

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO  
DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN  
GIL, SANTANDER**

**LUIS ARTURO UYASABA MORENO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISCOQUÍMICAS  
INGENIERÍA DE PETROLEOS  
BUCARAMANGA  
2011**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO  
DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN  
GIL, SANTANDER**

**LUIS ARTURO UYASABA MORENO**

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar el título de  
ingeniero de petróleos**

**Director:  
Ing. FABIO AUGUSTO SANTOS RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISCOQUÍMICAS  
INGENIERÍA DE PETROLEOS  
BUCARAMANGA  
2011**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme cumplir con este propósito y permitirme disfrutar de esta meta alcanzada.

A la Universidad Industrial de Santander por permitirme formar como mejor persona y ayudar a enriquecer mis conocimientos.

A la escuela de ingeniería de petróleos por su formación como excelentes profesionales gracias a la ayuda de los docentes que la integran.

Al centro de computo de la escuela de ingeniería de petróleos CCIP, por su colaboración y préstamo de sus equipos con la cual pude culminar este proyecto de grado.

Al Ing. Fabio Augusto Santos Rodríguez director de esta tesis, por transmitir su conocimiento gracias a su experiencia adquirida en la industria del gas y su gran sentido de pertenencia hacia este trabajo de grado, por enseñarme el sentido de la responsabilidad y cumplimiento.

A la Ingeniera Helena Ribón y al Ingeniero Nicolás Santos por sus recomendaciones, para así lograr la culminación de este proyecto

A mis padres, Abigail Moreno y Salvador Uyasaba por su apoyo constante.

A mis demás Familiares y Amigos por su apoyo y colaboración.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	15
1. GAS NATURAL.....	19
1.1. CLASES DE GAS PARA USO DOMICILIARIO.....	21
1.2. USOS DEL GAS NATURAL.....	22
1.3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS GASES.....	24
1.4. CALIDAD DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA.....	25
1.5. INTERCAMBIABILIDAD DE LOS GASES.....	27
1.6. PUNTOS DE CONDENSACIÓN.....	30
1.7. ODORACIÓN.....	31
1.8. VENTAJAS DEL GAS NATURAL.....	31
1.8.1. Ventajas Generales.....	31
1.8.2. Ventajas Operacionales.....	32
1.8.3. Ventajas para el Medio Ambiente.....	33
1.9. EL GAS DOMICILIARIO.....	34
2. ALTERNATIVA DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DEL GAS NATURAL COMPRIMIDO.....	38
2.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC).....	43
2.1.1. Sistema de Compresión.....	44
2.1.2. Sistema de Almacenamiento.....	48
2.1.2.1. Características de los cilindros de almacenamiento de GNC.....	50
2.1.2.2. Tubería de alta presión.....	51
2.1.2.3. Manómetro indicador de carga.....	52
2.1.2.4. Parámetros para la revisión periódica de los cilindros.....	53
2.1.2.5. Pasos para la revisión periódica de los cilindros.....	53

2.1.3.	Sistema de Transporte .....	54
2.1.4.	Sistema de Descompresión.....	56
2.1.5.	SISTEMA DE DISTRIBUCION .....	59
2.1.5.1.	Redes Urbanas.....	59
2.1.5.2.	Componentes .....	59
3.	NORMATIVIDAD TÉCNICA .....	62
3.1.	LEYES, RESOLUCIONES Y NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS ..	62
3.2.	ESQUEMA REGULATORIO DEL SECTOR DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA .....	64
3.3.	MARCO JURÍDICO AMBIENTAL .....	67
3.3.1.	Normatividad General.....	68
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE SAN GIL.....	72
4.1.	GENERALIDADES DE LA REGIÓN.....	72
4.2.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	72
4.3.	INTEGRACIÓN REGIONAL Y NACIONAL.....	73
4.4.	DIVISIÓN POLÍTICO - ADMINISTRATIVA .....	73
4.5.	ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS Y ATMOSFÉRICOS .....	74
4.5.1.	Temperatura .....	74
4.5.2.	Precipitaciones .....	74
4.5.3.	Hidrografía.....	75
4.6.	INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS PÚBLICOS BÁSICOS.....	76
4.6.1.	Usos Suelo .....	76
4.6.2.	Servicios Públicos Básicos .....	76
4.7.	ESTUDIO DE MERCADEO .....	79
4.7.1.	Proyecciones Demográficas .....	79
4.7.2.	Proyecciones de población y vivienda a 20 años .....	80
4.8.	ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DE LA POBLACIÓN .....	82
4.8.1.	Distribución socioeconómica .....	82
4.8.2.	Necesidades Básicas Insatisfechas, NBI .....	85
4.8.3.	Aspecto económico de San Gil y su área de influencia.....	86

4.8.4.	Turismo.....	86
4.9.	CALCULO DE LA DEMANDA DE GAS .....	87
4.9.1.	Consumo mensual por usuario.....	87
4.9.2.	Calculo progresivo de usuarios vinculados.....	87
4.9.3.	Proyección de la demanda de gas natural a 20 años .....	88
5.	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO, GNC AL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER.....	90
5.1.	ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO PARA EL MUNICIPIO DE SAN GIL.....	90
5.1.1.	Gas Guajira .....	92
5.1.1.1.	Costo Gas Boca de Pozo .....	92
5.1.1.2.	Costo transporte por gasoducto Ballena – Barranca - Bucaramanga....	93
5.1.1.3.	Cargo de distribución Gasoriente Piedecuesta.....	93
5.1.1.4.	Costo de Compresión Piedecuesta .....	95
5.1.1.5.	Costo de Transporte GNCD Piedecuesta San Gil.....	98
5.1.1.5.1.	Costo Máximo Unitario para el Transporte de GNC .....	98
5.1.1.5.2.	Determinación de costos de transporte entre orígenes y destino.....	98
5.1.1.6.	Costo de Almacenamiento GNC.....	99
5.1.1.7.	Cargo de distribución San Gil (incluye redes y estación de regulación o descompresión) .....	101
5.1.1.8.	Cargo de Comercialización San Gil (Co).....	102
5.1.2.	Gas Cusiana.....	103
5.1.2.1.	Costo Gas Boca de Pozo .....	104
5.1.2.2.	Transporte gas por gasoducto TGI Cusiana ramales sur de Santander y Boyacá	104
5.1.2.3.	Costo de Compresión Santana.....	105
5.1.2.5.	Costo de Almacenamiento GNC.....	106
5.1.2.6.	Cargo de Distribución San Gil (incluye redes y estación de regulación o descompresión) .....	106

