más común debido a su fácil consecución, ya que el municipio posee una gran reserva forestal, en la figura No. 32 se presenta la cantidad aproximada de leña que consumen los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza mensualmente.

**Figura 32. Cantidad de leña que consumen los usuarios mensualmente.**

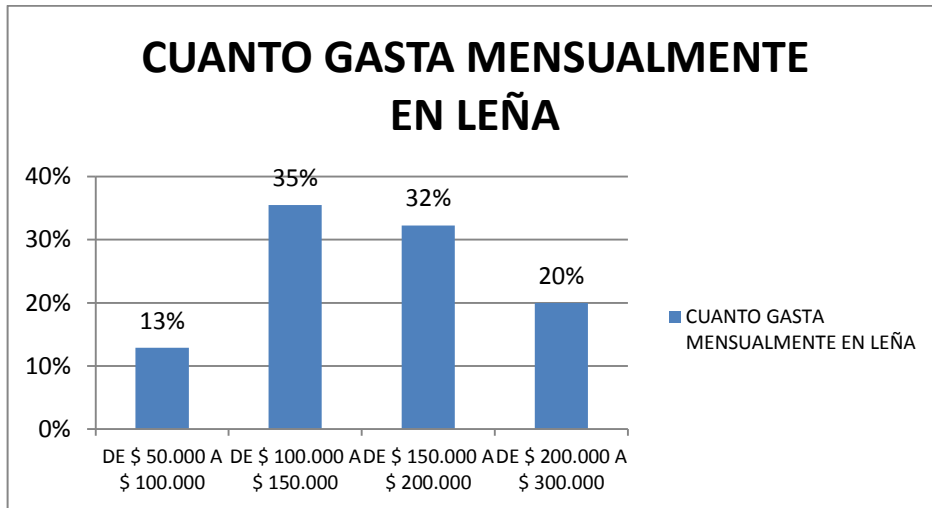


Fuente: Autor

Según el estudio, en promedio un 39% de los habitantes que utilizan la leña como su fuente de energía están consumiendo alrededor de un cuarto de viaje de leña al mes, aproximadamente 4 m<sup>3</sup>, y un 36% está consumiendo un viaje completo, aproximadamente 16 m<sup>3</sup> de leña al mes, esto es una gran cantidad si se considera la tala de árboles que se debe realizar para satisfacer la demanda de los habitantes.

A parte de que la leña resulta una fuente de energía poco amigable con el medio ambiente, también es considerada como una de las más costosas, ya que como se muestra en la figura No. 33 el promedio de dinero que los habitantes de este sector invierten mensualmente para la compra de la leña que utilizan para cocinar esta entre \$100.000 y \$200.000 pesos, esto se debe a que no existe un mercado fijo para este producto, si no que depende del precio que cada dueño de la finca decida cobrar por su leña, más los costos de mano de obra por el leñateo, y el costo de transporte que es lo que más incrementa el valor del producto, ya que es necesario contratar un camión para transportar la leña hasta la vivienda.

**Figura 33. Inversión mensual en leña que consumen los usuarios.**



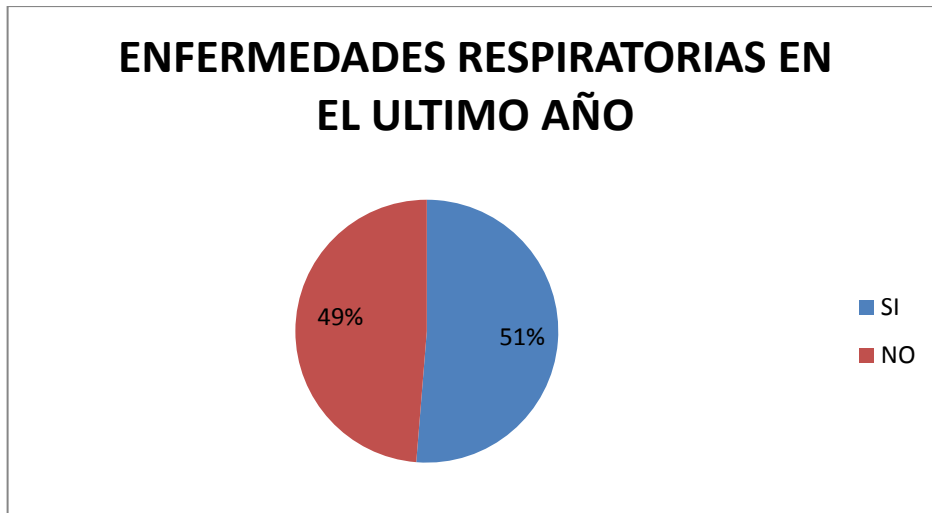
Fuente: Autor

De acuerdo con el presente estudio hay un 20% de habitantes que destina más de \$ 200.000 pesos mensuales de sus ingresos para poder realizar la cocción de sus alimentos, este es un costo muy elevado si consideramos el costo promedio de consumo mensual por usuario que se paga en un municipio de las mismas características.

### **3.16 CONSECUENCIAS EN LA SALUD POR EL USO DE LA LEÑA COMO FUENTE DE ENERGIA.**

La leña aparte de las desventajas mencionadas anteriormente, tiene una más que es considerada como la más importante, y es que el uso de esta fuente de energía es perjudicial para la salud de los habitantes, como se observa en la figura No. 34.

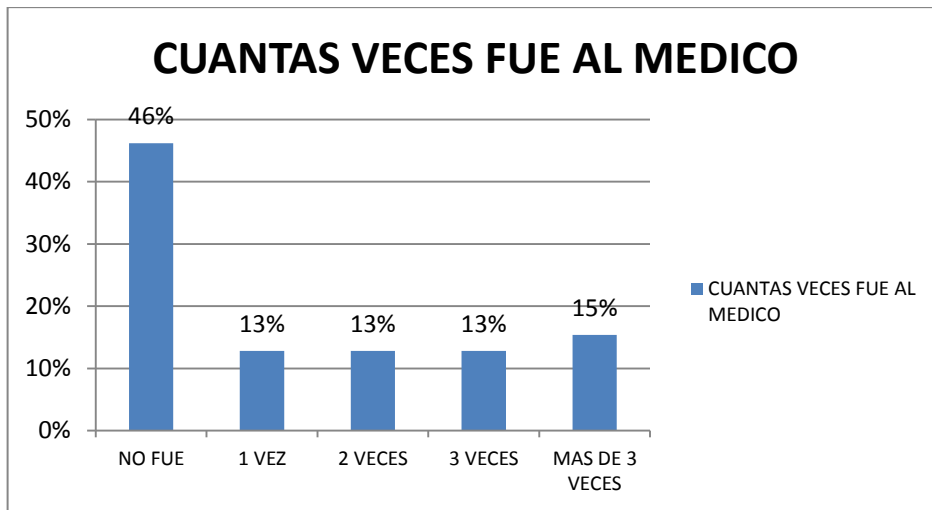
**Figura 34. Enfermedades respiratorias sufridas por los habitantes en el último año**



Fuente: Autor

En la región los principales problemas de salud que aquejan a la población tiene que ver con las enfermedades respiratorias, sobretodo en la población infantil, como se observa en la figura No. 34, el 51% de los encuestados manifestaron que en el último año el o alguno de los integrantes de su núcleo familiar ha sufrido de enfermedades respiratorias.

**Figura 35. Visitas médicas por enfermedades respiratorias sufridas por los habitantes en el último año.**



Fuente: Autor

Del 51% de los habitantes que reportaron haber sufrido enfermedades respiratorias durante el último año, el 54% reportó haber asistido al centro médico, y un 15% manifestó haberlo hecho en más de tres oportunidades por la misma causa.

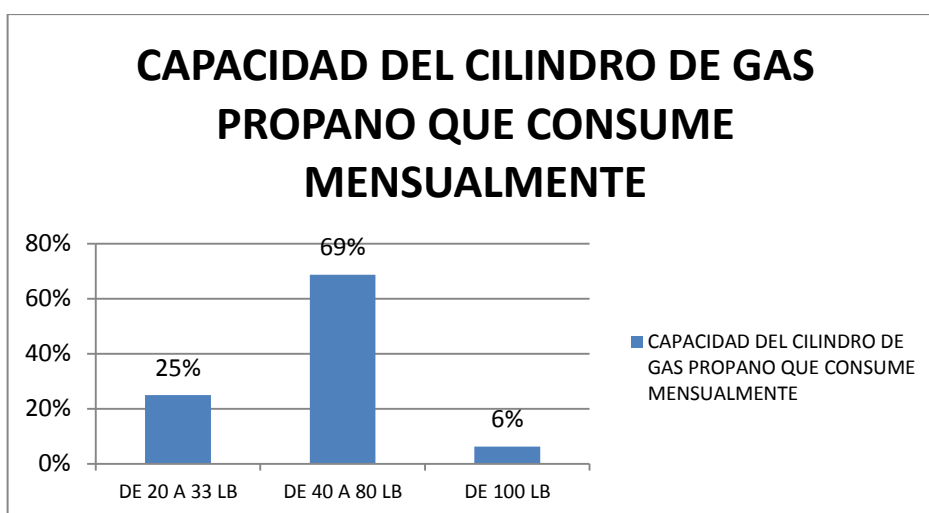
### 3.17 CONSUMO PROMEDIO DE GAS PROPANO MENSUAL POR USUARIO DEL AREA DEL PROYECTO.

El gas propano con el 26% ocupa el tercer puesto como la fuente de energía más utilizada en la cabecera municipal de Chiquiza, para la cocción de alimentos, después de la electricidad que se encuentra con un 35%, la cual aunque tiene buena cobertura en el sector no es viable, debido que el servicio de energía eléctrica para el municipio tiene poca capacidad, que genera que se presenten fallas constantes.

El gas propano es utilizado básicamente en las edificaciones comerciales como panaderías y restaurantes, y las edificaciones de uso institucional como las entidades educativas y de administración municipal.

En la figura No. 36 se detalla la capacidad promedio del cilindro utilizado por el 26% de la población del área de estudio, y en la figura No. 37 el promedio de los costos mensuales invertido por este 26% de población para la compra de cilindros de gas propano.

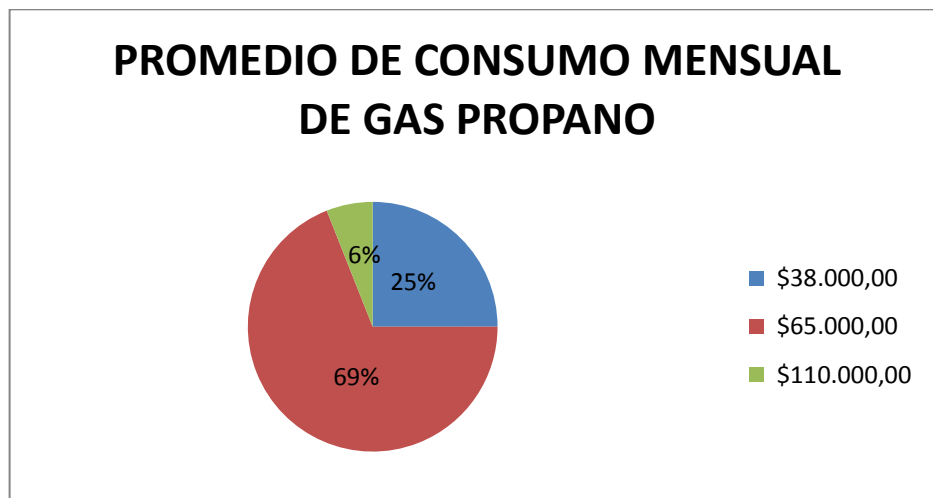
**Figura 36. Consumo promedio de Gas Propano en el área del proyecto.**



Fuente: Autor

De acuerdo con el estudio el 69% consume en promedio un cilindro de Gas Propano de 40 a 80 libras, que está representado principalmente por el comercio, las instituciones educativas y la alcaldía municipal, y tan solo un 6% manifestó consumir un cilindro de 100 libras de gas propano, que corresponde principalmente a los restaurantes del municipio.

**Figura 37. Costos promedio de compra de Gas Propano en el área del proyecto.**



Fuente: Autor

El 69% de la población objeto del presente estudio que consume mensualmente cilindros entre 40 y 80 libras, tienen un costo promedio mensual de \$ 65.000 pesos por la compra del gas propano, y el 6% que manifestó consumir un cilindro de 100 libras al mes tienen un costo promedio de \$ 110.000 pesos mensuales, al igual que la leña el costo del gas propano se sigue considerando muy elevado comparado con los costos mensuales del gas natural en municipios de iguales características.

### **3.18 INTERES DE LA POBLACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA CHIQUIZA - BOYACA.**

Los habitantes de la cabecera municipal de Chiquiza están 100% de acuerdo con la construcción de un sistema de abastecimiento de gas natural para el municipio, y tienen total interés en el desarrollo del proyecto, por lo cual están dispuestos a adquirir una matrícula de gas natural domiciliario para su inmueble.

Teniendo en cuenta el anterior estudio se evidencia la necesidad y el alto interés que los pobladores del casco urbano del municipio de llevar a cabo la construcción del sistema de abastecimiento de gas natural domiciliario para el municipio que mejore su calidad de vida, tanto en los aspectos económicos como en la seguridad, salud y el medioambiente, con base en esto a continuación se presentan las alternativas técnicas y económicas más viables para llevar a cabo este proyecto.

## 4. DEMANDA OBJETIVO DEL PROYECTO

### 4.1 CALCULO DE LA DEMANDA DE GAS

#### 4.1.1 Consumo mensual por usuario

Con base en los resultados obtenidos de las encuestas socioeconómicas realizadas a la población objeto del estudio, y a las estadísticas tomadas del informe de la CREG *“Consultoría para la determinación de los niveles admisibles de participación en el mercado y de integración de actividades en la cadena del GLP”*, se procede a realizar el cálculo para determinar la demanda de gas natural en la cabecera municipal de Chiquiza (Boyacá), a partir de la información que se tiene sobre el consumo de GLP.

Para el consumo de gas nacional a través de cilindros GLP, se tiene la frecuencia de compra y el volumen que demanda el usuario promedio de GLP, se tiene que los usuarios que compran GLP en cilindros de tamaño inferior a 33 libras lo hacen en promedio 0,78 veces al mes, los que compran cilindros de 33 libras lo hacen 0,70 veces al mes, los que lo hacen en cilindros de 40 libras y más lo hacen con una frecuencia cercana a 0,62 veces por mes.

De acuerdo con la información recopilada en el municipio de Chiquiza, específicamente en la cabecera municipal San Pedro de Iguaque, área de influencia directa del proyecto se tiene que el gas propano con el 26% se convierte en la tercera fuente de energía más utilizada en la zona para la cocción de alimentos, y de este 26% se tiene que el 25% en promedio consume mensualmente un cilindro de 33 libras de gas propano, que el 69% consume mensualmente en promedio un cilindro entre 40 y 80 libras de gas propano, y que únicamente el 6% consume 1 cilindro de 100 libras.

Teniendo en cuenta lo anterior concluimos que la relación de volumen medio de cilindros menores a 33 libras es de 1,28 meses, los de 33 libras es de 1,43 meses, y los de 40 o libras o más es de 1,61 meses.

Adicionalmente, si consideramos que 1 galón de GLP equivale a 2,65m<sup>3</sup> de gas natural, y que en promedio un cilindro de GLP de 100 libras contiene 22,50 galones, uno de 80 libras contiene 18,00 galones, uno de 40 libras contiene 9,00 galones, uno de 30 libras contiene 6,75 galones, y uno de 20 libras contiene 4,50 galones.