5.1.2.7.	Cargo de Comercialización San Gil (Co).....	106
5.1.3.	Gas Gibraltar .....	107
5.1.3.1.	Costo Gas Boca de Pozo .....	107
5.1.3.2.	Transporte gas por gasoducto Transoriente Gibraltar - Bucaramanga	108
5.1.3.3.	Costo de Compresión Piedecuesta .....	108
5.1.3.4.	Costo de Transporte GNCD Piedecuesta – San Gil .....	108
5.1.3.5.	Costo de Almacenamiento GNC.....	109
5.1.3.6.	Cargo de Distribución San Gil (incluye redes y estación de regulación o descompresión) .....	109
5.1.3.7.	Cargo de Comercialización San Gil (Co).....	110
5.2.	MATRIZ DE COSTOS DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE GAS NATURAL COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS.....	111
5.3.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO AL MUNICIPIO DE SAN GIL	111
5.3.1.	Alternativa 1.....	111
5.3.2.	Alternativa 2.....	112
5.3.3.	Alternativa 3.....	112
5.4.	PRECIO UNITARIO DEL GAS NATURAL PARA SAN GIL.....	112
5.5.	DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE DISTRIBUCIÓN....	113
5.5.1.	Diseño del sistema de distribución .....	114
5.5.2.	Estación Compresora .....	114
5.5.2.1.	Inversiones .....	114
5.5.2.2.	Gastos de Administración, Operación y Mantenimiento (AOM).....	117
5.5.2.2.1.	Gastos por concepto de combustible .....	117
5.5.2.2.2.	Gastos de Administración, Operación y Mantenimiento, distintos a combustible, asociados a Cada Compresor .....	118
5.5.2.3.	Demanda.....	119
5.5.3.	Inversión Transporte del GNC .....	119
5.5.3.1.	Estandarización del tipo de vehículo para el transporte de GNC por carretera .....	119

5.5.3.2.	Normatividad del Ministerio de Transporte para el transporte de combustibles .....	120
5.5.3.3.	Asignación del tipo de camión de acuerdo con la demanda diaria .....	120
5.5.4.	Costos de Almacenamiento (GNC) .....	121
5.5.5.	Estación Descompresora .....	127
5.5.5.1.	Inversiones .....	127
5.5.5.2.	Operación y mantenimiento .....	129
5.6.	ESTUDIO ECONÓMICO Y EVALUACIÓN FINANCIERA .....	129
5.6.1.	Proyecciones financieras .....	129
5.6.2.	Variables macroeconómicas .....	130
5.6.3.	Inversión .....	131
5.6.4.	Flujo de caja del proyecto .....	131
5.6.5.	Concepto viabilidad financiera .....	135
6.	COMPETITIVIDAD DEL GNC .....	137
6.1.	SUCESIÓN DEL SERVICIO OBJETO .....	137
6.2.	CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS (GNC, GLP) .....	137
6.2.1.	Calor de vaporización .....	137
6.2.2.	Temperatura de ignición .....	137
6.2.3.	Límite de inflamabilidad .....	138
6.2.4.	Efecto ambiental .....	138
6.2.5.	Material Particulado .....	139
6.2.6.	Disponibilidad .....	139
6.3.	COMPARACIÓN COSTOS GNC vs GLP .....	139
6.4.	OPORTUNIDAD DEL GNC .....	144
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	145
	BIBLIOGRAFÍA .....	147
	ANEXO 1 .....	150

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Composición Gas Natural.	19
Tabla 2. Aplicaciones del Gas Natural	23
Tabla 3. Combustibles que el Gas Natural puede sustituir	24
Tabla 4. Calidad del Gas Natural en Colombia	26
Tabla 5. Emisión de distintos Combustibles. (En términos del consumo energético)	33
Tabla 6. Resumen de efectos de distintos contaminantes sobre la salud de las personas y en el medio ambiente	33
Tabla 7. Costo gasoducto troncal Santana - Oiba - Socorro - San Gil	42
Tabla 8. Normas de carácter general	68
Tabla 9. Cobertura de gas GLP por redes actualmente en San Gil	79
Tabla 10. Población de San Gil	80
Tabla 11. Variación porcentual de la población de San Gil.	80
Tabla 12. Proyección de viviendas en San Gil (2011 – 2030)	81
Tabla 13. Distribución por estrato de San Gil	83
Tabla 14. Necesidades básicas insatisfechas de la población de San Gil	85
Tabla 15. Pronóstico del consumo anual	88
Tabla 16. Comportamiento del precio de gas en boca de pozo en La Guajira	93
Tabla 17. Precio transporte gas Ballena – Barranca - Bucaramanga	93
Tabla 18. Costo unitario para el transporte de GNC, Piedecuesta – San Gil	99
Tabla 19. Costo comercialización GNC de la Guajira	103
Tabla 20. Precio gas boca de pozo Cusiana	104
Tabla 21. Precio transporte gas ramales sur de Santander - Boyacá	104
Tabla 22. Costo unitario para el transporte de GNC, Santana – San Gil	105
Tabla 23. Costo comercialización GNC de Cusiana	107

Tabla 24. Precio gas boca de pozo Gibraltar	108
Tabla 25. Precio transporte gas Gibraltar - Bucaramanga	108
Tabla 26. Costo unitario para el transporte de GNC, Piedecuesta – San Gil	109
Tabla 27. Costo comercialización GNC de Gibraltar	110
Tabla 28. Matriz comparativa de costos del servicio de gas natural en San Gil	111
Tabla 29. Costo Unitario del GNC	113
Tabla 30. Costos módulos de almacenamiento	123
Tabla 31. Costo de las Plataformas de Almacenamiento de Carga y Descarga	126
Tabla 32. Inversión por concepto del Almacenamiento del GNC	127
Tabla 33. Bases macroeconómicas para el proyecto	130
Tabla 34. Inversión del proyecto	131
Tabla 35. Flujo de caja del proyecto	132
Tabla 36. VPN y TIR del proyecto	135
Tabla 37. Componentes tarifarios del GLP por redes en San Gil	143

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Condiciones satisfactorias de una combustión	28
Figura 2. Intercambiabilidad de dos gases o mezclas	29
Figura 3. Contenido de agua del gas	30
Figura 4. Número de Instalaciones Residenciales	35
Figura 5. Consumo del Sector Domiciliario	36
Figura 6. Poblaciones Servidas con Gas Natural 2005 – 2010	36
Figura 7. Mercado Residencial de Gas Natural 2009	37
Figura 8. Sistemas de transporte por carretera	39
Figura 9. Sistema de transporte por gasoducto	39
Figura 10. Sistema de transporte marítimo y fluvial (GNL y GNC)	40
Figura 11. Competitividad del Gas Natural Comprimido, GNC	41
Figura 12. Diagrama del proceso del GNCD	43
Figura 13. Estación Compresora (Microbox)	45
Figura 14. Sistema de Almacenamiento con cabina y estándar	47
Figura 15. Estación compresora con GNV	48
Figura 16. Batería de almacenamiento típica.	49
Figura 17. Baterías de almacenamiento móvil horizontal y modular	50
Figura 18. Cilindros de Almacenamiento de GNC	51
Figura 19. Manómetro	52
Figura 20. Vehículo con su grúa para alzar y bajar las canastas de GNC	55
Figura 21. Vehículo con sistema modular	55
Figura 22. Vehículo con sistema fijo de almacenamiento de GNC	56
Figura 24. Estaciones de Descompresión de GNC	56
Figura 23. Planta de descompresión completa	59
Figura 25. Ubicación de San Gil en Santander	72

Figura 26. Temperatura mensual de San Gil	74
Figura 27. Distribución socioeconómica	82
Figura 28. Servicios con que cuenta la vivienda	83
Figura 29. Hogares Con actividad Económica	84
Figura 30. Establecimientos según actividad económica	84
Figura 31. Alternativas de Suministro de Gas para San Gil	91
Figura 32. Esquema de abastecimiento de gas al municipio de San Gil	114
Figura 33. Unidad de compresión Microbox	115
Figura 34. Vehículo para transporte GNC (4 módulos MAT)	121
Figura 35. Módulos MAT	122
Figura 36. Plataforma Almacenamiento y Carga (PAC)	124
Figura 37. Plataforma de Almacenamiento y Descarga (PAD)	125
Figura 38. Detalle carga módulos desde las plataformas	126
Figura 39. Planta Reductora de Presión	128

## RESUMEN

**TITULO:**

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER\*

**AUTOR:**

UYASABA MORENO, Luis Arturo\*\*

**PALABRAS CLAVES:**

GNC, Gibraltar, Estación Compresora, GLP

**DESCRIPCIÓN:**

Este proyecto desarrolla todo lo relacionado con la factibilidad técnica de suministrar gas domiciliario al municipio de San Gil, mediante la utilización de la tecnología del gas natural comprimido (GNC), ó Gasoducto virtual 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 y en la cual se tuvo en cuenta aspectos como lo son la estructura organizacional, fundamentos y antecedentes de la masificación del gas, alternativas de transporte y distribución, alternativas de suministro de GNC y demás aspectos técnicos.

Con base en lo anterior se desarrollo en el municipio de San Gil, un diseño y estudio económico de la factibilidad de tomar como fuente de suministro el gas proveniente de los campo de Gas de Gibraltar en el municipio de Cubará departamento de Boyacá, transportado por el gasoducto Gibraltar - Bucaramanga de propiedad de la empresa TRANSORIENTE SA ESP. Para esta opción se puede decir que es la más viable, así entonces la estación compresora estaría instalada en el municipio de Piedecuesta, desde donde se realizaría el transporte de gas natural comprimido hasta San Gil.

También se realizó un análisis comparativo de costos por la utilización del gas natural comprimido con respecto al uso del gas propano (GLP) por medio de cilindros y redes.

El proyecto genera un mejoramiento en la infraestructura de servicios en el municipio de San Gil (Santander), contribuyendo así al desarrollo y progreso de la comunidad.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Ing. Fabio Augusto Santos Rodríguez.

## ABSTRACT

**TITLE:**

STUDY OF TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY FOR THE SUPPLY OF NATURAL GAS COMPRESSED OF DOMICILIARY IN THE MUNICIPALITY OF SAN GIL, SANTANDER\*

**AUTHOR:**

UYASABA MORENO, Luis Arturo\*\*

**KEY WORDS:**

CNG, Gibraltar, Compression Station, GLP

**DESCRIPCIÓN:**

This project develops everything related to the technical feasibility of domestic gas supply to the municipality of San Gil, using natural gas technology (CNG), or virtual pipeline to serve markets that used by its distance from the pipeline and / or volume of gas defendant is not financially viable to build lines of steel and which took into account aspects such as organizational structure, rationale and background of the mass of gas, alternative transportation and distribution, supply alternatives GNC and other technical aspects.

Based on the above development in the municipality of San Gil, a design and economic study of the feasibility of supply to source gas from the gas fields in the town of Gibraltar Cubará Boyacá department, carried by the pipeline Gibraltar–Bucaramanga owned by the company TRANSORIENTE SA ESP. For this option you can say that is the most viable, and then the compressor station would be installed in Piedecuesta, where you would make the transport of natural gas compressed to San Gil.

Also conducted a comparative analysis of costs for the use of natural gas compressed with regard to the use of the gas propane (LPG), through cylinders and networks.

The project generates an improvement in the infrastructure of services in the municipality of San Gil (Santander), thus contributing to the development and progress of the community.

---

\* Degree work

\*\* Physical Chemistry of Faculty. Petroleum Engineering School. The Director: Ing. Fabio Augusto Santos Rodríguez

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día el suministro de gas es esencial para el funcionamiento de nuestra sociedad no solo para brindar bienestar, sino que también se ha convertido en un factor clave de competitividad en algunos de los subsectores productivos del país, como materia prima en procesos de transformación o como energético en la producción de bienes, y es por eso que debemos de tener en cuenta la evolución del consumo de gas natural en los últimos años en Colombia.

En estas circunstancias el gas es el combustible con mayor accesibilidad para las poblaciones de menores ingresos y localizadas en áreas remotas y además este genera una reducción considerable de componentes contaminantes al medio ambiente, creando así una mejor calidad de vida del ser humano.

Hoy que básicamente se encuentran terminados todos los gasoductos proyectados en el país y a que el incremento de la demanda de gas está dependiendo del desarrollo de las redes de distribución, es muy importante pensar en llegar a un mayor número de poblaciones para dar bienestar a más poblaciones en el país y poder continuar con el aprovechamiento que genera el uso de este recurso.

Teniendo en cuenta que el municipio de San Gil (Santander), aún no se ha conectado a la red nacional de gasoductos, ya sea porque la demanda de gas natural no justifica la inversión en un gasoducto, utiliza leña, electricidad o GLP para cocción de alimentos, siendo los dos primeros energéticos muy costosos y el último podría requerir importaciones si continúa creciendo la demanda nacional, y dada la suficiente oferta de gas natural para el país, este proyecto plantea la posibilidad de suministrar gas natural a San Gil por medio de un gasoducto virtual,

en el cual se combinan las últimas tecnologías de compresión, almacenamiento y transporte y descompresión del gas natural. Así entonces se ha planteado un esquema para abastecer de gas natural comprimido al municipio de San Gil.

Este sistema denominado Gasoducto Virtual 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.

Por otra parte en este proyecto se pueden consultar las principales leyes y regulaciones que el país emite para las actividades de funcionamiento de un gasoducto virtual, para abastecer poblaciones con gas natural comprimido.

También se plantea un estudio de viabilidad técnico económica para el suministro de gas natural comprimido que podría utilizarse en el municipio de San Gil, con sus costos unitarios y además se realiza un análisis comparativo de costos por la utilización del gas natural comprimido con respecto al uso del gas propano GLP por medio de cilindros y redes.

## 1. GAS NATURAL

Es un energético natural de origen fósil, que se encuentra normalmente en el subsuelo continental o marino. Se formó hace millones de años cuando una serie de organismos descompuestos como animales y plantas, quedaron sepultados bajo lodo y arena, en lo más profundo de antiguos lagos y océanos. En la medida que se acumulaba lodo, arena y sedimento, se fueron formando capas de roca a gran profundidad. La presión causada por el peso sobre éstas capas más el calor de la tierra, transformaron lentamente el material orgánico en petróleo crudo y en gas natural. El gas natural se acumula en bolsas entre la porosidad de las rocas subterráneas. Pero en ocasiones, el gas natural se queda atrapado debajo de la tierra por rocas sólidas que evitan que el gas fluya, formándose lo que se conoce como un yacimiento.

El gas natural se puede encontrar en forma "asociado", cuando en el yacimiento aparece acompañado de petróleo, o gas natural "no asociado" cuando está acompañado únicamente por pequeñas cantidades de otros hidrocarburos o gases. La composición del gas natural incluye diversos hidrocarburos gaseosos, con predominio del metano, por sobre el 90%, y en proporciones menores etano, propano, butano, pentano y pequeñas proporciones de gases inertes como dióxido de carbono y nitrógeno.