Calculamos el siguiente consumo promedio mensual de gas natural para la cabecera municipal de Chiquiza (Boyacá):

- **Para cilindros de 30 libras**

30 libras x 1,28 mes = 38,40 libras/mes

38,40 libras/mes = 8,64 Galones/mes

8,64 Galones/mes x 2,65 m<sup>3</sup>/ 1 Galón = 22,896 m<sup>3</sup> / mes

- **Para cilindros de 33 libras**

33 libras x 1,43 mes = 47,19 libras/mes

47,19 libras/mes = 10,62 Galones/mes

10,62 Galones/mes x 2,65 m<sup>3</sup>/ 1 Galón = 28,137 m<sup>3</sup> / mes

- **Para cilindros de 40 libras**

40 libras x 1,61 mes = 64,4 libras/mes

64,4 libras/mes = 14,49 Galones/mes

14,49 Galones/mes x 2,65 m<sup>3</sup>/ 1 Galón = 38,399 m<sup>3</sup> / mes

- **Para cilindros de 80 libras**

80 libras x 1,61 mes = 128,8 libras/mes

128,8 libras/mes = 28,98 Galones/mes

28,98 Galones/mes x 2,65 m<sup>3</sup>/ 1 Galón = 76,797 m<sup>3</sup> / mes

- **Para cilindros de 100 libras**

100 libras x 1,61 mes = 161 libras/mes

161 libras/mes = 36,23 Galones/mes

36,23 Galones/mes x 2,65 m<sup>3</sup>/ 1 Galón = 95,996 m<sup>3</sup> / mes

#### **4.1.2 Proyección de población y viviendas a 20 años**

Con los datos de la dinámica poblacional de los últimos ocho años de Chiquiza, obtenidos por el DANE se evidencia que la población año tras año ha venido disminuyendo a razón del 1% en promedio, esto debido a las muertes y la

migración de los habitantes del municipio por razones laborales o de estudio, debido a la falta de oportunidades en Chiquiza.

Esta disminución en la población se presenta más que todo en la zona rural del municipio, la zona urbana del municipio muestra un leve crecimiento por año, por lo anterior con el fin de realizar las respectivas proyecciones de viviendas en el municipio de la cabecera municipal de Chiquiza a 20 años como lo estipula la CREG, para el desarrollo de este tipo de proyectos vamos a considerar una variación promedio para el proyecto del 1% de crecimiento que se muestra en la tabla No. 7.

**Tabla 7. Proyección de edificaciones a 20 años**

<b>PROYECCIÓN EDIFICACIONES DE LA CABECERA MUNICIPAL DE CHIQUIZA (2014-2033)</b>		
<b>AÑO</b>	<b>RATA</b>	<b>EDIFICACIONES</b>
2014	1.010	93
2015	1.010	94
2016	1.010	95
2017	1.010	96
2018	1.010	97
2019	1.010	98
2020	1.010	99
2021	1.010	100
2022	1.010	101
2023	1.010	102
2024	1.010	103
2025	1.010	104
2026	1.010	105
2027	1.010	106
2028	1.010	107
2029	1.010	108
2030	1.010	109
2031	1.010	110
2032	1.010	111
2033	1.010	112

Fuente: Autor

En la tabla No. 7 se puede observar que el crecimiento en las viviendas de la cabecera municipal de Chiquiza para un periodo de 20 años tendrá un crecimiento

a razón de una vivienda por año, lo que se considera un crecimiento muy insignificante por lo que el proyecto no se vería afectado respecto al cumplimiento de demanda de gas natural a un largo plazo.

#### **4.1.3 Cálculo progresivo de usuarios vinculados**

El proyecto va dirigido al 100% de la población que reside en la parte urbana de la cabecera municipal de Chiquiza, para tal efecto se tomara como base de cálculo un potencial de usuarios igual al 100% de las viviendas beneficiadas que se conecten a la red de distribución de gas natural cada año.

#### **4.1.4 Proyección de la demanda de gas natural a 20 años**

Para determinar la demanda de gas en la cabecera municipal de Chiquiza, y por simplificación de la estimación de esta misma se tendrá en cuenta un consumo de gas natural aproximado.

Así entonces para realizar las respectivas proyecciones de gas natural para el municipio, de acuerdo con las encuestas realizadas a los 92 posibles usuarios tenemos que el 26% ósea 24 usuarios cocinan con GLP, y de estos el 25% consume cilindros de 33 libras o menos, ósea 6 usuarios, y el 69% consume cilindros de 40 a 80 libras, ósea 16 usuarios, y finalmente el 6% de los usuarios consume cilindros de 100 libras ósea 2 usuarios.

Por lo anterior podemos considerar para efectos del estudio, conservando la misma proyección de los consumidores de GLP que 74 usuarios, incluyendo los que cocinan con las otras fuentes de energía consumen cilindros de 33 libras o menos, que 16 usuarios consumen cilindros entre 40 y 80 libras y que 2 usuarios consumen cilindros de 100 libras.

De acuerdo con los cálculos realizados anteriormente tenemos lo siguiente:

- **Para los 74 consumidores de cilindros de 33 libras o menos**

$$74 \text{ usuarios} \times 28,137 \text{ m}^3 / \text{mes} = \underline{2.082,14 \text{ m}^3 / \text{mes}}$$

- **Para los 16 consumidores de cilindros entre 40 y 80 libras**

$$16 \text{ usuarios} \times ((38,399 \text{ m}^3 / \text{mes} + 76,797 \text{ m}^3 / \text{mes}) / 2) = \underline{921,57 \text{ m}^3 / \text{mes}}$$

- **Para los 2 consumidores de cilindros de 100 libras**

$$2 \text{ usuarios} \times 95,996 \text{ m}^3 / \text{mes} = \underline{191,99 \text{ m}^3 / \text{mes}}$$

Con base en lo anterior determinamos la demanda mensual promedio de gas natural por usuario =  $(2.082,14\text{m}^3/\text{mes} + 921,57\text{m}^3/\text{mes} + 191,99\text{m}^3/\text{mes})/92$  usuarios = **35 m<sup>3</sup>/usuario**

Entonces para el presente estudio se tomara una demanda promedio mensual de gas natural por usuario de 35 m<sup>3</sup>, estimando el 100% de viviendas beneficiadas.

De acuerdo con lo anterior se ha previsto que el consumo de gas natural del proyecto durante sus primeros años de operación podría ser como se muestra en la tabla No. 8.

**Tabla 8. Proyección de consumo a 20 años**

PERIODO ANUAL	TOTAL USUARIOS	CONSUMO DIARIO (m <sup>3</sup> /día)	CONSUMO ANUAL (m <sup>3</sup> /año)
0	92	107,64	38.750,40
1	93	108,81	39.171,60
2	94	109,98	39.592,80
3	95	111,15	40.014,00
4	96	112,32	40.435,20
5	97	113,49	40.856,40
6	98	114,66	41.277,60
7	99	115,83	41.698,80
8	100	117,00	42.120,00
9	101	118,17	42.541,20
10	102	119,34	42.962,40
11	103	120,51	43.383,60
12	104	121,68	43.804,80
13	105	122,85	44.226,00
14	106	124,02	44.647,20
15	107	125,19	45.068,40
16	108	126,36	45.489,60
17	109	127,53	45.910,80
18	110	128,70	46.332,00
19	111	129,87	46.753,20
20	112	131,04	47.174,40

Fuente: Autor

## **5. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICO – ECONÓMICAS PARA EL SUMINISTRO DEL GAS NATURAL AL MUNICIPIO DE CHIQUIZA - BOYACÁ**

Desde su extracción en el pozo hasta la conexión en los hogares e industrias, intervienen diferentes empresas y equipos que aseguran la confiabilidad del sistema y hacen posible el “milagro” del gas natural. A continuación se presentan las diferentes etapas recorridas por una molécula desde su explotación hasta que es convertida en energía mediante diferentes procesos de combustión:

### **a. Producción (P)**

Existen dos pozos principales de producción de gas natural en Colombia y se encuentran ubicados en la Guajira (Campo Chuchupa - A y B – y Campo Ballena) y en Casanare (Campos Cupiagua y Cusiana), los cuales están interconectados al Sistema Nacional de Transporte de gas natural y tienen reservas probadas, en conjunto, de 4.4 Tcf.<sup>3</sup>

En los yacimientos se encuentra el gas natural asociado (con trazas de agua, petróleo y otros componentes disueltos), el cual es extraído y “refinado” por diferentes sistemas de limpieza hasta garantizar los límites permisibles estipulados en el Registro Único de Transporte (RUT) y con los cuales debe ser entregado a la empresa transportadora.

### **b. Transporte (T)**

Una vez recibido el gas natural en las instalaciones de la empresa transportadora, éste ingresa a la red de gasoductos de nuestro país, conformado por tubería en acero al carbono de diferentes diámetros, y encargada de llevar el gas natural a los diferentes puntos de consumo.

Para evitar las pérdidas de presión en la tubería y en los diferentes accesorios, se instalan una serie de compresores en la línea de gas natural, los cuales garantizan una presión de suministro constante, 1200 Psig aproximadamente, y aseguran el flujo continuo del gas a través de todo el sistema. Como información general, puede decirse que los cortes en el suministro de gas natural en Bogotá D.C. y en diferentes ciudades del país se deben a mantenimientos programados en los compresores de TGI S.A.

---

<sup>3</sup> <http://www.indisaonline.8m.com/antiores/78.htm>. BERNAL Ortiz, Andrés. Ingeniero Comercial Unidad Estratégica de Negocio Fabricación & Montajes. INDISA S.A

### **c. Distribución (D)**

El gas natural transportado a alta presión en el gasoducto es entregado en estaciones conocidas como “Citygates”, las cuales se encargan de reducir la presión, generalmente a 250 psig, para que éste pueda ser distribuido a los diferentes puntos de consumo en redes de polietileno o acero carbono según necesidades particulares del mercado.

Nuestros sistemas de distribución están conformados por estaciones de distrito las cuales reciben el gas natural a 250 Psig y reducen su presión hasta 60 psig para facilitar su transporte y disminuir los costos de montaje asociados a las redes fabricadas en acero al carbono.

### **d. Comercialización (C)**

La relación entre el usuario final y los diferentes agentes de la cadena debe darse a través de un ente Comercializador, quien se encarga de reunir las tarifas de cada una de las etapas y presentar un precio final (P + T + D + C) por m<sup>3</sup> de gas natural, el cual debe ser cancelado mensualmente por el consumidor con base en el volumen total de m<sup>3</sup> utilizados.

Como puede observarse, existen diferentes organizaciones que hacen posible el consumo de gas natural en los sectores de la economía. Estos no actúan solos y están regulados por la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG) y soportados por diferentes gremios como la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la Asociación Colombiana de Gas Natural (NATURGAS), entre otros.

## **5.1 PRODUCCIÓN**

El presente proyecto tiene como alcance analizar 2 alternativas para el suministro de gas natural al municipio de Chiquiza (Boyacá), con el fin de identificar la factibilidad técnica y económica para la construcción del sistema de abastecimiento, por lo cual en este estudio se analizarán las alternativas para llevar el gas natural del pozo de producción hasta el punto de conexión Citygate.

Debido a la ubicación del municipio de Chiquiza se optó por evaluar las dos alternativas partiendo como punto de producción, el gas proveniente de Cusiana, ya que este es el campo de producción más cercano a la población, y es el que alimenta a la zona centro del departamento de Boyacá, lo que nos trae como ventaja que ya se cuenta con una infraestructura óptima para realizar el transporte

Hasta un punto cercano, lo que reduciría los costos por este concepto.

### 5.1.1 Gas Cusiana

#### 5.1.1.1 Propiedades del Gas Cusiana

Las propiedades del Gas Cusiana a transportar a condiciones determinadas de presión y temperatura se muestran en la tabla No. 9, y la composición del gas en la tabla No. 10.

**Tabla 9. Calidad del gas de Cusiana**

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Peso Molecular	N/A	20,93336
Gravedad Especifica a 14.7 psia	N/A	0,72450
Poder Calorífico Bruto Real a 14.7 psia y 60° F	BTU/PC	1132
Poder Calorífico Neto Real a 14.7 psia y 60° F	BTU/PC	1024,9
Densidad	Lbm/PC	0,05514
Factor de Compresibilidad	N/A	0,79586

Fuente: [www.dominio.creg.gov.co](http://www.dominio.creg.gov.co)

**Tabla 10. Composición del gas de Cusiana**

COMPONENTE	FORMULA	COMPOSICIÓN
Metano	CH <sub>4</sub>	0,828348
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,096938
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,037104
i-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,005290
n-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,005510
i-Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,001066
n-Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,000628
n-Hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,000224
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	0,018833
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0,005812
Agua	H <sub>2</sub> O	0,000000

Fuente: [www.dominio.creg.gov.co](http://www.dominio.creg.gov.co)

#### 5.1.1.2 Transporte del Gas Cusiana

El campo Cusiana se encuentra ubicado en el departamento de Casanare, y el gas es transportado por medio de los gasoductos Cusiana – Porvenir -La Belleza y el Gasoducto de Boyacá y Santander de propiedad de TGI S.A. E.S.P.

**Figura 38. Mapa de los sistemas de transporte de gas natural (Gasoducto Cusiana – Porvenir -La Belleza y Gasoducto de Boyacá y Santander)**



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

- **Gasoducto Cusiana – Porvenir – La Belleza**

Este gasoducto se localiza en los departamentos de Casanare, Boyacá y Santander pasando por los municipios de Tauramena, Monterrey, Sabanalarga, Páez, Miraflores, Zetaquirá, Ramiriquí, Jenesano, Boyacá, Ventaquemada, Samacá, SÁCHICA, Villa de Leiva, Santa Sofía, Moniquirá, Puente Nacional, Albania, Jesús María, Florián y La Belleza. Tiene una longitud total de 222.98 Km. en tubería de 20 pulgadas de diámetro.

La capacidad máxima del gasoducto es de 390 MMSCFD, actualmente es el principal centro de suministro de gas de la capital del país y de los ramales de Boyacá y Santander.

- **Gasoducto de Boyacá y Santander**

El Gasoducto de Boyacá y Santander fue asumido por TGI S.A. E.S.P. el 22 de Octubre de 2009, se alimenta del Gas Cusiana por el Gasoducto Cusiana – La Belleza, tiene una longitud aproximada de 308 km, y suministra gas a 40 localidades de los municipios de Boyacá y Santander, tiene una capacidad de transporte de 63.7 MPCD, inicio su construcción en octubre de 1998 y finalizó la

construcción en noviembre de 1999, e inicio operación en el segundo trimestre del año 2000.

**Cuenta con los siguientes gasoductos troncales:**

- Troncal – Teatinos – Belencito: 10” de diámetro, 85km de longitud, cuenta con 4 válvulas de seccionamiento (Oicatá, Tuta, Duitama y Chicamocha) distribuidas a lo largo del gasoducto troncal.
- Troncales Samacá, Sora, Raquira, Villa de Leiva, Santa Sofía, Sáchica y Bolivar, con diámetro de 2” y longitudes entre 700 mts y 22 kilómetros.
- Troncal Otero – Santana: 8” de diámetro, 44 kilómetros de longitud, cuenta con una válvula de seccionamiento en Togüí.

**Figura 39. Mapa del Gasoducto Boyacá - Santander**



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

## 5.2 TRANSPORTE

Considerando la ubicación de Chiquiza, se espera que el suministro de gas natural se realice a través de la estación de recibo del gasoducto Boyacá – Santander propiedad de la transportadora de Gas Internacional TGI S.A. ESP.