**Tabla 1.** Composición Gas Natural.

<b>Hidrocarburo</b>	<b>Composición Química</b>	<b>Rango (en %)</b>
Metano	CH <sub>4</sub>	90-95
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2-6
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	0-2
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0-2
Nitrógeno	N	0-1

Debido a que el gas natural es una mezcla de varios compuestos y debido a que su composición difiere de un yacimiento a otro y que su presencia en el subsuelo puede darse acompañado de petróleo libre, se definen varios tipos de gas natural a saber:

**Gas Crudo:** Es aquel que sale del yacimiento, sin tratar ni procesar.

**Gas Libre:** Es aquel que proviene de un yacimiento donde solo existe gas como hidrocarburo.

**Gas Asociado:** Es aquel que proviene de un yacimiento donde simultáneamente se produce gas y crudo.

**Gas Pobre:** Un gas que contiene muy poca cantidad de etano, propano y compuestos más pesados.

**Gas Rico:** Este es un gas del cual se pueden obtener una riqueza líquida de hasta 3 GPM (galones por mil pies cúbicos normales de gas) No existe ninguna relación con el contenido de vapor de agua que pueda contener el gas.

**Gas Acido o Agrio:** Este es un gas cuyo contenido de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) es mayor que 4 ppm, V. En el Sistema Británico de Unidades este significa, que hay 4 lbmol de H<sub>2</sub>S/1x10<sup>6</sup> lbmol de mezcla.

**Gas Dulce:** Este es un gas que contiene cantidades de Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S), menores a cuatro (4) partes por millón en base a volumen (4 ppm, V) y menos de 3% en base molar de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

**Gas Hidratado:** Este es un gas que tiene más de siete libras de agua por cada millón de pies cúbicos normales de gas (7 lb de Agua/MMPCN), lo que indica que el gas deberá de ser sometido al proceso de deshidratación, para poder comercializarlo.

**Gas Anhidro:** Este es un gas que tiene menos cantidad de vapor de agua, que la clasificación de gas hidratado.

### **1.1. CLASES DE GAS PARA USO DOMICILIARIO**

- **Gas Licuado de Petróleo (GLP)**

Es una mezcla de hidrocarburos extraídos del procesamiento del gas natural o del petróleo, gaseosos en condiciones atmosféricas, que se licuan fácilmente por enfriamiento o compresión. Principalmente constituido por propano y butano. Se denomina comúnmente GLP o gas propano.

El propano se envasa a unas 100 libras de presión en cilindros que son los que uno ve usualmente en venta al detal por las calles.

En la actualidad en Colombia por medio de la CREG, se introdujo un esquema de responsabilidad de marca en cilindros de propiedad de los distribuidores que haga posible identificar el prestador del servicio público de GLP.

- **Gas Natural Comprimido (GNC)**

Es una mezcla de hidrocarburos, principalmente metano, cuya presión se aumenta a través de un proceso de compresión y se almacena en recipientes cilíndricos de alta resistencia.

El cual para comercialización requiere de tres etapas principalmente:

- La **compresión**: se toma el gas del campo de producción, del gasoducto o de las redes de distribución y mediante compresores se aumenta sustancialmente la presión del gas.
- El **transporte**: el gas presionado se almacena en tanques y se transporta a su destino, llevándolos sobre vehículos bien sea por tierra o por agua.
- La **descompresión**: utilizando válvulas para expandir el gas se reduce la presión y se entrega a las redes de distribución o a usuarios finales.

## 1.2. USOS DEL GAS NATURAL

El gas natural tiene diversas aplicaciones en la industria, el comercio, la generación eléctrica, el sector residencial y el transporte de pasajeros. Ofrece grandes ventajas en procesos industriales donde se requiere de ambientes limpios, procesos controlados y combustibles de alta confiabilidad y eficiencia.

En la siguiente tabla se presentan algunas de las aplicaciones más comunes del gas natural:

**Tabla 2.** Aplicaciones del Gas Natural

<b>Sector</b>	<b>Aplicaciones/Procesos</b>
Industrial	Generación de vapor
	Industria de alimentos
	Secado
	Cocción de productos cerámicos
	Fundición de metales
	Tratamientos térmicos
	Temple y recocido de metales
	Generación eléctrica
	Producción de petroquímicos
	Sistema de calefacción
	Hornos de fusión
Comercio y Servicios	Calefacción central
	Aire acondicionado
	Cocción/preparación de alimentos
	Agua caliente
Energía	Cogeneración eléctrica
	Centrales térmicas
Residencial	Cocina
	Calefacción
	Agua caliente
	Aire acondicionado
Transporte de pasajeros	Taxis
	Buses

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

Adicionalmente, el gas natural es utilizado como materia prima en diversos procesos químicos e industriales. De manera relativamente fácil y económica puede ser convertido a hidrógeno, etileno, o metanol; los materiales básicos para diversos tipos de plásticos y fertilizantes.

Debido a que el gas natural puede ser utilizado con grandes beneficios en un amplio número de aplicaciones, puede sustituir a los energéticos alternativos que se señalan a continuación:

**Tabla 3.** Combustibles que el Gas Natural puede sustituir

<b>Sector</b>	<b>Energía y/o combustible que puede sustituir</b>
Industrial	Carbón
	Electricidad
	DHM
	Diesel
	Fuel Oil
	Gas licuado
	Gasolina
	Kerosene
	Leña
Generación eléctrica	Carbón
	Fuel Oil
Comercio	Carbón
	Electricidad
	Fuel Oil
	Gas de ciudad
	Gas licuado
	Kerosene
Residencial	Electricidad
	Gas de ciudad
	Gas licuado
	Kerosene
	Leña
Transporte de pasajeros	Gasolina
	Petróleo Diesel

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

### 1.3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS GASES

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

#### **Familia primera:**

Gas manufacturado (gas ciudad).

Aire propanado o butanado de bajo índice de Wobbe.

Aire metanado.

**Familia segunda:**

Gas natural.

Aire propanado o butanado de alto índice de Wobbe.

**Familia tercera:**

Butano comercial.

Propano comercial.

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

**1.4. CALIDAD DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA**

El gas natural, para su transporte y consumo energético requiere que se evalúe su calidad con el fin de garantizar una apropiada operación de los equipos que lo manejan o una adecuada eficiencia en los procesos de combustión.

Las especificaciones de Calidad del Gas Natural, son las indicadas en la Resolución CREG 071 de 1999 y demás normas que la modifiquen, adicionen, aclaren o sustituyan, en especial la Resolución CREG 054 de 2007.

**Tabla 4.** Calidad del Gas Natural en Colombia

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>Sistema Internacional</b>	<b>Sistema Inglés</b>
Máximo poder calorífico bruto (GHV) <b>(Nota 1)</b>	42.8 MJ/m <sup>3</sup>	1150 BTU/ft <sup>3</sup>
Mínimo poder calorífico bruto (GHV) <b>(Nota 1)</b>	35.4 MJ/m <sup>3</sup>	950 BTU/ft <sup>3</sup>
Contenido de líquido <b>(Nota 2)</b>	Libre de líquidos	Libre de líquidos
Contenido total de H <sub>2</sub> S máximo	6 mg/m <sup>3</sup>	0.25 grano/100PCS
Contenido total de azufre máximo	23 mg/m <sup>3</sup>	1.0 grano/100PCS
Contenido CO <sub>2</sub> , máximo en % volumen	2%	2%
Contenido de N <sub>2</sub> , máximo en % volumen	3	3
Contenido de inertes máximo en % volumen <b>(Nota 3)</b>	5%	5%
Contenido de oxígeno máximo en % volumen	0.1%	0.1%
Contenido máximo de vapor de agua	97 mg/m <sup>3</sup>	6.0 Lb/MPCS
Temperatura de entrega máximo	49 °C	120°F
Temperatura de entrega mínimo	7.2 °C	45 °F
Contenido máximo de polvos y material en suspensión <b>(Nota 4)</b>	1.6 mg/m <sup>3</sup>	0.7 grano/1000 pc

Fuente: Ecopetrol.

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

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

**Nota 3:** Se considera como contenido de inertes la suma de los contenidos de CO<sub>2</sub>, nitrógeno y oxígeno.

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

## 1.5. INTERCAMBIABILIDAD DE LOS GASES

Dos gases se dice que son intercambiables cuando, distribuidos bajo la misma presión, en la misma red, alimentando los mismos quemadores y sin cambios de regulación producen los mismos resultados de combustión: flujo calorífico, posición y comportamiento de la llama. Siendo la combustión, por naturaleza, una reacción química, no puede existir una intercambiabilidad absoluta. Afortunadamente, dicha rigurosidad no es necesaria. Basta con que ciertas características básicas se conserven de forma aproximada.

Una combustión insatisfactoria, puede presentar los siguientes problemas:

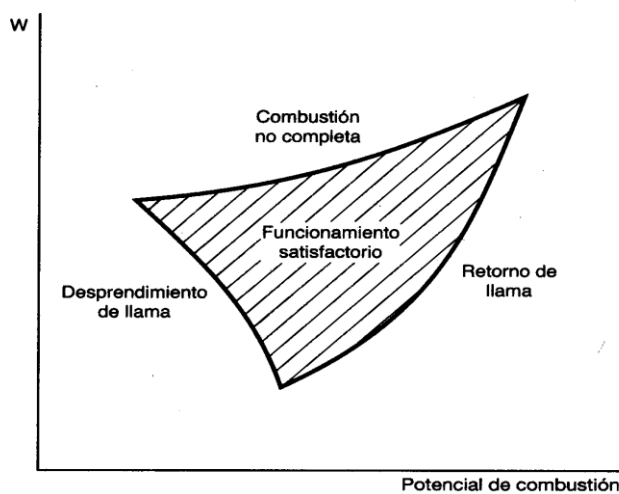
- *Retorno de llama.* La velocidad de salida del gas es inferior a la velocidad de propagación de la llama. Así, ésta puede retroceder con el consiguiente peligro de calentamiento de zonas que no están preparadas para la combustión.
- *Desprendimiento de llama.* La velocidad de salida del gas es superior a la velocidad de propagación de la llama. Ésta se aleja del quemador y, por tanto, se puede producir en un lugar no deseado.
- *Combustión no completa.* Es consecuencia de que se aporta menos aire del necesario para una combustión completa. A1 margen de que la combustión tenga propiedades diferentes, pues es una combustión reductora, se produce monóxido de carbono, un gas letal, aun respirado en pequeñas proporciones. Tal como establece la normativa vigente, se considera una combustión no completa cuando los gases contienen más de 0,1% de monóxido de carbono.

Las condiciones satisfactorias de una combustión se muestran en un diagrama que utiliza como ejes el *índice de Wobbe (W)* y el *potencial de combustión (C)*. La

zona geométrica de éste en la cual no se haya desprendimiento de llama, retorno de llama y combustión incompleta será la zona de funcionamiento satisfactorio.

En la figura 1 se muestra de forma cualitativa un diagrama de esta forma. Es evidente que la construcción de un diagrama de este tipo es experimental y corresponde a un grupo determinado de quemadores.

**Figura 1.** Condiciones satisfactorias de una combustión



Fuente: [www.google.com](http://www.google.com) / Intercambiabilidad de gases

Dos gases son intercambiables cuando tienen el mismo potencial de combustión y el mismo índice de Wobbe. El índice de Wobbe ( $W$ ) es:

$$W = \frac{PCS}{\rho_r^{1/2}}$$

Siendo  $PCS$  el poder calorífico superior del gas y  $\rho_r$ , su densidad relativa. El potencial de combustión es un índice de naturaleza empírica relacionado con la

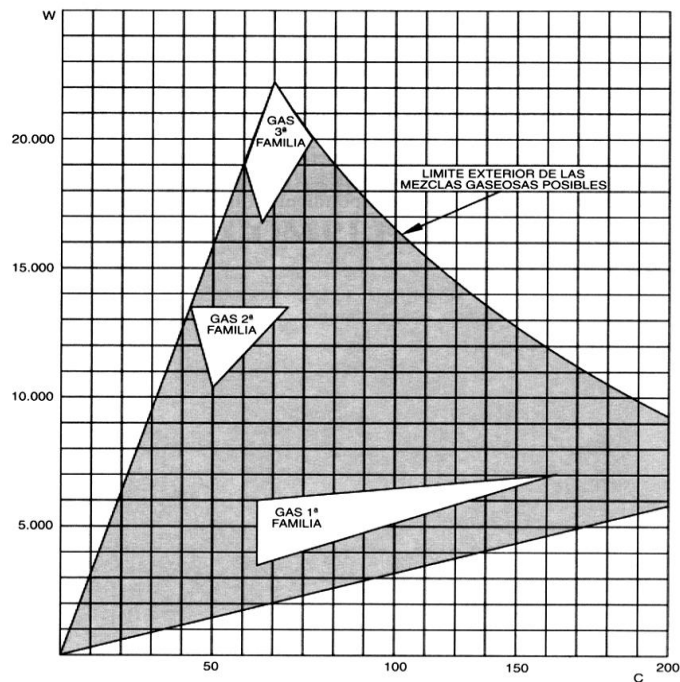
velocidad de combustión del gas. Se expresa de forma diferente para las distintas familias de gases.

Cuando un gas puede ser sustituido por otro en un quemador, sin ninguna clase de ajuste, se dice que ambos gases son intercambiables.

Puede construirse un gráfico general que corresponde a una gama amplia de quemadores, donde aparece la zona de funcionamiento satisfactorio correspondiente a las tres familias de gases (figura 2).

Este diagrama puede ayudar a decidir la intercambiabilidad de dos gases o mezclas.

**Figura 2.** Intercambiabilidad de dos gases o mezclas



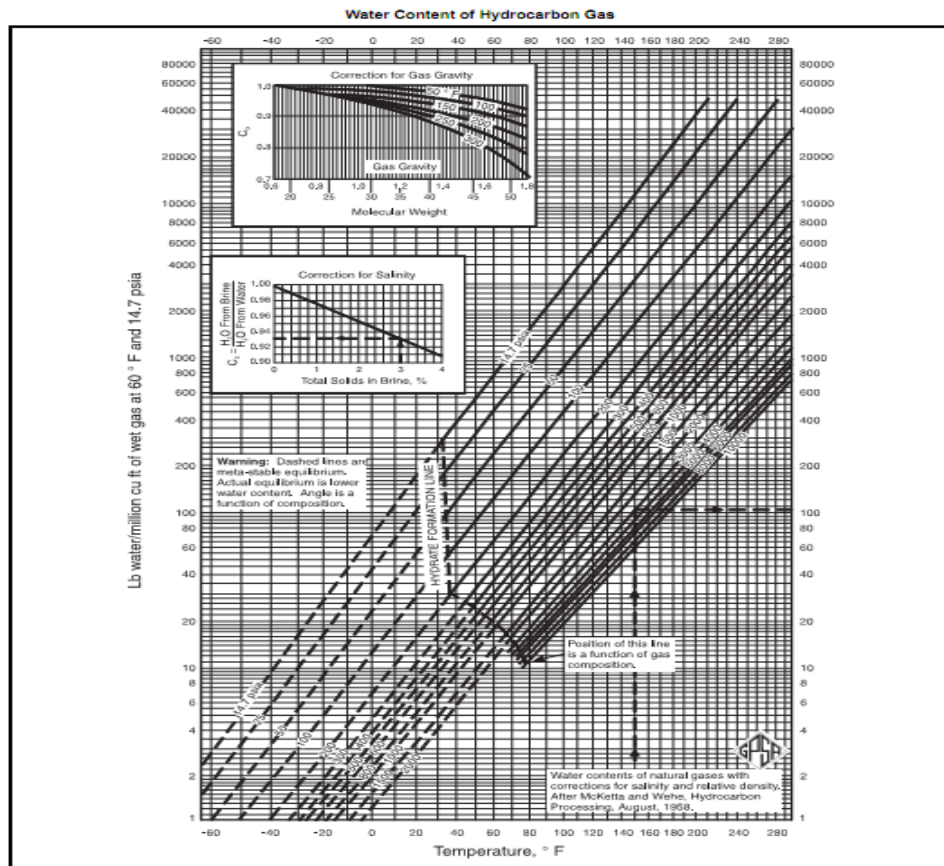
Fuente: [www.google.com](http://www.google.com) / Intercambiabilidad de gases