De acuerdo con la figura No. 39, el punto de suministro de gas natural que se encuentra más cercano a la cabecera municipal de Chiquiza (Boyacá) está ubicado en el municipio de Sora (Boyacá), localizado a los 5° 33' 59" de latitud Norte y 73° 27' 1" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, donde se encuentra el punto terminal de la derivación de 2" del tramo de 10" de Cusiana – Porvenir – Belén, del gasoducto Boyacá – Santander (GBS), que tiene una longitud de 1,692 Km, esta derivación tiene un potencial de 129 usuarios, pero actualmente solo cuenta con 69 usuarios conectados, y transporta únicamente 2,50 KPCD.

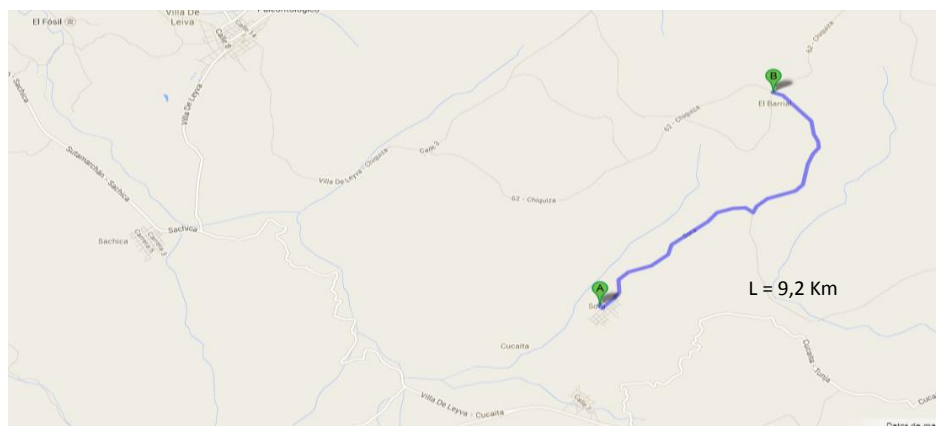
Por lo anterior, para las 2 alternativas de transporte que se presentaran a continuación se contemplará como punto de conexión de la red, el punto terminal de la derivación de 2" que suministra gas natural al municipio de Sora (Boyacá).

### 5.2.1 Alternativa 1. Gasoducto en acero al carbono

#### 5.2.1.1 Diseño del Gasoducto

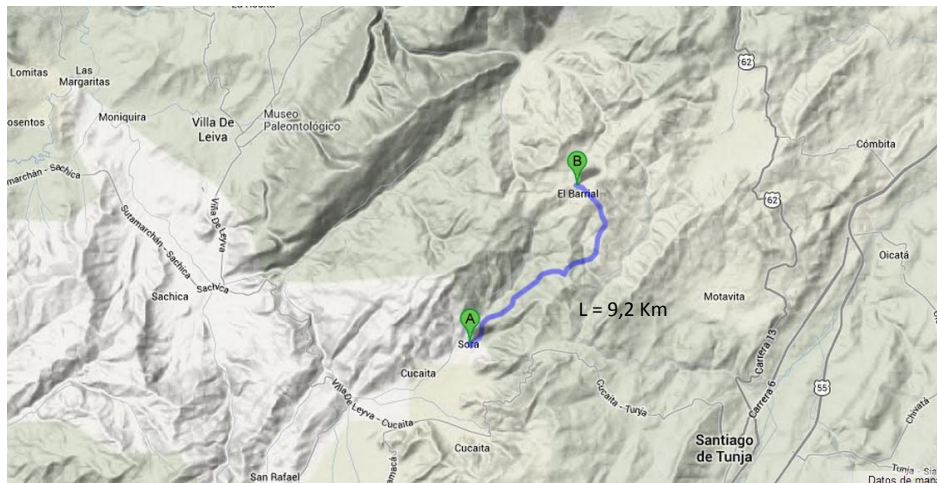
- **Ruta del Gasoducto.** En las figuras No. 40 y No. 41 se muestra el trazado propuesto para la construcción del gasoducto en tubería de acero al carbono.

**Figura 40. Trazado del Gasoducto Sora (Boyacá) – Chiquiza (Boyacá)**



Fuente: <https://maps.google.es/>

**Figura 41. Trazado en relieve del Gasoducto Sora (Boyacá) – Chiquiza (Boyacá)**



Fuente: <https://maps.google.es/>

La ruta propuesta para el trazado del gasoducto sería paralela a la vía de la carretera que comunica a la cabecera municipal de Sora con la cabecera municipal San Pedro de Iguaque del municipio de Chiquiza, haciendo la conexión a la altura del municipio de Sora (Departamento de Boyacá) al gasoducto de Boyacá – Santander y terminando en la cabecera municipal de Chiquiza, en un trayecto de aproximadamente de 9,20 Km.

La ruta ha sido clasificada como área de clase 2<sup>4</sup>.

- **Consumo de Diseño.** Para el consumo de diseño se considera el escenario alto que consiste en la proyección de usuarios al 2033 (112 usuarios), y considerando el 100% de los usuarios con un consumo diario total de 131,04 m<sup>3</sup>/día.

$$1 \text{ m}^3/\text{día} = 0,035314 \text{ KPCD}$$

Para efectos de diseño, el gasoducto tendrá una capacidad máxima de transporte de 4,6 KPCD, suficiente para prever las demandas pico y el potencial desarrollo de la zona en los subsiguientes años.

- **Características de diseño de la red de conducción.** El diseño de la conducción y la selección de materiales se realizan bajo las normas

<sup>4</sup> Localidad Clase 2. Es cualquier sección de 1 milla que tiene más de 10 pero menos de 46 edificios destinados a la ocupación humana.

técnicas actualizadas, con el objetivo de garantizar la seguridad del gasoducto y maximizar la prevención de riesgos y cuidado del medio ambiente.

El diseño se debe ejecutar según lo contemplado en el código ASME B31.8 de 2007 Capítulo IV, que tiene que ver con criterios de densidad poblacional (numerales 840.2 a 840.4), definidos en clases de localidad para diseño y construcción nombrados anteriormente. La selección de la tubería se hace según lo estipulado en el numeral 841 del mismo, teniendo en cuenta los siguientes factores: el factor de diseño F según tabla 841.114 A y B, el factor E según la tabla 841.115 A y el factor de temperatura según la tabla 841.116 A de dicho código, (Código ASME B31.8 de 2007 Capítulo IV).

- **Dimensionamiento del gasoducto.** A continuación se presentan los criterios y las condiciones básicas de diseño para tener en cuenta para el dimensionamiento.
- **Criterios de diseño.** Altas velocidades de flujo pueden ocasionar vibración y erosión en el gasoducto. Cuando la velocidad del gas supera la velocidad crítica, se presenta corrosión por erosión. La velocidad crítica se define como el punto en el cual la velocidad del fluido remueve inhibidores fílmicos y deja desprotegida la tubería de los efectos corrosivos. También se maneja el criterio de velocidad máxima para que no se presente ruido en la tubería. La máxima velocidad del gas en la tubería es de 65 pies/seg a condiciones de operación.
- **Tubería de diseño.** Para el transporte del gas natural demandado, asumiremos una tubería de acero al carbono de diámetro de 2". El gasoducto tendría una capacidad máxima de transporte de 4,6 KPCD, suficiente para prever las demandas pico y el potencial desarrollo de la zona en los subsiguientes años.

#### 5.2.1.2 Costos de Infraestructura

Se debe realizar un análisis económico para justificar la construcción de una línea en comparación con soluciones alternativas.

La tarifa de transporte está relacionada tanto con el tamaño de la línea como con el volumen a transportar. La tarifa generalmente disminuye cuando el volumen de gas a ser transportado tiene una tendencia ascendente, como resultado de un

aumento en la demanda o de los requerimientos de suministro de gas. Por consiguiente, si el diseño de la línea o las rendiciones de operación cambian, las tarifas cambiarían, es por eso que el estudio económico en la fase de diseño de un gasoducto debe considerar las diferentes configuraciones de la línea para todos los posibles volúmenes de flujo.

- **Costo unitario de los nuevos gasoductos**

Para determinar las inversiones en gasoductos nuevos se utilizó el costo unitario de gasoductos comparables o de gasoductos que fueron construidos con anterioridad siguiendo el mismo trazado topográfico. Se tomó como referencia la metodología empleada en la Resolución CREG 001 de 2000 para los cálculos del costo unitario, la cual contempla el siguiente procedimiento:

- Seleccionar un gasoducto de referencia que tenga parámetros comparables o que haya sido construido siguiendo el mismo trazado topográfico del nuevo gasoducto.
- Registrar el monto de la inversión, fecha base y especificaciones técnicas del gasoducto de referencia.
- Calcular el costo unitario del gasoducto de referencia en USD/m-pulg para la fecha base.
- Actualizar el costo unitario del gasoducto en cada año transcurrido a partir de la fecha base, de acuerdo con la variación anual del IPP13 de USA serie ID WPSSOP3200, mediante la siguiente fórmula:

$$C(t) = C(0) * [IPP (t-1) / IPP (0)]$$

t = Año para el cual se calcula el costo unitario del gasoducto

C(t) = Es el precio unitario correspondiente al año t

C(0) = Precio unitario para la fecha base

IPP(t-1) = IPP promedio para el mes de diciembre del año t – 1

IPP(0) = IPP promedio para el mes de diciembre de la fecha base

La metodología establece que los diferentes cálculos deben estar referidos a la fecha base, la cual corresponde al 31 de diciembre del año anterior al año de la solicitud. Es pertinente advertir que la metodología define la inversión base en los siguientes términos:

Es aquella que reconoce la CREG y que corresponde a un dimensionamiento consistente con el factor de utilización normativo del gasoducto, con la demanda

esperada de capacidad y de volumen y con costos eficientes comparables con otros gasoductos similares u otros criterios de evaluación de que disponga la CREG. La inversión Base deberá considerar las normas de seguridad establecidas por el ministerio de minas y energía, el reglamento único de transporte y las normas aplicables emitidas por autoridades competentes.

De acuerdo con lo anterior, se seleccionaron algunos gasoductos de referencia construidos recientemente en el país, los cuales tiene parámetros comparables con el gasoducto Sora – Chiquiza.

**Tabla 11. Información del gasoducto de referencia**

REFERENCIA GASODUCTO	GASORIENTE CENTRO ORIENTE – RAMAL SUTATAUSA				
	TRANSP.	AÑO	LONGITUD (KM)	DIAMETRO	INVERSIÓN (USD)
	TGI S.A. E.S.P.	2009	9,21	2"	619.486

Fuente: Autor

Actualizando el costo unitario del gas natural para el 2014

$$C(t) = C(0) * [IPP (t-1) / IPP (0)]$$

$$t = 2014$$

C(t) = Es el precio unitario correspondiente al año t

C(0) = 33,63 USD/(m pulgada).

IPP(t-1) = 114,82 (cifra de Dic de 2013 reportado por el banco de la república).

IPP(0) = 107,97 (cifra de Dic de 2009 reportado por el banco de la república).

Entonces:

$$C(t) = 33,63 \text{ USD}/(\text{m pulgada}) * [114,82 / 107,97]$$

$$C(t) = 35,76 \text{ USD}/(\text{m pulgada})$$

En la tabla No. 12 se muestra el costo base de la inversión del gasoducto por utilizado un costo unitario de 35,76 USD/(m pulgada):

**Tabla 12. Costo de la inversión base para la alternativa 1**

NUEVO GASODUCTO	SORA - CHIQUIZA
	ALTERNATIVA 1
LONGITUD (m)	9200 m
DIAMETRO	2"
INVERSIÓN (USD)	657.984

Fuente: Autor

- **Costos de Administración, Operación y Mantenimiento**

Para efectos del estudio, se ha considerado que el costo del primer año de administración, operación y mantenimiento (AO&M) equivale al 3% del costo de la inversión. Para efecto de los cálculos de viabilidad se supone que los costos de AO&M tienen un aumento del 2% con respecto al del año inmediatamente anterior.

**Tabla 13. Costo total de la inversión para la alternativa 1**

NUEVO GASODUCTO	SORA - CHIQUIZA
	ALTERNATIVA 1
INVERSIÓN (USD)	657.984
GASTOS AO&M (USD)	19.740
INVERSIÓN TOTAL (USD)	677.724

Fuente: Autor

Los gastos de AO&M se causan anualmente.

### **5.2.1.3 Costo del Gas Natural para Chiquiza (Boyacá). Alternativa 1**

- **Costo gas Boca de Pozo**

El gas proveniente del campo Cusiana tiene como característica ser un gas de precios libres según decreto 2687 de 2008, y por el cual su venta de gas se realiza por medio de subasta según Resolución CREG – 095 de 2008.

Así entonces el gas proveniente del campo Cusiana del departamento del Casanare tiene un costo aproximado mediante subasta de:

**Tabla 14. Precio Gas Boca de Pozo Cusiana**

	<b>USD/MBTU</b>	<b>\$/M3</b>
PRECIO GAS CUSIANA SUBASTA	6,14	433,73

Fuente: <https://www.ecopetrol.com.co/>

- **Costo Transporte gas por gasoducto TGI Cusiana ramales sur de Santander – Boyacá.**

La tarifa promedio por concepto de transporte de gas por los ramales del sur de Santander y Boyacá, a cargo de TGI es la siguiente:

**Tabla 15. Precio transporte gas ramales sur de Santander – Boyacá.**

	<b>USD/MBTU</b>	<b>\$/M3</b>
COSTO TRANSPORTE GAS Sur de Santander-Boyacá	2,4599	173,77

Fuente: <https://www.tgi.com.co/>

- **Cargo de distribución Chiquiza (Incluye redes y estación de regulación o descompresión).**

Para determinar el costo de distribución Dm, del gas natural a suministrar en el municipio de Chiquiza, usamos como referencia el costo aprobado por la comisión de regulación de energía y gas en la resolución No. 133 de 2011, en donde se aprueba el cargo promedio de distribución y cargo máximo de comercialización de gas combustible por redes de tubería a usuarios regulados, para el mercado relevante conformado por los municipios de Viracachá, Boyacá, Chivatá, Toca, Siachoque, Soracá en el departamento de Boyacá de tarifarias presentadas por GAS NATURAL CUNDIBOYACENSE S.A. quien es que suministra a la zona centro del departamento de Boyacá.

Dada las características similares de Chiquiza con estos municipios se adopta como Cargo de Distribución (\$/m3) 509.75.

- **Cargo de comercialización de Chiquiza (Co).**

Para determinar el costo de comercialización Co del gas natural a suministrar en el municipio de Chiquiza, se tomara como referencia el costo de comercialización ya aprobado por la CREG, para la comercialización de Gas Natural por redes de

tuberías el cual es presentado por GAS NATURAL CUNDIBOYACENSE S.A. Para los municipios de Viracachá, Boyacá, Chivatá, Toca, Siachoque, Soracá municipios con características similares a CHIQUIZA.

Este dato se toma de acuerdo a la resolución CREG 011 de 2003 (Art. 23, párrafo 1) que dice: Para el caso de comercializadores que no cuenten con la anterior información, se les fijara un cargo de comercialización igual al de otro comercializador que atienda un mercado similar.

Así entonces se tiene que el cargo comercializador, Co es de: 2.176,65 \$/factura (cifra a Dic. De 2011)

En resumen se tiene que el costo de comercialización del gas natural proveniente de Cusiana es el que se muestra en la tabla No. 16.

**Tabla 16. Costo comercialización Gas Natural de Cusiana**

<b>Costo comercialización Gas Natural de Cusiana. Alternativa 1</b>	
<b>Componentes</b>	<b>\$/m<sup>3</sup>.</b>
Gas Boca de Pozo:	433,73
Transporte ramales sur de Santander – Boyacá:	173,77
Cargo distribución Chiquiza:	509.75
Cargo comercialización Chiquiza:	2.176,65 \$/factura

Fuente: Autor

#### **5.2.1.4 Estudio económico y evaluación financiera. Alternativa 1**

- **Proyecciones financieras**

Las proyecciones financieras, se han efectuado utilizando un modelo que incluye varios escenarios, las bases macroeconómicas, la metodología utilizada para la proyección de la demanda, el cálculo de los ingresos por comercialización del gas natural, los costos y gastos, el programa de inversiones, para finalmente elaborar el flujo de caja del proyecto del 2014 al 2033, para calcular el TIR del proyecto y el VPN, para definir la viabilidad del proyecto.

- **Variables macroeconómicas**

La formulación de las proyecciones financieras ha partido de supuestos macroeconómicos, definidos con base en información suministrada por fuentes bibliográficas.

En la siguiente tabla, se muestran datos de inflación, tasa de interés, tasa de cambio, tarifa de impuestos y otros datos relacionados con el proyecto.

**Tabla 17. Bases macroeconómicas para el proyecto. Alternativa 1**

Inflación	4,00%
Tasa de Interés	12,00%
Tasa de Cambio de dólar a pesos Colombianos	\$ 2.000
Impuestos	35,00%

Fuente: Autor

- **Flujo de Caja del Proyecto**

A continuación se elabora el flujo de caja del proyecto para calcular el VPN.

**Tabla 18. Flujo de caja del proyecto Alternativa 1.**

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-BOYACA.						
CONCEPTO / AÑO	0	1	2	3	4	5
INVERSIÓN	\$ (1.315.968.000,00)					
INGRESOS POR VENTAS (+)		\$ 23.796.747,00	\$ 25.014.731,04	\$ 26.292.079,01	\$ 27.631.591,24	\$ 29.036.197,13
COSTOS DE PRODUCCIÓN (-)		\$ 16.989.898,07	\$ 17.859.488,55	\$ 18.771.462,43	\$ 19.727.819,05	\$ 20.730.649,85
COSTOS DE AO&M (-)		\$ 39.479.040,00	\$ 65.798.400,00	\$ 92.117.760,00	\$ 118.437.120,00	\$ 144.756.480,00
EBITDA		\$ (32.672.191,07)	\$ (58.643.157,51)	\$ (84.597.143,43)	\$ (110.533.347,80)	\$ (136.450.932,72)
DEPRECIACIÓN (-)		\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00
EBIT		\$ (98.470.591,07)	\$ (124.441.557,51)	\$ (150.395.543,43)	\$ (176.331.747,80)	\$ (202.249.332,72)
IMPUESTOS 35% (-)		\$ (34.464.706,87)	\$ (43.554.545,13)	\$ (52.638.440,20)	\$ (61.716.111,73)	\$ (70.787.266,45)
NOPAT (utilidad)		\$ (64.005.884,19)	\$ (80.887.012,38)	\$ (97.757.103,23)	\$ (114.615.636,07)	\$ (131.462.066,26)
DEPRECIACIÓN (+)		\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00
FCL (flujo de caja libre)		\$ 1.792.515,81	\$ (15.088.612,38)	\$ (31.958.703,23)	\$ (48.817.236,07)	\$ (65.663.666,26)
<b>FLUJO NETO</b>	<b>\$ (1.315.968.000,00)</b>	<b>\$ 1.792.515,81</b>	<b>\$ (15.088.612,38)</b>	<b>\$ (31.958.703,23)</b>	<b>\$ (48.817.236,07)</b>	<b>\$ (65.663.666,26)</b>
<b>FLUJO NETO DE LA INVERSIÓN</b>	<b>\$ (1.315.968.000,00)</b>	<b>\$ (1.314.175.484,19)</b>	<b>\$ (1.329.264.096,58)</b>	<b>\$ (1.361.222.799,80)</b>	<b>\$ (1.410.040.035,87)</b>	<b>\$ (1.475.703.702,14)</b>

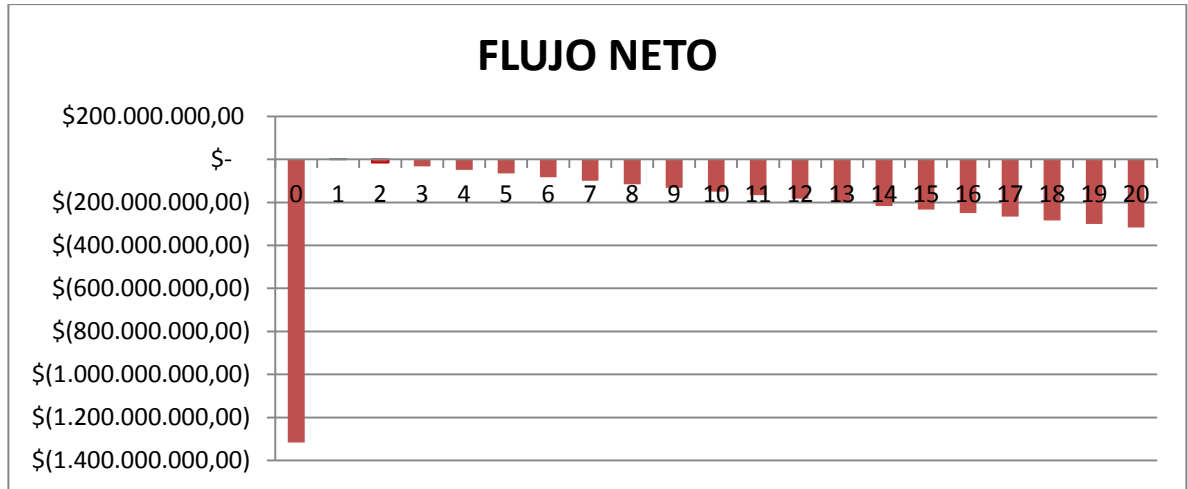
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-BOYACA.						
CONCEPTO / AÑO	0	6	7	8	9	10
INVERSIÓN	\$ (1.315.968.000,00)					
INGRESOS POR VENTAS (+)		\$ 30.508.960,95	\$ 32.053.087,95	\$ 33.671.930,77	\$ 35.368.996,08	\$ 37.147.951,53
COSTOS DE PRODUCCIÓN (-)		\$ 21.782.142,60	\$ 22.884.585,74	\$ 24.040.372,90	\$ 25.252.007,69	\$ 26.522.108,67
COSTOS DE AO&M (-)		\$ 171.075.840,00	\$ 197.395.200,00	\$ 223.714.560,00	\$ 250.033.920,00	\$ 276.353.280,00
EBITDA		\$ (162.349.021,66)	\$ (188.226.697,79)	\$ (214.083.002,12)	\$ (239.916.931,61)	\$ (265.727.437,14)
DEPRECIACIÓN (-)		\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00
EBIT		\$ (228.147.421,66)	\$ (254.025.097,79)	\$ (279.881.402,12)	\$ (305.715.331,61)	\$ (331.525.837,14)
IMPUESTOS 35% (-)		\$ (79.851.597,58)	\$ (88.908.784,23)	\$ (97.958.490,74)	\$ (107.000.366,06)	\$ (116.034.043,00)
NOPAT (utilidad)		\$ (148.295.824,08)	\$ (165.116.313,56)	\$ (181.922.911,38)	\$ (198.714.965,54)	\$ (215.491.794,14)
DEPRECIACIÓN (+)		\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00
FCL (flujo de caja libre)		\$ (82.497.424,08)	\$ (99.317.913,56)	\$ (116.124.511,38)	\$ (132.916.565,54)	\$ (149.693.394,14)
<b>FLUJO NETO</b>	<b>\$ (1.315.968.000,00)</b>	<b>\$ (82.497.424,08)</b>	<b>\$ (99.317.913,56)</b>	<b>\$ (116.124.511,38)</b>	<b>\$ (132.916.565,54)</b>	<b>\$ (149.693.394,14)</b>
<b>FLUJO NETO DE LA INVERSIÓN</b>	<b>\$ (1.315.968.000,00)</b>	<b>\$ (1.558.201.126,21)</b>	<b>\$ (1.657.519.039,78)</b>	<b>\$ (1.773.643.551,16)</b>	<b>\$ (1.906.560.116,70)</b>	<b>\$ (2.056.253.510,84)</b>

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-BOYACA.						
CONCEPTO / AÑO	0	11	12	13	14	15
INVERSIÓN	\$ (1.315.968.000,00)					
INGRESOS POR VENTAS (+)		\$ 39.012.633,02	\$ 40.967.052,31	\$ 43.015.404,92	\$ 45.162.078,46	\$ 47.411.661,24
COSTOS DE PRODUCCIÓN (-)		\$ 27.853.414,52	\$ 29.248.789,46	\$ 30.711.228,93	\$ 32.243.865,50	\$ 33.849.975,03
COSTOS DE AO&M (-)		\$ 302.672.640,00	\$ 328.992.000,00	\$ 355.311.360,00	\$ 381.630.720,00	\$ 407.950.080,00
EBITDA		\$ (291.513.421,50)	\$ (317.273.737,15)	\$ (343.007.184,01)	\$ (368.712.507,04)	\$ (394.388.393,79)
DEPRECIACIÓN (-)		\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00
EBIT		\$ (357.311.821,50)	\$ (383.072.137,15)	\$ (408.805.584,01)	\$ (434.510.907,04)	\$ (460.186.793,79)
IMPUESTOS 35% (-)		\$ (125.059.137,52)	\$ (134.075.248,00)	\$ (143.081.954,40)	\$ (152.078.817,46)	\$ (161.065.377,83)
NOPAT (utilidad)		\$ (232.252.683,97)	\$ (248.996.889,15)	\$ (265.723.629,61)	\$ (282.432.089,57)	\$ (299.121.415,96)
DEPRECIACIÓN (+)		\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00
FCL (flujo de caja libre)		\$ (166.454.283,97)	\$ (183.198.489,15)	\$ (199.925.229,61)	\$ (216.633.689,57)	\$ (233.323.015,96)
<b>FLUJO NETO</b>	<b>\$ (1.315.968.000,00)</b>	<b>\$ (166.454.283,97)</b>	<b>\$ (183.198.489,15)</b>	<b>\$ (199.925.229,61)</b>	<b>\$ (216.633.689,57)</b>	<b>\$ (233.323.015,96)</b>
<b>FLUJO NETO DE LA INVERSIÓN</b>	<b>\$ (1.315.968.000,00)</b>	<b>\$ (2.222.707.794,82)</b>	<b>\$ (2.405.906.283,97)</b>	<b>\$ (2.605.831.513,57)</b>	<b>\$ (2.822.465.203,15)</b>	<b>\$ (3.055.788.219,11)</b>

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-BOYACA.						
CONCEPTO / AÑO	0	16	17	18	19	20
INVERSIÓN	\$ (1.315.968.000,00)					
INGRESOS POR VENTAS (+)		\$ 49.768.951,31	\$ 52.238.965,93	\$ 54.826.951,40	\$ 57.538.393,36	\$ 60.379.027,55
COSTOS DE PRODUCCIÓN (-)		\$ 35.532.983,13	\$ 37.296.471,92	\$ 39.144.187,05	\$ 41.080.045,02	\$ 43.108.140,94
COSTOS DE AO&M (-)		\$ 434.269.440,00	\$ 460.588.800,00	\$ 486.908.160,00	\$ 513.227.520,00	\$ 539.546.880,00
EBITDA		\$ (420.033.471,82)	\$ (445.646.305,99)	\$ (471.225.395,65)	\$ (496.769.171,66)	\$ (522.275.993,39)
DEPRECIACIÓN (-)		\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00
EBIT		\$ (485.831.871,82)	\$ (511.444.705,99)	\$ (537.023.795,65)	\$ (562.567.571,66)	\$ (588.074.393,39)
IMPUESTOS 35% (-)		\$ (170.041.155,14)	\$ (179.005.647,10)	\$ (187.958.328,48)	\$ (196.898.650,08)	\$ (205.826.037,69)
NOPAT (utilidad)		\$ (315.790.716,68)	\$ (332.439.058,89)	\$ (349.065.467,17)	\$ (365.668.921,58)	\$ (382.248.355,70)
DEPRECIACIÓN (+)		\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00	\$ 65.798.400,00
FCL (flujo de caja libre)		\$ (249.992.316,68)	\$ (266.640.658,89)	\$ (283.267.067,17)	\$ (299.870.521,58)	\$ (316.449.955,70)
<b>FLUJO NETO</b>	<b>\$ (1.315.968.000,00)</b>	<b>\$ (249.992.316,68)</b>	<b>\$ (266.640.658,89)</b>	<b>\$ (283.267.067,17)</b>	<b>\$ (299.870.521,58)</b>	<b>\$ (316.449.955,70)</b>
<b>FLUJO NETO DE LA INVERSIÓN</b>	<b>\$ (1.315.968.000,00)</b>	<b>\$ (3.305.780.535,79)</b>	<b>\$ (3.572.421.194,69)</b>	<b>\$ (3.855.688.261,86)</b>	<b>\$ (4.155.558.783,44)</b>	<b>\$ (4.472.008.739,14)</b>

Fuente: Autor

**Figura 42. Flujo de Caja del proyecto Alternativa 1.**



Fuente: Autor

- **Resultado del análisis económico**

**Tabla 19. Resultados financieros Alternativa 1.**

<b>TASA DE DESCUENTO</b>	11,93%
<b>VPI DEL PROYECTO</b>	-748.262.437,74
<b>VPN DEL PROYECTO</b>	-2.064.230.437,74

Fuente: Autor

La base de la tasa de oportunidad después de impuestos, establecida en la resolución CREG 045 de 2002 para la actividad de distribución de gas combustible por redes es del 11,93%.

- **Concepto viabilidad financiera**

Tomando como base las proyecciones de cada una de las variables para la determinación del flujo de caja del proyecto, los resultados presentados en el flujo de caja muestran que la alternativa No. 1 para el suministro de gas natural al municipio de Chiquiza por medio de gasoducto convencional no es viable financieramente debido a la poca demanda que requiere el municipio, y a los altos costos de administración, operación y mantenimiento, lo que genera que el proyecto no sea rentable para el inversionista.

### **5.2.2 Alternativa 2. Gasoducto virtual**

Debido a los altos costos de suministro e instalación de un gasoducto de transporte y/o distribución, en Colombia se ha venido incursionando en sistemas no tradicionales conocidos como gasoductos Virtuales.

El gasoducto virtual o gas natural comprimido - GNC es una alternativa de transporte y distribución usado para atender mercados, que por su distancia al gasoducto y/o volumen de gas demandado, no es viable financieramente la construcción de líneas de acero.

El transporte del gas natural, a diferencia del petróleo en términos de costos, es uno de los eslabones de la cadena del valor del gas natural más relevantes, por que encarece el precio final y puede llegar a convertir un suministro de gas, en no viable económicamente para el transportista, según el medio utilizado.