## 1.6. PUNTOS DE CONDENSACIÓN

El punto de condensación es la temperatura a la cual el líquido se condensa del gas a una presión determinada. Así, el punto de condensación del agua es la temperatura a la cual está se condensa del gas, y el de los hidrocarburos es el punto al cual éstos se condensan. Un punto de condensación más alto indica la presencia de hidrocarburos más pesados o de mayor contenido de agua. El punto de condensación se expresa en grados centígrados a la presión del flujo.

Se emplean tablas para determinar el contenido del agua, una vez conocidas la temperatura y presión de condensación.

**Figura 3.** Contenido de agua del gas



Fuente: GPPA, 2004

Bajo presión, los hidrocarburos más pesados se pueden combinar con el vapor de agua en la corriente de gas y formar sólidos que se denominan hidratos. Estos son capaces de reducir el flujo u obstruir completamente la corriente de gas, y pueden ocurrir a temperaturas mayores al punto de congelamiento del agua. Por lo tanto, bajo las condiciones de baja temperatura y alta presión que se encuentran en las estaciones de regulación, a veces se inyecta alcohol en la corriente, o se calienta el gas para evitar la formación de hidratos.

### **1.7. ODORACIÓN**

El gas natural carece de olor, color y sabor en su estado natural. Por motivos de seguridad, se agrega un olor distintivo al gas para que la gente percate su presencia en caso de una fuga. Generalmente el odorante es una mezcla de compuestos que contienen azufre, como mercaptanos y sulfatos, que brindan al gas su olor característico.

### **1.8. VENTAJAS DEL GAS NATURAL**

Es evidente que el incremento del uso del gas natural en todo el mundo, está directamente asociado a las ventajas que este combustible posee respecto a los combustibles utilizados más frecuentemente.

En general podemos decir que las ventajas de utilizar gas natural como combustible se pueden agrupar en Ventajas Generales, Operacionales y Medioambientales.

#### **1.8.1. 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.

### **1.8.2. 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.

**1.8.3. Ventajas para el Medio Ambiente.** La combustión del gas natural está clasificada mundialmente como la más limpia entre los combustibles industriales tradicionales. Una de las grandes ventajas del gas natural respecto a otros combustibles, son las bajas emisiones de su combustión.

**Tabla 5.** Emisión de distintos Combustibles. (En 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>Diesel</b>	3,3	1.209	1,5
<b>Fuel Oíl N° 5</b>	15	4.470	4
<b>Fuel Oíl 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)

**Tabla 6.** Resumen de efectos de distintos contaminantes sobre la salud de las personas y en el medio ambiente

<b>CONTAMINANTE</b>	<b>EFFECTOS SOBRE</b>	
	<b>Las personas</b>	<b>El medioambiente</b>
<b>MP (Material Particulado)</b>	Disminución de la visibilidad Aumento de afecciones respiratorias Tos crónica Ronquera Síntomas respiratorios nocturnos Bronquitis Acceso de asma bronquial	Daño directo a la vegetación (dificultad en la fotosíntesis)

**Tabla 6.** Continuación

<b>CONTAMINANTE</b>	<b>EFFECTOS SOBRE</b>	
	<b>Las personas</b>	<b>El medioambiente</b>
<b>SO<sub>2</sub> (Dióxido de Sulfuro)</b>	No se le puede atribuir ningún efecto específico, pero si resulta claro que es altamente nocivo en presencia de humedad	Lluvia Ácida
<b>NOX (Oxido de Nitrógeno)</b>	Irritante Potencialmente cancerígeno	Lluvia Ácida Problemas con el Ozono

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

Según el estudio del Banco Mundial "World Development Report", "Es posible relacionar la presencia de altos niveles de material particulado respirable en ciudades desarrolladas, hasta con un 5% de las muertes."

Al comparar las emisiones producto de la combustión del gas natural con las del carbón y del petróleo, se deduce que las del gas natural son bastante menores, ya que su estructura molecular es bastante más simple que la de los otros dos combustibles, lo que facilita que se quemem limpiamente.

Entre otros, el carbón y el petróleo tienen una combustión que produce cenizas que no se queman completamente, y se pueden ir a la atmósfera.

### **1.9. EL GAS DOMICILIARIO**

El gas natural continúa siendo una de las Principales, fuentes de energía dentro de la canasta Energética, Colombiana, con una participación del 24%, superado únicamente por el petróleo que participa con el 44% del total de la oferta

energética correspondiente a 35.27 Millones de toneladas equivalente de petróleo (MTEP).

Para el año 2010 el sector, logró conectar 377.368 nuevos usuarios, de los cuales 367.861 son residenciales, para un total de 5.661.126 Instalaciones a nivel nacional, resultando en un crecimiento del 7% respecto al 2009. Si a lo anterior se suman los 99.205 usuarios Comerciales, y los 3.343 usuarios Industriales, se llega a un total de 5.763.654 usuarios conectados al sistema de gas natural.

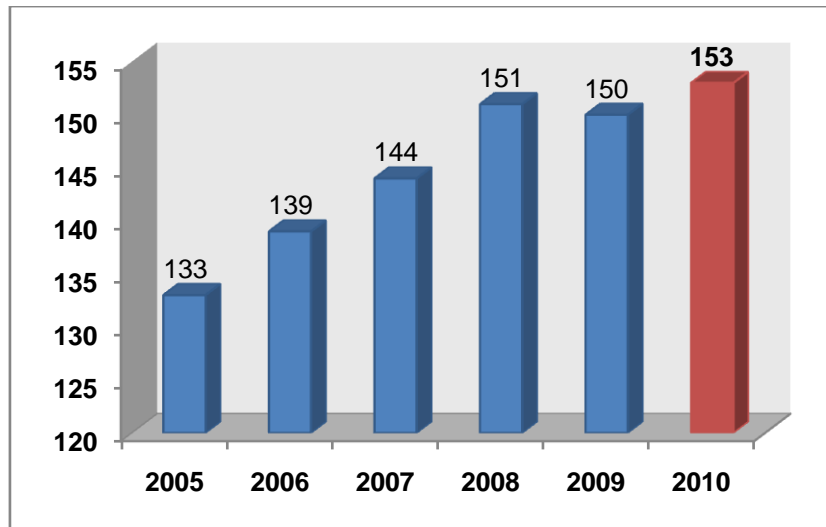
**Figura 4.** Número de Instalaciones Residenciales



Fuente: Naturgas, Aspectos Técnicos.