El mecanismo de gas virtual o GNC permite llevar el gas natural del Punto A al Punto B mediante vehículos de transporte terrestre, en los cuales es almacenado el gas a alta presión, manteniendo su estado gaseoso, utilizando los sistemas de compresión de gas natural vehicular. Una vez el gas natural es almacenado en cilindros especialmente diseñados para soportar la presión, puede ser llevado por las carreteras a puntos alejados hasta 200Km, donde será distribuido en redes de polietileno o acero carbono, una vez que pasa por estaciones de regulación conocidas como estaciones de descompresión.

Combinando las últimas tecnologías en compresión y descompresión de gas natural, se han desarrollado sistemas modulares de compresión, transporte y descompresión de Gas Natural Comprimido - GNC, para abastecer de Gas Natural por carretera a pueblos, grupos de pueblos, industrias o estaciones remotas de GNC, donde la distancia, el volumen y estacionalidad de la demanda, no justifican económicamente la inversión en un Gasoducto.

Este sistema fundamenta su tecnología en conceptos de diseño totalmente modulares que permiten la construcción de instalaciones de abastecimiento de Gas Natural por carretera en forma rápida, sencilla y económica, totalmente escalable en función del crecimiento de la demanda.

La solución de Gasoducto Virtual está conformada por 3 sistemas modulares diferentes:

- Estaciones modulares de compresión de GNC

- Sistema modular de almacenamiento y transporte de gas natural
- Plantas modulares de regulación de presión o carga de vehículos

Cada uno de estos tres sistemas se adapta modularmente a diferentes implementaciones en función de las necesidades de cada tipo de proyecto, permitiendo que el sistema sea una solución muy efectiva para necesidades muy variadas, que van desde aplicaciones de gathering en un yacimiento hasta la provisión de GNC para una estación de GNC alejada de un gasoducto.

Este exclusivo sistema de Gasoducto Virtual, revoluciona el negocio de distribución y venta de Gas Natural por cuanto elimina todas las limitaciones de áreas de desarrollo que producen las redes de distribución tradicionales y más aún, en cuanto permite llevar a cabo programas de distribución de Gas Natural altamente flexibles orientados hacia la satisfacción de necesidades de abastecimientos, adaptándose perfectamente a variaciones significativas de volúmenes y puntos geográficos a abastecer.

#### **5.2.2.1 Costo del GNC para Chiquiza (Boyacá)**

Con el fin de determinar el costo unitario total de gas natural, a suministrar en el municipio de Chiquiza, se contemplaron costos del energético tanto en; Boca de pozo, mas transporte gas por gasoducto, mas compresión GNC, mas transporte GNC, mas almacenamiento GNC, mas cargo de distribución (Dm) y más cargo de comercialización (Co).

Esto con el fin de determinar un precio óptimo para el gas natural a suministrar en Chiquiza.

- **Costo gas Boca de Pozo**

El gas proveniente del campo Cusiana tiene un costo en boca de pozo de 433,73/m<sup>3</sup>, teniendo en cuenta lo detallado en la alternativa No. 1.

- **Costo Transporte gas por gasoducto TGI Cusiana ramales sur de Santander – Boyacá.**

La tarifa promedio por concepto de transporte de gas por los ramales del sur de Santander y Boyacá, a cargo de TGI es de \$ 173,77/m<sup>3</sup>, tal y como se determinó en la alternativa No. 1.

- **Costo de Compresión Sora.**

En concordancia con la metodología tarifaria estipulada en la resolución CREG – 011 de 2003, se propone estimar el costo unitario de compresión (Pm) como sigue:

$$(Pm) = (Inversión Estándar + VNA (TR) AOM) / (VNA (TR) Volumen)$$

Donde VNA (TR) es el valor Presente Neto descontado a la tasa de retorno estimada (16.06%) según lo establecido en el numeral 7.3 de la Resolución CREG -011 DE 2003.

De acuerdo con los anteriores datos se tiene que el costo unitario de compresión (Pm), de gas natural para uso domiciliario se establece en 106.09 \$/m<sup>3</sup> (cifras a diciembre de 2003).

Para actualizar dicho cargo con la misma fórmula de actualización del cargo promedio de distribución de gas, se efectúa de la siguiente manera, según Resolución CREG 008 de 2005:

$$Pm = Po * (1-Xt)^{nm} * IPPm-1/IPPo$$

Dónde:

Pm = Costo de compresión del gas natural correspondiente al mes *m* de prestación del servicio.

Po = Costo de compresión del gas natural aprobado por resolución de la CREG y expresado en precios de diciembre de 2003.

IPP (m-1) = Índice de precio al productor total Nacional reportado por el banco de la república para el mes (m-1).

IPPo = Índice de precios al productor total nacional reportado por el banco de la república para diciembre de 2003.

Xt = Factor de productividad mensual de la actividad de transporte de gas natural por ductos. Dicho factor será aplicable una vez la comisión adopte el respectivo factor de productividad para la actividad de transporte de gas natural.

Nm= Numero de meses transcurridos desde la entrada de vigencia de la resolución que establece la fórmula de actualización del costo de compresión.

De acuerdo con lo anterior el costo unitario de compresión (Pm) es el siguiente:

$$P_m = 106.09 * (1-0.00106)^{106} * (114.82/88.71)$$

$$P_m = 122.71 \$/m^3$$

Datos

$$P_o = 106.09 \$/m^3 \text{ (cifra a Dic. De 2003)}$$

IPP m-1 = 114.82 (cifra de Dic de 2013 reportado por el banco de la república).

$$IPP_o = 88.71 \text{ (cifra de Dic. De 2003 Reportado por el banco de la república)}$$

Xt = 0.00106 (Factor aplicado a partir de la entrada en vigencia de la resolución que establece el costo de compresión).

$$N_m = 106 \text{ (cifra de Mar. De 2005 a Dic. De 2013).}$$

Con lo anterior se reconocerá un valor de 122.71  $\$/m^3$  (\$ de Dic. De 2013), equivalente a 106.09  $\$/m^3$  (\$ de Diciembre de 2003) ajustado con IPP.

- **Costo de transporte GNCD Sora – Chiquiza.**

El cargo de transporte TVm contemplara un costo por transporte en vehículos de carga y un costo de almacenamiento resultante de las inversiones de los módulos de almacenamiento con su respectivo costo AOM.

$$TV_m = \text{Costo de Transporte} + \text{Costo de almacenamiento}$$

- **Costo Máximo Unitario para el transporte de GNC.**

El costo máximo unitario para el transporte de gas natural comprimido en vehículos de carga TVm se determinara como un costo promedio ponderado de los costos de transporte que se establezcan para los recorridos entre los municipios en donde se encuentran las estaciones de compresión (orígenes) y los municipios que forman parte de un mercado relevante donde se encuentran las estaciones de descompresión (destinos).

Para cada municipio origen que forma parte del mercado relevante se deberá determinar el costo de transporte de acuerdo con el tipo de camión. Este valor se establecerá con los valores de la matriz de GNC, que será publicada por la comisión. La matriz se actualizará los primeros días de enero con el IPC. Esta matriz se podrá consultar por las empresas y demás agentes interesados en la página web de la CREG.

- **Determinación de costos de transporte entre orígenes y destino.**

El costo de transporte será un flete determinado por el tipo de camión desde el municipio de la estación de compresión (origen) hasta el municipio en donde se encuentra la estación de descompresión (destino).

Así entonces tomando como sitio de origen al municipio de Sora (Boyacá), municipio de destino Chiquiza (Boyacá) y vehículo del tipo articulado e introduciendo estos datos en la matriz costos de transporte GNC, de la página web de la comisión (CREG), se obtuvo así el siguiente costo máximo unitario para el transporte de GNC se observa en la tabla No. 20.

**Tabla 20. Costo unitario para el transporte de GNC, Sora – Chiquiza**

Costos de Transporte Para GNC.

Origen		Destino	
Departamento:	BOYACA	Departamento:	BOYACA
Ciudad:	SORA	Ciudad:	CHQUIZA
Vehículo:		Articulado	Consultar

Depto	Mpio	Depto	Mpio	Costo IPC DIC 2004 \$/m <sup>3</sup>	Costo IPC DIC 2005 \$/m <sup>3</sup>	Costo IPC DIC 2006 \$/m <sup>3</sup>	Costo IPC DIC 2007 \$/m <sup>3</sup>	Costo IPC DIC 2008 \$/m <sup>3</sup>	Costo IPC DIC 2009 \$/m <sup>3</sup>	Costo IPC DIC 2010 \$/m <sup>3</sup>	Costo IPC DIC 2011 \$/m <sup>3</sup>	Costo IPC DIC 2012 \$/m <sup>3</sup>	Costo IPC DIC 2013 \$/m <sup>3</sup>
BOYACA	SORA	BOYACA	CHQUIZA	67.759	71.048	74.231	78.459	84.481	86.17	88.907	92.218	94.467	96.292

Fuente: [www.creg.gov.com](http://www.creg.gov.com), Matriz costo de transporte de GNC

El costo de transporte del GNC entre la estación compresora (Sora) y la Población (Chiquiza) es de 96,292 \$/m<sup>3</sup>.

- **Costo de almacenamiento GNC.**

El costo del almacenamiento del GNC en los módulos será calculado de la siguiente manera según resolución CREG 008 de 2005:

$$A = A_o * (1 - X)^{nm} * IPP_{m-1} / IPP_o$$

Dónde:

A = Costo de almacenamiento del gas natural correspondiente al mes m de prestación de servicio.

Ao = Costo de almacenamiento del gas natural aprobado por resolución de la CREG y expresado en precios de diciembre de 2003.

IPPM-1 = Índice de precios al productor Total nacional reportado por el banco de la república para el mes (m-1).

IPPo = Índice de precios al productor total nacional reportado por el banco de la república para diciembre de 2003.

Xt = Factor de productividad mensual de la actividad de transporte de gas natural por ductos. Dicho factor sería aplicable una vez la comisión adopte el respectivo factor de productividad para la actividad de transporte de gas natural.

Nm = Numero de meses transcurrido desde la entrada en vigencia de la presente resolución.

De acuerdo con lo anterior el costo unitario del almacenamiento A es el siguiente:

$$A = 71.73 * (1-0.00106)^{106} * (114.82/88.71)$$

$$A = 82.97 \$ / m^3$$

Dónde:

$$Ao = 71.73 \$/m^3 \text{ (cifras a diciembre de 2003)}$$

$$IPPM-1 = 114.82 \text{ (cifra de Dic de 2013 reportado por el banco de la república).}$$

$$IPPo = 88.71 \text{ (cifra de Dic. De 2003 Reportado por el banco de la república).}$$

Xt = 0.00106 (factor aplicado a partir de la entrada en vigencia de la resolución que establece el costo de compresión).

$$Nm = 106 \text{ (cifra de Mar. De 2005 a Dic. De 2013).}$$

De acuerdo con lo anterior se estima que el costo unitario de almacenamiento de GNC (A) es de 82.97 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Dic de 2013) equivale a 71.73 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Dic. De 2003).

- **Cargo de distribución Chiquiza (Incluye redes y estación de regulación o descompresión).**

Para determinar el costo de distribución Dm, nos basaremos a los costos analizados para la alternativa No. 1, para un costo de \$ 509.75/m<sup>3</sup>.

- **Cargo de comercialización de Chiquiza (Co).**

Para determinar el costo de comercialización Co del gas natural a suministrar en el municipio de Chiquiza, se tomara como referencia el costo de comercialización ya aprobado por la CREG, para la comercialización de Gas Natural por redes de tuberías el cual es presentado por GAS NATURAL CUNDIBOYACENSE S.A. Para los municipios de Viracachá, Boyacá, Chivatá, Toca, Siachoque, Soracá que se especificó en la alternativa No. 1, el cargo de Comercialización será (\$/factura) 2.176,65.

En resumen se tiene que el costo de comercialización del gas natural comprimido proveniente de Cusiana es el que se observa en la tabla No. 21.

**Tabla 21. Costo comercialización GNC de Cusiana**

<b>Costo comercialización GNC de Cusiana</b>	
<b>Componentes</b>	<b>\$/m<sup>3</sup>.</b>
Gas Boca de Pozo:	433,73
Transporte ramales sur de Santander – Boyacá:	173,77
Compresión GNC:	122.71
Transporte GNC:	96,292
Almacenamiento GNC:	82.97
Cargo distribución Chiquiza:	509.75
Cargo comercialización Chiquiza:	2.176,65 \$/factura

Fuente: Autor

Tomando como fuente de suministro el gas proveniente del campo Cusiana del departamento de Casanare, por los ramales sur de Santander – Boyacá los cuales son operados por TGI S.A. E.S.P, y de acuerdo al costo generado por la compra del gas y del costo de transporte del gas natural comprimido desde el ramal que llega al municipio de Sora (Boyacá) hasta el municipio de Chiquiza (Boyacá) y utilizado como vehículo transportador del tipo articulado, se tiene un costo unitario del gas natural para Chiquiza (Boyacá) que se detalla en la tabla No. 22.

**Tabla 22. Costo unitario del GNC de Cusiana**

<b>Componente</b>	<b>\$/m<sup>3</sup>.</b>
Gas Cusiana	433,73
Transporte ramales sur de Santander – Boyacá:	173,77
Compresión GNC:	122,71
Transporte GNC Vehículo Articulado:	96,29
Almacenamiento GNC:	82,97
<b>Total Costos GNC</b>	<b>909,47</b>

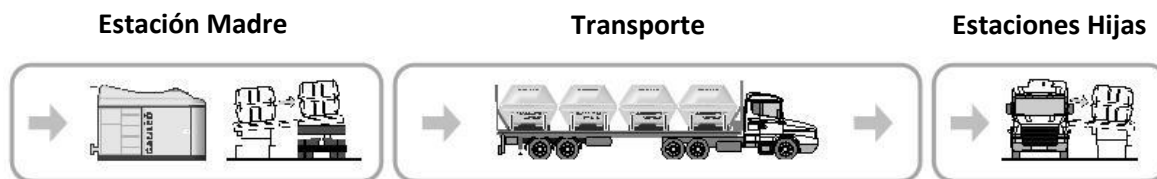
Fuente: Autor

Así entonces el costo de llevar el gas natural comprimido al municipio de Chiquiza por medio de la tecnología de un gasoducto virtual tiene un costo promedio de 909,47 \$/m<sup>3</sup>.

### 5.2.2.2 Infraestructura de Transporte de GNC

Una solución típica de Gasoducto Virtual consiste en tres sistemas interdependientes, una Estación Madre conectada a un gasoducto convencional, donde se comprime el gas natural en módulos especialmente diseñados para alojar gas a alta presión y luego ser transportados. El segundo sistema consiste en el transporte de los módulos de almacenamiento en camiones especiales hasta las distintas estaciones de consumo. Finalmente, el tercer sistema consiste en estaciones hijas de consumo, donde los módulos son descargados y el gas es adaptado para su consumo, dependiendo del uso final del mismo.

**Figura 43. Proceso de funcionamiento del Gasoducto Virtual**



Fuente: Surpetroil SAS

Para el desarrollo de la siguiente alternativa tendremos en cuenta las especificaciones técnicas del Sistema de Gasoducto Virtual ofrecido por Galileo<sup>5</sup>.

- **Estación Madre**

Está compuesta por un equipo MICROBOX® / MICROSKID® conectado a un gasoducto existente, comprime el gas dentro de módulos MAT de almacenamiento y transporte. Los módulos MAT se encuentran dispuestos sobre plataformas de carga PAC. Estas plataformas permiten que la carga de los módulos se realice de forma segura, facilitando además la carga y descarga de los módulos MAT en los tráilers de transporte.

- **Transporte**

Cuando los camiones con tráilers ST especialmente diseñados arriban a la estación madre, intercambian los módulos MAT vacíos por módulos llenos. Esta operación es muy simple y puede ser realizada por el conductor del camión, gracias a los dispositivos de carga y descarga que se encuentran dispuestos en el tráiler ST, llamados Máquinas ST, que automatizan el proceso de manera segura y reducen el tiempo de carga y descarga de los módulos MAT.

Una vez que el camión ha intercambiado todos sus módulos MAT, emprende su viaje hacia las estaciones hijas de consumo. Los módulos MAT transportados sobre el tráiler ST se encuentran sujetos mediante un sistema de anclaje especial para garantizar un transporte seguro, sin necesidad de sistemas de seguridad adicionales.

- **Estación Hija**

Al arribar el camión con el tráiler ST a cada estación hija de consumo, los módulos MAT llenos son nuevamente intercambiados por los módulos que han sido consumidos en la estación. Esta operación se realiza de manera simple y rápida por el conductor del camión. Según la cantidad de módulos que el tráiler puede transportar (entre 2 y 4 dependiendo del modelo del cual se trate), se podrá intercambiar la cantidad de módulos precisa que la estación necesite y seguir el recorrido hacia otra estación hija con los módulos llenos restantes.

En la estación hija, los módulos MAT se encuentran sobre las plataformas de descarga PAD, conectadas a la planta encargada de adaptar la presión del gas a

---

<sup>5</sup> Compañía Argentina que ofrece equipamiento para la industria del GNC

las necesidades de consumo de la estación, dependiendo de qué tipo de aplicación se trate.

Una vez que el camión ha intercambiado todos sus módulos MAT llenos por los vacíos en su recorrido, comenzará su viaje de retorno a la estación madre para volver a intercambiar sus módulos.

### 5.2.2.3 Especificaciones técnicas Sistema de Gasoducto Virtual Galileo

- **Compresión y Carga de Módulos MAT**

El sistema de compresión y carga de módulos de almacenamiento de GNC cuenta con un equipo compresor Microbox o Microskid que toma el gas natural a baja presión del gasoducto al cual se encuentra conectado. El equipo comprime el gas hasta una presión de 250 bar, llenando los módulos de almacenamiento MAT.

#### Figura 44. Estación de Carga

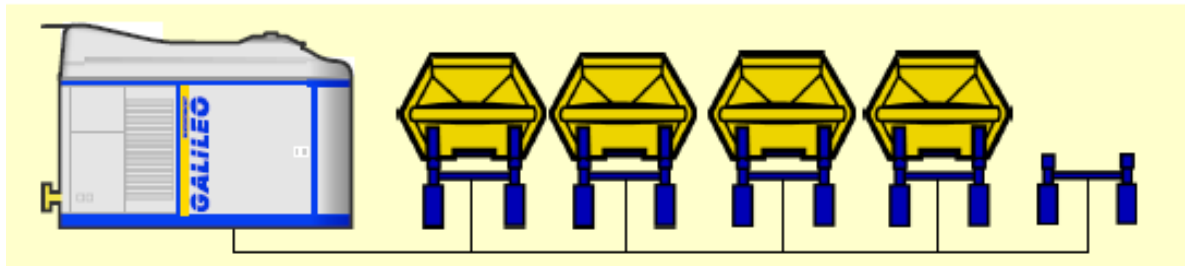


Fuente: Surpetroil SAS

El procedimiento de carga de un Módulo MAT es muy sencillo y solo toma algunos minutos. Llegado el camión con módulos MAT vacíos, provenientes de los centros de consumo, se descargan sobre las plataformas de carga PA-C ubicadas en la estación cabecera y se conectan a la línea de suministro por medio de una válvula de acople rápido. El llenado se produce en forma automática, hasta la presión de seteo del sistema (200 BarG a 250 BarG)

Una vez completada la carga, los módulos MAT son nuevamente cargados sobre el tráiler del camión para luego ser transportados hacia los centros de consumo.

**Figura 45. Diagrama esquemático de los equipos presentes en una Estación de Carga.**



Fuente: Surpetroil SAS

El sistema de compresión ofrecido Surpetroil S.A.S, es entregado directamente en la estación, debidamente nacionalizado y libre de impuesto, gravámenes, contribuciones y similares. El tiempo de entrega estimado es de 60 a 90 días a partir de la orden de compra, dependiendo de las condiciones de transporte tanto marítimo como terrestre en Colombia.

La unidad de compresión MICROBOX para GNC, ofrecido tiene la siguiente configuración:

**Tabla 23. Especificaciones Estación Compresora**

Referencia	Mín. - Máx. Nivel de Presión	Mín. - Máx. Caudal de Entrega
132-3-1800-15	8.00 bar - 15.00 bar	618 Sm <sup>3</sup> /h-1157 Sm <sup>3</sup> /h

Fuente: Surpetroil SAS

**Figura 46. Unidad de compresión Microbox**



Fuente: Surpetroil SAS

La estación compresora Incluye:

- Cabina blindada anti-explosiva.
- Tanque blow-down de aspiración a 250 bar.
- Puente de medición incorporado.
- Batería de almacenamiento de 1.000 Lt. incorporado.
- Tablero de potencia y control incorporado.
- Compresor recíprocante.
- Motor eléctrico con acople directo, no utiliza fajas ni poleas.
- Tanques de almacenaje.
- Inter y post enfriadores, refrigerados por aire.
- Tableros de fuerza y control PLC.
- Arrancador tipo Soft Starter (\*).
- Sistemas de seguridad activa.
- Panel prioritario de carga.
- Sensores de detección de gases (de atmósfera explosiva) dentro de las cabinas.
- Sistemas de extinción de incendios de accionamiento automático.
- Iluminación y cableado anti-explosivo.

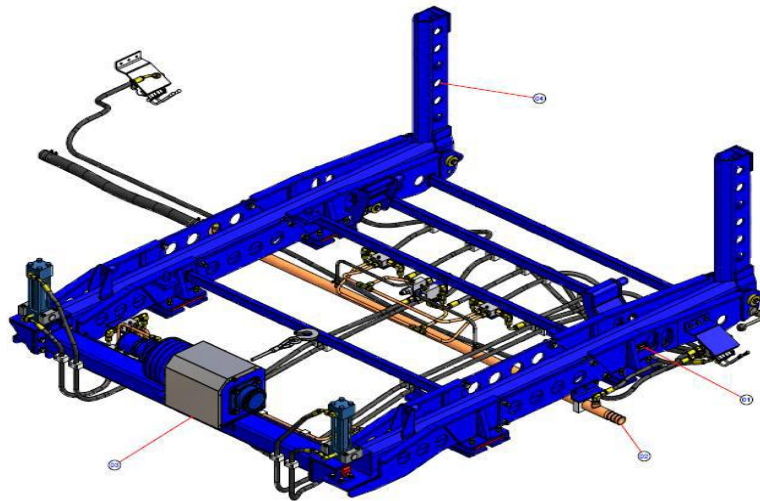
- **Transporte de Módulos MAT**

Los Módulos MAT se transportan por carreteras desde la estación de compresión y carga hasta los diferentes destinos. El transporte se realiza utilizando camiones

tractores con trailers específicamente diseñados para el transporte seguro de los módulos.

El Sistema de Transporte Hidráulico – (STH-2), consiste de una plataforma hidráulica para el transporte de dos MAT. Esta plataforma está dispuesta para instalarse sobre el chasis de un doble troque o mula. Consta de los dispositivos mecánicos necesarios para el cargue y descargue de los módulos MAT. Cada posición de carga está conformada por dos máquinas ST ancladas sobre el chasis las que actúan como guías de soporte de los dos esquíes base de cada módulo MAT.

**Figura 47. Sistema de Transporte Hidráulico (STH-)**



Fuente: Surpetroil SAS

**Figura 48. Diagrama Tráiler ST2 (2 módulos MAT)**



Fuente: Surpetroil SAS

El tráiler utilizado para el transporte de módulos MAT, denominado ST, fue desarrollado por Galileo especialmente para esta aplicación, basado principalmente en los siguientes conceptos:

- Seguridad y confiabilidad en el transporte módulos MAT, por sistema de enclavamiento.
- Facilidad y rapidez de Carga / descarga de módulos a plataformas fijas en tierra.
- Flexibilidad en cuanto a la capacidad máxima de módulos a ser transportados.
- Posibilidad de ser utilizado en todo tipo de carreteras.

El procedimiento de carga y descarga de Módulos, del Trailer ST, es muy sencillo, toma solo algunos minutos, y puede ser perfectamente realizado por el conductor del camión.

Dependiendo de la aplicación, los sistemas de transporte Gasoducto Virtual pueden contar con capacidad para 1, 2, 3 o 4 módulos MAT permitiendo distintas configuraciones en función de la demanda. La capacidad máxima de transporte de un Trailer ST, de 2 posiciones o módulos MAT por viaje, implica un volumen máximo desplazado de aproximadamente 3000 m<sup>3</sup> de Gas Natural.

El Trailer ST contiene a las máquinas ST encargadas de cargar y descargar los módulos MAT en las plataformas de carga y descarga de las estaciones de destino. Cada posición de carga, queda conformado por dos máquinas ST, montadas sobre el tráiler, las cuales actúan como guías de soporte de los dos esquís / patines base de cada módulo MAT. Esta característica, permite la posibilidad de modificar la capacidad instalada de transporte de cada tráiler, en función de la demanda de Módulos de los centros de consumo.

Para transportar los módulos de almacenamiento del GNC, se tomó como base el estudio realizado por COINOR Ltda. “Definición de costos en el transporte de Gas Natural Comprimido para poblaciones” y en el cual se estableció dos opciones estándar que son:

- Camiones unitarios o rígidos de 2,3 y 4 ejes. Camión de 12 toneladas de capacidad, que puede transportar hasta cinco módulos de 300 m<sup>3</sup>, para un total de 1.500 m<sup>3</sup>.
- Camión articulado de 5 o más ejes. Cabezote con un tráiler de capacidad de 40 toneladas de carga y una grúa.

El tráiler puede transportar hasta diez y ocho (18) módulos de almacenamiento (36 toneladas), para un total de 5400 m<sup>3</sup>.

El ministerio de transporte, mediante Decreto No. 1609 de 31 de julio de 2002, reglamento el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. Dentro de estas mercancías peligrosas se encuentra el Gas Natural Comprimido GNC y el gas licuado de Petróleo GLP.

Con el fin de asignar el tipo de camión óptimo para abastecer la demanda del municipio de Chiquiza y donde se considera un posible consumo diario de GNC domiciliario y el costo total de transportar y almacenar el GNC, se obtuvo que es más viable el uso del camión articulado de 5 o más ejes de acuerdo a datos reportados por la CREG.

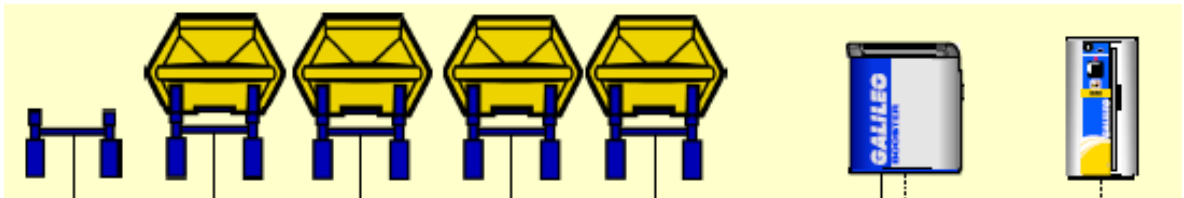
Con la designación del camino a utilizar para el transporte de los módulos de GNC e información solicitada al proveedor de equipos para GNC (Supetroil), se obtuvieron los datos descritos a continuación.

- **Estación de GNC Remota**

En sitios donde existe una necesidad de suministro de gas natural, y las condiciones no permiten conectar a una red de gas convencional, la mejor alternativa es la instalación de una Estación de GNC Remota con Gasoducto Virtual.

La Estación de GNC Remota cuenta con Plataformas de Descarga de Módulos MAT, denominadas PAD, un compresor BOOSTER® de descarga y gerenciamiento de módulos de almacenamiento y uno o más Dispensers para la carga de vehículos en la Estación de GNC vehicular.

**Figura 49. Diagrama esquemático de equipos de una Estación de GNC Remota**



Fuente: Surpetroil SAS

Al arribar el transporte ST a la Estación de GNC Remota, los módulos de almacenamiento MAT se descargan sobre las plataformas de descarga PAD

instaladas en la estación y se conectan con el surtidor a través de un Booster® de descarga. Los Módulos MAT son gerenciados por el sistema de Cascada Rotante que maximiza la descarga de GNC de los módulos y minimiza el tiempo de carga de los vehículos.

### **Figura 50. Diagrama Estación de GNC Remota**



Fuente: Surpetroil SAS

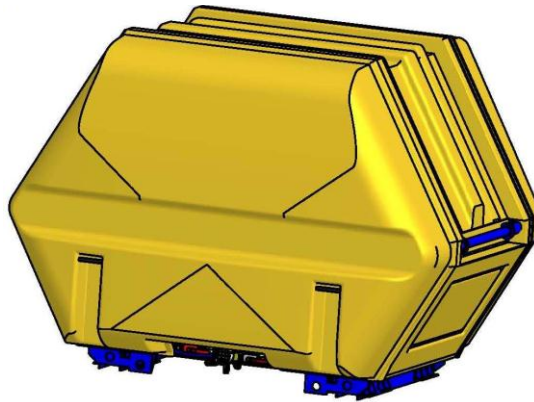
La característica modular de todos los equipos desarrollados por Galileo permite adaptar la estación de GNC Remota en función del crecimiento de la demanda, agregando Plataformas de Descarga PAD y Módulos MAT adicionales, conforme la demanda de GNC va creciendo.

Cada módulo, denominado MAT, tiene una capacidad de hasta 1500 metros cúbicos a 250 bar y 15 °C. Es el componente principal del sistema modular de transporte SIMT, donde se transporta y almacena el gas natural comprimido para ser usado en los distintos puntos de consumo.

Cada módulo contiene las siguientes partes:

- Cilindros donde se almacena el gas comprimido.
- Bastidor donde se agrupan los cilindros para formar una sola pieza.
- Tubería de interconexión

**Figura 51. Módulos de Almacenamiento y Transporte (MAT)**



Fuente: Surpetroil SAS

Para la operación del gasoducto virtual se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se reconocerá 1 módulo de trabajo que estará en utilización en la etapa de compresión y transporte.
- Así mismo se reconocerá 1 módulo de almacenamiento que estará suministrando el gas en el municipio de Chiquiza.
- Se estima que cada módulo MAT tendrá una vida útil de 20 años y en la cual se deberá recuperar su inversión.

- **Estación Descompresora**

La estación descompresora requiere de válvulas para bajar la presión de 3600 psig a 250 psig y los módulos de almacenamiento para suministrar el gas natural.

De acuerdo con las especificaciones técnicas obtenidas, por el proveedor (Surpetroil SAS) la estación descompresora PRP 500, incluye:

- Unidad reductora, doble rama
- Sistema scada
- Cabina de protección
- Sistema de calentamiento

**Figura 52. Planta reductora de presión.**



Fuente: Surpetroil SAS

#### **5.2.2.4 Costos de Inversión del Sistema de Gasoducto Virtual Galileo**

- **Costos Inversión Estación Compresora**

Este equipo puesto en sitio de instalación tiene un costo de: \$ 302.683.000 pesos.