En términos Energéticos, el sector doméstico Compuesto, por la demanda residencial, y comercial participó con un Consumo, promedio anual de 153 GBTU/día.

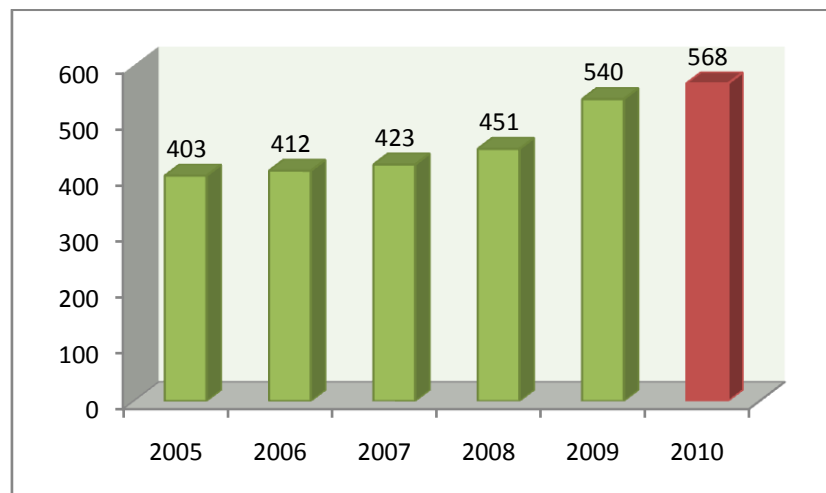
**Figura 5.** Consumo del Sector Domiciliario



Fuente: Naturgas, Aspectos Técnicos.

Es así como en el 2010, el número de poblaciones servidas con gas natural aumento en 28 poblaciones, para un total de 568 poblaciones, lo que permite crecer la cobertura potencial al 95 % de los inmuebles anillados reportados por las oficinas de catastro.

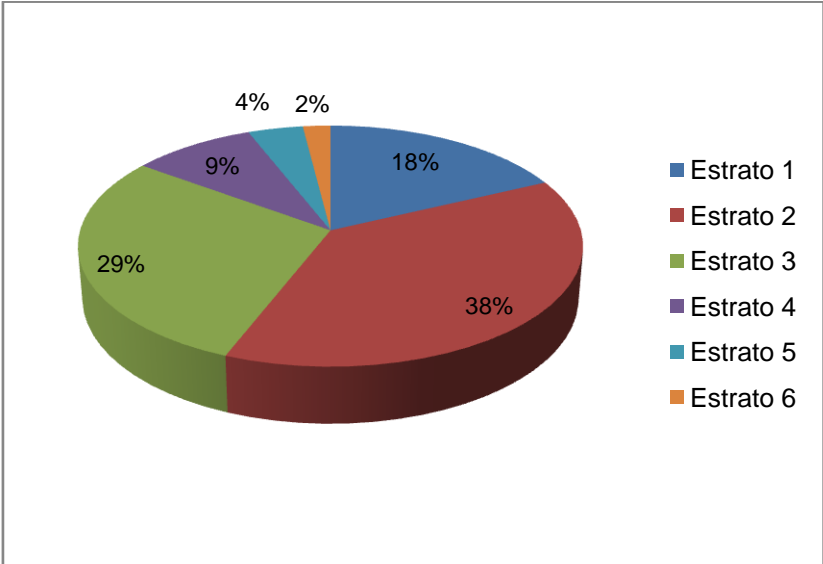
**Figura 6.** Poblaciones Servidas con Gas Natural 2005 – 2010



Fuente: Naturgas, Aspectos Técnicos.

La distribución de usuarios por estrato resulta casi invariante con un leve incremento de la participación de los estratos altos frente a los bajos, pasó de 15,1% a 15,3% la participación de los estratos altos.

**Figura 7.** Mercado Residencial de Gas Natural 2010



Fuente: Naturgas, Aspectos Técnicos.

## **2. ALTERNATIVA DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DEL GAS NATURAL COMPRIMIDO**

El gas natural comprimido 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.

En Colombia por su rápida implementación es también usado para dar inicio temprano a la distribución de gas natural en municipios y regiones, mientras se estructura la construcción de un gasoducto como ocurrió con los municipios de Valledupar, Fusagasuga y Popayán entre otros.

También ha sido utilizado como fuente de respaldo de gas en mercados que han visto afectado el continuo suministro de gas como es el caso de la ciudad de Cúcuta, la cual es atendida desde Bucaramanga a través del transporte de GNC.

Por eso este tipo de tecnología también es llamada gasoducto virtual.

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, porque encarece el precio final y puede llegar a convertir un suministro de gas, en no viable económicamente para el transportista, según el medio utilizado. En tal caso el mismo debe ser seleccionado principalmente en función de la demanda ha atender y la distancia del transporte.

Entre los medios de transportes del gas natural podemos citar:

### a. Carretera

Los medios de transporte más destacados por carretera son: El gas natural comprimido GNC, y el gas licuado de petróleo GLP.

**Figura 8.** Sistemas de transporte por carretera



Fuente: [www.google.com/imagenes/sistemas+transporte+de+gas+natural](http://www.google.com/imagenes/sistemas+transporte+de+gas+natural)

### b. Gasoductos

Las tuberías son el medio más seguro y eficaz del transporte del gas natural desde el pozo de origen hasta los sistemas de transmisión para ser despachado al consumidor industrial y doméstico.

**Figura 9.** Sistema de transporte por gasoducto



Fuente: [www.google.com/imagenes/sistemas+transporte+de+gas+natural](http://www.google.com/imagenes/sistemas+transporte+de+gas+natural)

### c. Marítimo y Fluvial

Por esta vía, por lo general se transporta el Gas Natural Licuado (GNL) y Pacific Rubiales adelanta hoy en día estudios para exportar gas natural a Centro América de los campos de la Creciente, a través de barcos mediante la aplicación de la tecnología del GNC.

**Figura 10.** Sistema de transporte marítimo y fluvial (GNL y GNC)



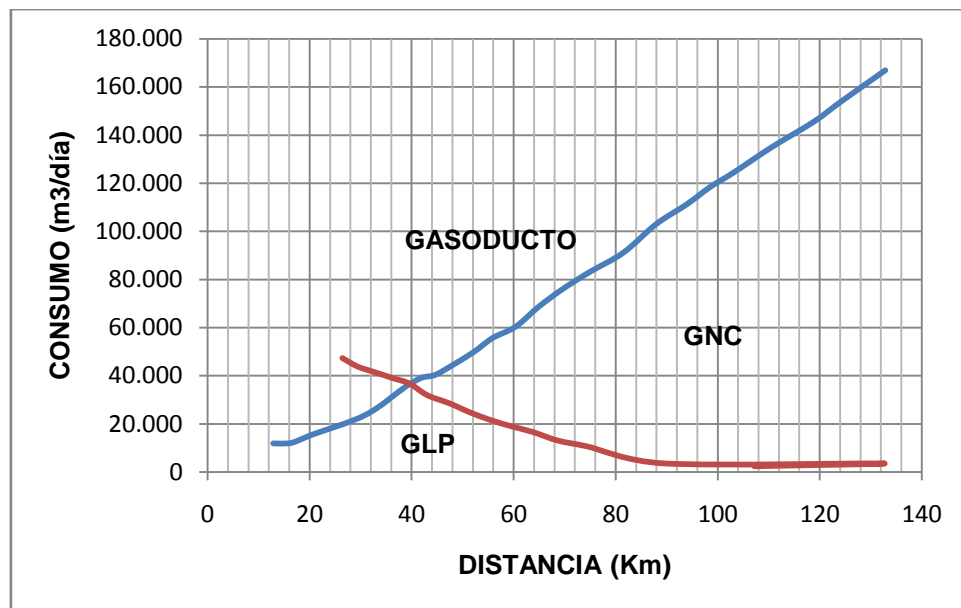
Fuente: [www.google.com/imagenes/sistemas+transporte+de+gas+natural](http://www.google.com/imagenes/sistemas+transporte+de+gas+natural)