En el caso del proyecto, para la infraestructura de la estación compresora, se ha previsto como opción básica utilizar un lote de aproximadamente 800 m<sup>2</sup> (20 X 40 m<sup>2</sup>) con un costo de \$ 50.000,00/m<sup>2</sup> para un total de \$ 40.000.000.

La estación convencional se instalaría lo más cerca posible al suministro permanente y alta presión del Gas, el costo básico de esta conexión se estima que oscile entre US 50.000 y US 70.000, dependiendo del tamaño de la estación, la distancia de las acometidas de gas y electricidad.

Para efectos del presente proyecto, se asume que el costo de las obras civiles y la infraestructura de conexión requerida serán de US 50.000, cifra que se ajustara a sus valores reales una vez sea elaborado el diseño detallado con sus correspondientes precios unitarios.

Inversión total de la estación compresora, sin considerar llenado de vehículos con GNV, es de **US\$ 221.341,50**.

- **Gastos de Administración, operación y mantenimiento (AOM) Estación Compresora.** Para efectos de determinar los gastos por concepto de AOM asociados a la estación de compresión se dividió en los siguientes rubros:

- ✓ Gastos por concepto de combustible
  - ✓ Gastos de administración, operación y mantenimiento asociados a cada compresor y diferentes a combustible.
- **Gastos por concepto de combustible.** Para la parte de servicios y acorde con la información disponible en la CREG, las estaciones de compresión existentes y previstas para atender usuarios residenciales con GNC utilizan motor eléctrico como mecanismo de fuerza. Así, el combustible a consumir será energía eléctrica. Acorde con la información disponible en la comisión se considera una eficiencia de 0,11 kwh/m<sup>3</sup> para una presión de succión de 250 psig, un trabajo diario promedio de 12 horas (4380 horas por año), una capacidad de compresión media de 100 m<sup>3</sup>/hora para cada compresor y disponibilidad del 100% durante todo el año.

Debe tenerse en cuenta que usuarios con consumos superiores a 100 kw hacen parte de los usuarios no regulados para efectos de tarifas de energía eléctrica (Res. 131 de 1998) y generalmente están conectados al nivel 2 del sistema de distribución.

A partir de las anteriores cifras se tiene que el costo anual por concepto de combustibles (energía eléctrica) es de: \$ 17.282.363,53 pesos.

Precio promedio de la energía eléctrica 358.7041 \$/kwh, (cifras de Feb. De 2013 de CODENSA).

- **Gastos de Administración, Operación y Mantenimiento, distintos a combustible, asociados a cada compresor.** Se propone reconocer un costo anual, para todo el horizonte de proyección, del 10% del costo reconocido para cada compresor. Así mismo, se propone reconocer un mantenimiento mayor cada cinco años equivalente al 10% del valor de inversión reconocido para cada compresor. Lo anterior acorde con estudios reportados por la CREG. Aplicando lo anterior se obtienen las siguientes cifras:
  - ✓ Costo de AOM anual \$ 30.268.300 pesos
  - ✓ Costo mantenimiento mayor cada 5 años \$ 30.268.300 pesos.
- **Demanda.** Tomando 20 años como vida útil de la estación compresora, y a partir de la capacidad media de compresión (100 m<sup>3</sup>/h) y de la utilización media anual del compresor (4380 h) consideradas anteriormente, se tiene que el volumen medio anual asociado a la unidad de compresión estándar es de

438.000 m<sup>3</sup>. Se asume una demanda plana durante el horizonte de proyección. Dicho volumen puede estar destinado tanto a la actividad de GNC para uso domiciliario.

- **Costos Inversión para Trailer de 40 toneladas.**

Según datos ofrecidos por el proveedor el procedimiento de carga y descarga de módulos, del Trailer ST, es muy sencillo, toma solo algunos minutos, y puede ser perfectamente realizado por el conductor del camión.

La inversión para el Sistema Hidráulico de Transporte ST-2, con sistema de carga y descarga de los módulos de GNC, es de \$ 383.131.428,24.

- **Gastos de Administración, operación y mantenimiento (AOM) Transporte GNC.** El vehículo recorrerá una distancia aproximada de 10 KM para llegar a su destino, el cual tiene un consumo de ACPM con carga completa de un galón por 5 kilómetros cargado, un conductor, mantenimiento (\$ 50.000.000 anuales) y seguros (4% anual) por \$65.325.257 pesos anuales.

- **Costos de Inversión de la Estación de GNC Remota**

El costo por modulo se estima así:

**Tabla 24. Costos módulos de almacenamiento**

TIPO	MODELO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO DDP	IVA	TOTAL
Módulos MAT	MAT-1500-250-39	2	\$ 190.000.000	0	\$ 380.000.000

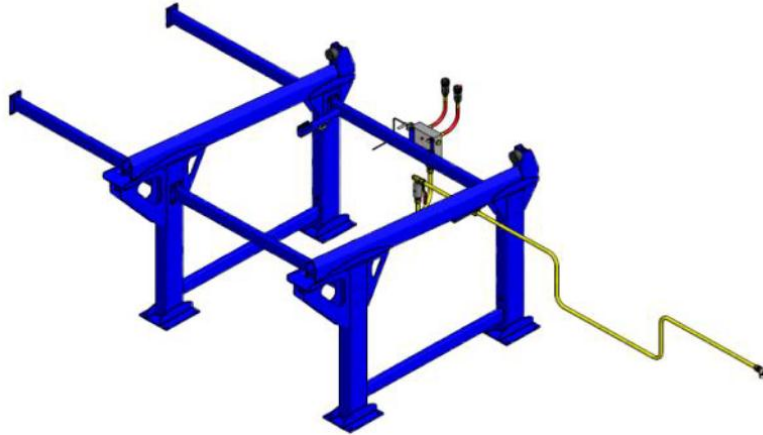
Fuente: Surpetroil SAS

Es decir para satisfacer la demanda proyectada de GNC domiciliario en el municipio de Chiquiza, se considera una inversión de 2 módulos para un total de: \$380.000.000 pesos.

Para la carga y descarga de los módulos MAT, tanto en la estación compresora como la estación descompresora, y a datos suministrados por el proveedor (Surpetroil SAS), se considera:

1. La instalación de una (1) plataforma de almacenamiento y carga (PAC), para la estación compresora, la cual va a soportar el módulo de almacenamiento y transporte (MAT), esta plataforma está conectada directamente a la descarga del compresor que mediante acoples rápidos entregan el gas comprimido al módulo de almacenamiento.

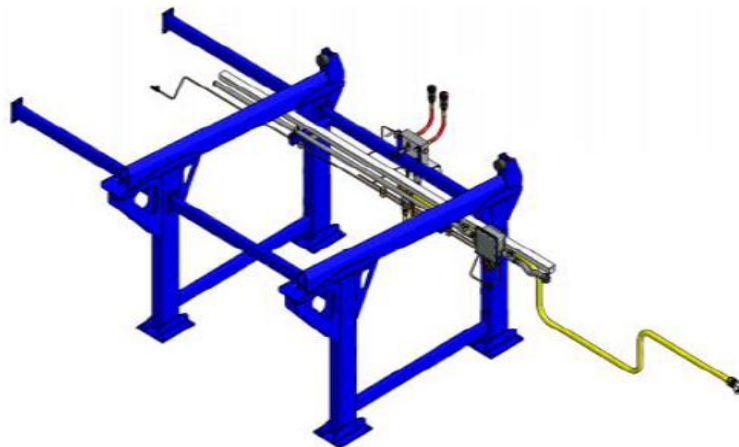
**Figura 53. Plataforma de Almacenamiento y Carga (PAC)**



Fuente: Surpetroil SAS

2. La instalación de una (1) plataforma de almacenamiento y descarga (PAD), para la estación descompresora, la cual va a soportar el módulo de almacenamiento y transporte (MAT), en el momento de descarga para alimentar las plantas reductoras de presión. Las cuales van a estar interconectadas al PLC de las unidades de regulación y medición.

**Figura 54. Plataforma de Almacenamiento y Descarga (PAD)**



Fuente: Surpetroil SAS

Cada plataforma cuenta con las siguientes especificaciones:

- La estructura de la plataforma de carga es autoportante, diseñada y construida totalmente en acero comercial, resistente a la acción atmosférica mediante el tratamiento anticorrosivo que posee.
- Tubería específicamente dimensionada para la capacidad de consumo.
- Válvulas, sensores y accesorio de operación y control.

**Figura 55. Detalle carga módulos desde las plataformas**



Fuente: Surpetroil SAS

El costo de las plataformas es:

**Tabla 25. Costo de las plataformas de Almacenamiento de carga y descarga.**

TIPO	MODELO	CANTIDAD	V. UNITARIO	IVA	TOTAL
Plataforma de carga	PAC	1	\$ 17.000.000	\$ 2.720.000	\$ 19.720.000
Plataformas de Descarga	PAD	1	\$ 17.000.000	\$ 2.720.000	\$ 19.720.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 39.440.000</b>

Fuente: Surpetroil SAS

Cada módulo y plataforma requiere de un mantenimiento cada cinco años en promedio del 0.5% de su costo inicial, el cual equivale a: \$ 2.097.200 pesos

En la siguiente tabla se hace un resumen de los equipos y costos que se generan para el servicio de almacenamiento de GNC.

**Tabla 26. Inversión por concepto de almacenamiento del GNC.**

CONCEPTO	COSTO
Módulos MAT	\$ 380.000.000
Plataformas de almacenamiento de carga y descarga	\$ 39.440.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 419.440.000</b>

Fuente: Autor

- **Costos de Inversión de la Estación Descompresora**

La estación descompresora tiene un costo de \$ 154.049.999 pesos.

Para el óptimo funcionamiento de la estación descompresora esta debe tener:

1. Almacenamiento principal, que es el encargado de suministrar permanentemente el gas natural comprimido.
2. Almacenamiento de reserva, que garantiza la continuidad del suministro cuando se acaba el almacenamiento principal y el vehículo transportador aún no ha llegado.
3. El almacenamiento que está transportando el vehículo transportador.

Adicionalmente se requiere un lote para la maniobra del transportador y una pequeña instalación para proteger la planta reductora de presión, de aproximadamente 1200 m<sup>2</sup> (30 m x 40 m) con un costo de \$ 60.000.000 pesos. (\$ 50.000,00/m<sup>2</sup>)

Para la adecuación de la estación descompresora requiere de trabajos e infraestructura como: Descapote, Excavación, Explanación, Relleno con mejoramiento de material, Construcción de oficinas, encerramiento, pisos en concreto, tuberías, iluminación, etc. El cual tiene un costo aproximado de \$ 100.000.000 de pesos más el 20% de AIU, lo cual equivale a un costo total de \$ 120.000.000 de pesos.

El trabajo requerido para atender la estación descompresora no es significativo y lo puede realizar el mismo operador de la estación “citygate”, por lo cual no se consideran costos ni gastos por este rubro.

Para el mantenimiento de la estación se considera anualmente un costo del 2% del valor de los equipos y del 0.5% para seguros, para un total de: \$3.851.250 pesos.

### 5.2.2.5 Estudio económico evaluación financiera. Alternativa 2

- **Proyecciones financieras**

Las proyecciones financieras, se han efectuado utilizando un modelo que incluye varios escenarios, las bases macroeconómicas, la metodología utilizada para la proyección de la demanda, el cálculo de los ingresos por comercialización del gas natural, los costos y gastos, el programa de inversiones, para finalmente elaborar el flujo de caja del proyecto del 2014 al 2033, para calcular el TIR del proyecto y el VPN, para definir la viabilidad del proyecto.

- **Variables macroeconómicas**

La formulación de las proyecciones financieras ha partido de supuestos macroeconómicos, definidos con base en información suministrada por fuentes bibliográficas.

En la siguiente tabla, se muestran datos de inflación, tasa de interés, tasa de cambio, tarifa de impuestos y otros datos relacionados con el proyecto.

**Tabla 27. Bases macroeconómicas para el proyecto. Alternativa 2**

Inflación	4,00%
Tasa de Interés	12,00%
Tasa de Cambio de dólar a pesos Colombianos	\$ 2.000
Impuestos	35,00%

Fuente: Autor

- **Inversión total del proyecto**

Para poner en marcha el proyecto de GNC, en el municipio de Chiquiza se ha considerado la inversión que se presenta en la tabla No. 28.

**Tabla 28. Inversión del proyecto**

<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-BOYACA.</b>		
<b>PLAN DE INVERSIÓN</b>	<b>SUB-TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>
<b>INVERSIÓN FIJA</b>	<b>\$ 1.579.304.427</b>	<b>\$ 1.579.304.427</b>
Terrenos	\$ 100.000.000	\$ 100.000.000
Obras Civiles	\$ 120.000.000	\$ 120.000.000
Equipos	\$ 1.259.304.427	\$ 1.259.304.427
Acometidas Industriales	\$100.000.000	\$100.000.000
<b>TOTAL VALOR DE LOS ACTIVOS</b>	<b>\$ 1.579.304.427</b>	<b>\$ 1.579.304.427</b>

Fuente: Autor

- **Flujo de Caja del Proyecto**

A continuación se elabora el flujo de caja del proyecto para calcular el VPN.

**Tabla 29. Flujo de caja del proyecto Alternativa 2.**

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-BOYACA.						
CONCEPTO / AÑO	0	1	2	3	4	5
INVERSIONES (-)	\$ (1.579.304.427,00)					
INGRESOS POR VENTAS (+)		\$ 35.625.395,05	\$ 37.448.802,37	\$ 39.361.081,64	\$ 41.366.425,17	\$ 43.469.218,45
COSTO DE PRODUCCIÓN (-)		\$ 23.796.747,00	\$ 24.052.626,00	\$ 24.308.505,00	\$ 24.564.384,00	\$ 24.820.263,00
COSTOS DE AO&M (-)		\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 149.092.670,53
EBITDA		\$ (104.898.522,48)	\$ (103.330.994,16)	\$ (101.674.593,89)	\$ (99.925.129,36)	\$ (130.443.715,08)
DEPRECIACIÓN (-)		\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35
EBIT		\$ (183.863.743,83)	\$ (182.296.215,51)	\$ (180.639.815,24)	\$ (178.890.350,71)	\$ (209.408.936,43)
IMPUESTOS 35% (-)		\$ (64.352.310,34)	\$ (63.803.675,43)	\$ (63.223.935,33)	\$ (62.611.622,75)	\$ (73.293.127,75)
NOPAT (utilidad)		\$ (119.511.433,49)	\$ (118.492.540,08)	\$ (117.415.879,91)	\$ (116.278.727,96)	\$ (136.115.808,68)
DEPRECIACIÓN (+)		\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35
FCL (flujo de caja libre)		\$ (40.546.212,14)	\$ (39.527.318,73)	\$ (38.450.658,56)	\$ (37.313.506,61)	\$ (57.150.587,33)
<b>FLUJO NETO</b>	<b>\$ (1.579.304.427,00)</b>	<b>\$ (40.546.212,14)</b>	<b>\$ (39.527.318,73)</b>	<b>\$ (38.450.658,56)</b>	<b>\$ (37.313.506,61)</b>	<b>\$ (57.150.587,33)</b>
<b>FLUJO NETO DE LA INVERSIÓN</b>	<b>\$ (1.579.304.427,00)</b>	<b>\$ (1.619.850.639,14)</b>	<b>\$ (1.659.377.957,87)</b>	<b>\$ (1.697.828.616,43)</b>	<b>\$ (1.735.142.123,04)</b>	<b>\$ (1.792.292.710,37)</b>

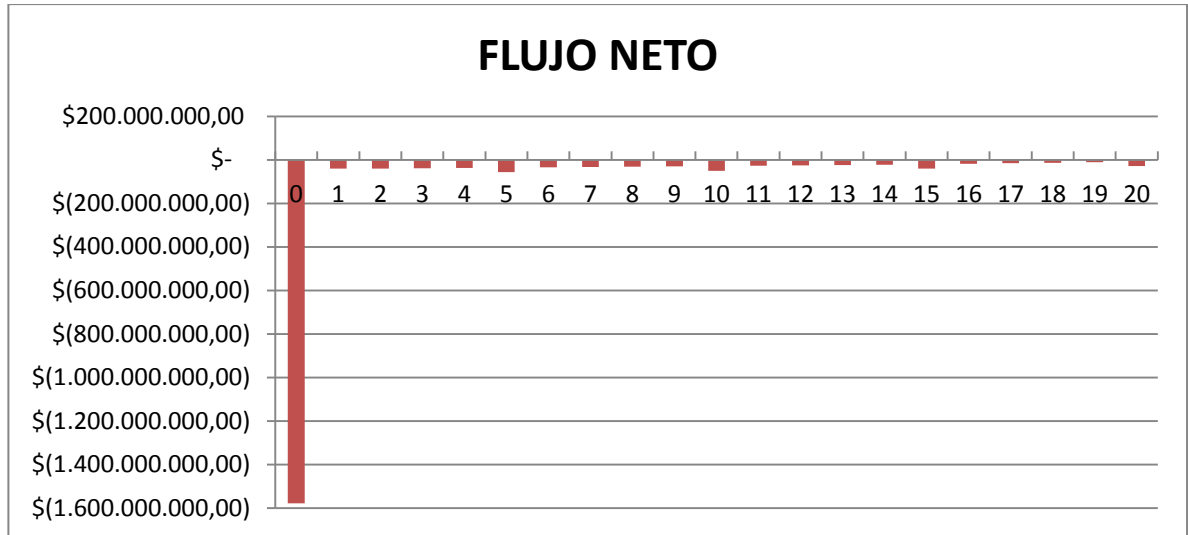
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-BOYACA.						
CONCEPTO / AÑO	0	6	7	8	9	10
INVERSIONES (-)	\$ (1.579.304.427,00)					
INGRESOS POR VENTAS (+)		\$ 45.674.048,91	\$ 47.985.715,06	\$ 50.409.236,02	\$ 52.949.861,51	\$ 55.613.082,27
COSTO DE PRODUCCIÓN (-)		\$ 25.076.142,00	\$ 25.332.021,00	\$ 25.587.900,00	\$ 25.843.779,00	\$ 26.099.658,00
COSTOS DE AO&M (-)		\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 149.092.670,53
EBITDA		\$ (96.129.263,62)	\$ (94.073.476,47)	\$ (91.905.834,51)	\$ (89.621.088,02)	\$ (87.346.246,26)
DEPRECIACIÓN (-)		\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35
EBIT		\$ (175.094.484,97)	\$ (173.038.697,82)	\$ (170.871.055,86)	\$ (168.586.309,37)	\$ (166.311.467,61)
IMPUESTOS 35% (-)		\$ (61.283.069,74)	\$ (60.563.544,24)	\$ (59.804.869,55)	\$ (59.005.208,28)	\$ (58.166.563,66)
NOPAT (utilidad)		\$ (113.811.415,23)	\$ (112.475.153,59)	\$ (111.066.186,31)	\$ (109.581.101,09)	\$ (108.144.903,95)
DEPRECIACIÓN (+)		\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35
FCL (flujo de caja libre)		\$ (34.846.193,88)	\$ (33.509.932,24)	\$ (32.100.964,96)	\$ (30.615.879,74)	\$ (29.126.682,60)
<b>FLUJO NETO</b>	<b>\$ (1.579.304.427,00)</b>	<b>\$ (34.846.193,88)</b>	<b>\$ (33.509.932,24)</b>	<b>\$ (32.100.964,96)</b>	<b>\$ (30.615.879,74)</b>	<b>\$ (29.126.682,60)</b>
<b>FLUJO NETO DE LA INVERSIÓN</b>	<b>\$ (1.579.304.427,00)</b>	<b>\$ (1.827.138.904,26)</b>	<b>\$ (1.860.648.836,49)</b>	<b>\$ (1.892.749.801,45)</b>	<b>\$ (1.923.365.681,19)</b>	<b>\$ (1.973.454.363,79)</b>

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-BOYACA.						
CONCEPTO / AÑO	0	11	12	13	14	15
INVERSIONES (-)	\$ (1.579.304.427,00)					
INGRESOS POR VENTAS (+)		\$ 58.404.640,91	\$ 61.330.543,31	\$ 64.397.070,47	\$ 67.610.790,94	\$ 70.978.573,74
COSTO DE PRODUCCIÓN (-)		\$ 26.355.537,00	\$ 26.611.416,00	\$ 26.867.295,00	\$ 27.123.174,00	\$ 27.379.053,00
COSTOS DE AO&M (-)		\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 149.092.670,53
EBITDA		\$ (84.678.066,62)	\$ (82.008.043,22)	\$ (79.197.395,06)	\$ (76.239.553,59)	\$ (73.401.149,79)
DEPRECIACIÓN (-)		\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35
EBIT		\$ (163.643.287,97)	\$ (160.973.264,57)	\$ (158.162.616,41)	\$ (155.204.774,94)	\$ (152.436.371,14)
IMPUESTOS 35% (-)		\$ (57.275.150,79)	\$ (56.340.642,60)	\$ (55.356.915,74)	\$ (54.321.671,23)	\$ (53.272.429,90)
NOPAT (utilidad)		\$ (106.368.137,18)	\$ (104.632.621,97)	\$ (102.805.700,66)	\$ (100.883.103,71)	\$ (98.934.941,24)
DEPRECIACIÓN (+)		\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35
FCL (flujo de caja libre)		\$ (27.402.915,83)	\$ (25.667.400,62)	\$ (23.840.479,31)	\$ (21.917.882,36)	\$ (20.000.719,89)
<b>FLUJO NETO</b>	<b>\$ (1.579.304.427,00)</b>	<b>\$ (27.402.915,83)</b>	<b>\$ (25.667.400,62)</b>	<b>\$ (23.840.479,31)</b>	<b>\$ (21.917.882,36)</b>	<b>\$ (20.000.719,89)</b>
<b>FLUJO NETO DE LA INVERSIÓN</b>	<b>\$ (1.579.304.427,00)</b>	<b>\$ (2.000.857.279,62)</b>	<b>\$ (2.026.524.680,24)</b>	<b>\$ (2.050.365.159,55)</b>	<b>\$ (2.072.283.041,91)</b>	<b>\$ (2.113.215.761,80)</b>

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA-BOYACA.						
CONCEPTO / AÑO	0	16	17	18	19	20
INVERSIONES (-)	\$ (1.579.304.427,00)					
INGRESOS POR VENTAS (+)		\$ 74.507.601,89	\$ 78.205.386,58	\$ 82.079.781,88	\$ 86.139.000,18	\$ 90.391.628,30
COSTO DE PRODUCCIÓN (-)		\$ 27.634.932,00	\$ 27.890.811,00	\$ 28.146.690,00	\$ 28.402.569,00	\$ 28.658.448,00
COSTOS DE AO&M (-)		\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 116.727.170,53	\$ 149.092.670,53
EBITDA		\$ (69.854.500,64)	\$ (66.412.594,95)	\$ (62.794.078,65)	\$ (58.990.739,35)	\$ (55.359.490,23)
DEPRECIACIÓN (-)		\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35
EBIT		\$ (148.819.721,99)	\$ (145.377.816,30)	\$ (141.759.300,00)	\$ (137.955.960,70)	\$ (134.390.911,58)
IMPUESTOS 35% (-)		\$ (52.086.902,70)	\$ (50.882.235,71)	\$ (49.615.755,00)	\$ (48.284.586,25)	\$ (46.922.649,05)
NOPAT (utilidad)		\$ (96.732.819,29)	\$ (94.495.580,60)	\$ (92.143.545,00)	\$ (89.671.374,46)	\$ (87.468.262,53)
DEPRECIACIÓN (+)		\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35	\$ 78.965.221,35
FCL (flujo de caja libre)		\$ (17.767.597,94)	\$ (15.530.359,25)	\$ (13.178.323,65)	\$ (10.706.153,11)	\$ (8.234.041,18)
<b>FLUJO NETO</b>	<b>\$ (1.579.304.427,00)</b>	<b>\$ (17.767.597,94)</b>	<b>\$ (15.530.359,25)</b>	<b>\$ (13.178.323,65)</b>	<b>\$ (10.706.153,11)</b>	<b>\$ (8.234.041,18)</b>
<b>FLUJO NETO DE LA INVERSIÓN</b>	<b>\$ (1.579.304.427,00)</b>	<b>\$ (2.130.983.359,75)</b>	<b>\$ (2.146.513.718,99)</b>	<b>\$ (2.159.692.042,65)</b>	<b>\$ (2.170.398.195,75)</b>	<b>\$ (2.199.544.036,93)</b>

Fuente: Autor

**Figura 56. Flujo de Caja del proyecto Alternativa 2.**



Fuente: Autor

- **Resultado del análisis económico**

**Tabla 30. Resultados financieros Alternativa 2.**

<b>TASA DE DESCUENTO</b>	11,93%
<b>VPI DEL PROYECTO</b>	- 268.219.157,27
<b>VPN DEL PROYECTO</b>	-1.847.523.584,27

Fuente: Autor

La base de la tasa de oportunidad después de impuestos, establecida en la resolución CREG 045 de 2002 para la actividad de distribución de gas combustible por redes es del 11,93%.

- **Concepto viabilidad financiera**

Tomando como base las proyecciones de cada una de las variables para la determinación del flujo de caja del proyecto, los resultados presentados en el flujo de caja muestran que la alternativa No. 2 para el suministro de gas natural al municipio de Chiquiza por medio del sistema de gasoducto virtual no es viable financieramente debido a la poca demanda que requiere el municipio, lo que genera que el proyecto no sea rentable para el inversionista.

## 6. CONCLUSIONES

- Con la realización de este estudio de factibilidad se evidencio la gran necesidad que tiene el municipio de Chiquiza (Boyacá) de contar con un sistema de abastecimiento de gas natural que suministre el servicio a los habitantes de la región, ya que se diagnosticaron las diferentes problemáticas que actualmente están enfrentando la población, en cuanto a sus condiciones sociales, ambientales y económicas que influyen directamente día día en la disminución de la calidad de vida de los Chiquizanos.
- El problema de utilizar fuentes de energía sustitutas para la actividad domestica de la población, está generando un alto impacto ambiental regional, específicamente por la deforestación de bosques para realizar las labores diarias de un hogar, lo que conlleva a una deficiencia en el recurso hídrico de la región, tanto en calidad como en cantidad.
- El resultado obtenido del presente estudio de factibilidad no es el esperado, ya que aunque sabíamos que la demanda de Gas Natural para el municipio era baja no presupuestábamos que realmente fuera tan insuficiente para la viabilidad de un sistema de abastecimiento de Gas Natural.
- Analizando los resultados obtenidos de las dos alternativas estudiadas se concluye que las dos alternativas son técnicamente viables, sin embargo ninguna de las dos es económicamente viable, ya que en ambos casos tenemos un valor presente neto negativo.
- Con respecto a la viabilidad financiera de las dos alternativas podemos concluir que aunque para la alternativa No. 1, la inversión inicial es menor que para la alternativa No. 2, esta última tiene un mejor comportamiento a lo largo de un periodo de 20 años, y esto se debe a que los costos de administración, operaciones y mantenimiento son menores en un sistema de gas natural virtual que en un gasoducto convencional, en dado caso en el momento en que la demanda del municipio aumente de una manera significativa sería mejor opción la implementación de un sistema de Gas Natural Virtual.
- Con la ayuda del Gobierno Nacional se podrían gestionar los recursos económicos de inversión para la construcción de un sistema de

abastecimiento de Gas Natural para el municipio de Chiquiza, sin embargo se deben analizar detalladamente los costos de producción del gas, ya que según el presente estudio con los datos suministrados, el proyecto por sí solo no va a ser sostenible dados los altos costos de Administración, Operación y Mantenimiento para tan pequeña demanda, por lo cual también se deben revisar estrategias en conjunto con la Comisión de Regulación de Gas y Energía – CREG, para lograr que el proyecto llegue a ser autosostenible.

- Para poder llevar a cabo la realización de un proyecto con estas condiciones sería necesario que tanto los entes gubernamentales como las empresas privadas que participan en la cadena del gas natural, se enfocaran más en la problemática social y ambiental del municipio, que en la rentabilidad del sistema de Gas Natural, ya que esto es un factor predominante a la hora de desarrollar un proyecto, y debe estar inmerso dentro de su política de responsabilidad social y ambiental con la nación.

## BLIBLIOGRAFIA

- ACERO GALINDO, Olga Marlén. Chíquiza Diagnóstico 2012. Impresol Ediciones Ltda. Colombia 2012.P.80
- ASME B31.8. Gas Transmission and distribution Piping Systems. New York 2007. P.202
- CACERES GRAZIANI, Luis F. El Gas Natural. Tercera Edición. Perú Corporación Aceros Arequipa S.A. 2002.P.110
- Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG. Consultoría para la determinación de los niveles admisibles de participación en el mercado y de integración de actividades en la cadena del GLP. Bogotá D.C. 2011. P.197
- LATORRE Chacón Leonardo. Tecnología del Gas Natural. Universidad Nacional. Colombia.P.86
- LÓPEZ Jimeno Carlos; IÑESTA Burgos Jorge; GARCÍA Fernández, Pedro Antonio. El Gas Natural el recorrido de la Energía. Primera Edición. España. Madrid innova. 2002.P.18
- LÓPEZ ROJAS, Lady Milena. Ingeniería Conceptual en el diseño del gasoducto Santana – Aratóca. Tesis. Bucaramanga 2010. P.166
- PINTO PINTO, Rafael Homero. Plan de Desarrollo 2012- 2015. Chiquiza, 2012.P.210
- Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. Plan de abastecimiento para el suministro y transporte de gas natural en Colombia. Colombia 2009. P.32

- UYASABA MORENO, Luis Arturo. Estudio de Factibilidad técnica y económica para el suministro de gas natural comprimido domiciliario en el municipio de San Gil, Santander. Tesis. Bucaramanga 2011. P.155
- <http://chiquiza-boyaca.gov.co/>. Municipio de Chiquiza Boyacá
- <http://www.ecopetrol.com.co/>. ECOPETROL
- <http://www.tgi.com.co/>. Transportadora de Gas Internacional
- <http://www.innergy.cl/>. INNERGY Soluciones Energéticas
- <http://www.indisaonline.8m.com/anteriores/78.htm>. BERNAL Ortiz, Andrés. Ingeniero Comercial Unidad Estratégica de Negocio Fabricación & Montajes. INDISA S.A 08/06/2013.
- <http://apolo.creg.gov.co/>
- <http://www.portafolio.co/archivo/documento/CMS-7904134> 08/06/2013.
- <http://www.creg.gov.co/>. Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG
- <http://www.upme.gov.co/>. Unidad de Planeación Minero Energética – UPME
- <http://www.galileoar.co/>. GALILEO, Natural Gas Technologies
- <http://www.surpetroil.com.co/>. Surpetroil Controls Ltda.
- <http://www.naturgas.com.co/>. Asociación Colombiana de Gas Natural - NATURGAS