- **Elección del Sistema de Transporte del GN.** De acuerdo con el estudio de COINOR Ltda. El GNC tiene un espacio importante para llevar energía a poblaciones que están aisladas de la red nacional de gasoductos.

Tal como puede observarse en la siguiente figura, en poblaciones con consumos no muy pequeños y ubicadas a distancias considerables de las plantas de abasto de GLP y de la red de gasoductos, el GNC puede ser una opción más económica para abastecerlas con gas.

No obstante, debido a las diferentes tarifas del gas natural aumenta y disminuye la competitividad del GNC respecto al GLP, por esto para conocer la viabilidad de proyectos con GNC es necesario evaluar para cada población los costos el gas natural y del GLP. Por esta razón la siguiente grafica es indicativa.

**Figura 11.** Competitividad del Gas Natural Comprimido, GNC



Fuente: COINOR Ltda.

A manera de ejemplo el costo definitivo de un gasoducto queda afectado por numerosos factores, eso no significa que sea imposible hacer una estimativa general de lo que puede costar un gasoducto. El Banco Mundial publica una regla a la que llama Rule-of-Thumb (regla del dedo gordo) en la que ofrece una estimativa inicial que asocia sólo dos variables, el diámetro y la distancia. Según esta regla el costo para Colombia se sitúa alrededor de 40 y 60 dólares por cada pulgada de diámetro y por cada metro de distancia, también se puede usar como referencia el costo de gasoductos que se construyeron recientemente.

Por ejemplo el gasoducto Gibraltar – Bucaramanga se baso en una tarifa promedio de 80 US\$ por cada pulgada de diámetro y por cada metro de distancia.

Para el caso del suministro de gas para San Gil por gasoducto se puede mencionar el estudio “PROYECTO GASODUCTO SANTANA – SAN GIL Y RAMALES, ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD” realizado por la Empresa Colombiana de Gas, ECOGAS.

El cual este estudio busca definir la viabilidad de construir un gasoducto que, partiendo del municipio de Santana (Departamento de Boyacá), el cual es punto terminal del Gasoducto de Boyacá – Santander, llegue hasta San Gil, en un trayecto de aproximadamente 72 Km, beneficiando a diversas poblaciones ubicadas tanto en la Provincia de Guanentá como en la Comunera.

Así entonces el costo estimado del gasoducto en tubería API 5LX60, 0,250 pulgadas de espesor, 56 kilómetros de longitud en 3” y 16 kilómetros en 2”, aplicando un nivel de dificultad de 2, por manejo geotécnico de la Cordillera Oriental, sería aproximadamente de 4.45 millones de dólares.

**Tabla 7.** Costo gasoducto troncal Santana - Oiba - Socorro - San Gil

No.	TRAMO	Diámetro pulg.	Longitud Km	VALOR CONSTRUCCIÓN (US\$)
1	SECTOR SANTANA – DERIVACIÓN A GAMBITA	3	5,0	361.571
2	SECTOR DERIVACIÓN A GAMBITA – OIBA	3	27,0	1'663.777
3	SECTOR OIBA – SOCORRO	3	24,0	1'482.334
4	SECTOR SOCORRO - SAN GIL	2	16,0	941.791
<b>TOTAL TRAMO PRINCIPAL SANTANA SAN GIL</b>			<b>72,0</b>	<b>4'449.473</b>

Fuente: Ecogás

Con estas cifras, el Proyecto para Ecogás no es rentable, pues dado el bajo volumen de demanda y los altos costos de construcción de la troncal, las tarifas a cobrar serían demasiado onerosas (sin incluir la tarifa de transporte por los tramos anteriores), como se puede observar (Cálculos con metodología CREG).

De acuerdo a la información mencionada anteriormente sobre el estudio de la construcción del gasoducto Santana - San Gil realizado por Ecogás y en la cual llegan a la conclusión que la construcción del gasoducto no es viable, es por eso que este proyecto plantea como alternativa de suministro de gas natural al municipio de San Gil la utilización de la tecnología del GNC o gasoducto virtual.

## 2.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC)

La distribución de gas natural comprimido se divide en cuatro (4) etapas específicas.

**Figura 12.** Diagrama del proceso del GNCD



Fuente: COINOR Ltda, Modificada Autor

Donde se debe tener en cuenta, que la manipulación del gas natural tiene riesgos si no se hace observando estrictamente las normas de seguridad y utilizando equipos garantizados por fabricantes certificados y de reconocida trayectoria en la industria del gas, es necesario definir un sistema de transporte para el país que aplique los estándares internacionales. Adicionalmente que los equipos a instalar sean de fabricación estándar, lo cual disminuye costos por menores inversiones y menores tiempos de entrega.

### **2.1.1. Sistema de Compresión.**

La presión de succión de la estación compresora depende del sitio en donde se pueda conectar con la red nacional de gasoductos, sabiendo que a mayor presión de succión menor inversión y menores costos de operación se requieren.

De los tres posibles puntos de conexión de la estación (gasoducto, red principal de distribución y red secundaria de distribución), no se recomienda conectarse sobre la red de polietileno (red secundaria) por que la presión de succión entre 30 y 60 psig es muy baja y se encarecen los costos unitarios de operación.

Una conexión directa sobre el gasoducto también tiene problemas: dependiendo de la ubicación en el gasoducto, la presión puede variar entre 250 a 1200 psig, lo cual obliga a disponer de compresores de menor presión de succión que garanticen su operación con cualquier presión del gasoducto.

En consecuencia, el sitio para conectar la estación compresora es la tubería de acero (red de distribución principal) de 200 a 250 psig, por que goza de alta presión y lograr también menores costos de distribución, Dt. Esta situación mejoraría aún más si la conexión se realiza inmediatamente en la salida del "city

gate” y no se paga costos de distribución, Dt, por no utilizar las redes de distribución.

**Figura 13.** Estación Compresora (Microbox)



Fuente: GALILEO Natural Gas Technologies (Argentina).

Para aumentar la presión desde 250 psig hasta 3600 psig se requiere de una unidad compresora que tiene el conjunto motor-compresor, un tanque compensador de presión, filtro de entrada, sistema de enfriamiento, sistema recolector de condensados, tablero eléctrico, sistema de seguridad de gases y alarmas, y almacenamiento completo.

- **El conjunto motor-compresor** aumenta en tres etapas la presión del gas de 200 psi aproximadamente en la línea de distribución, hasta los 3600 psi requeridos para su almacenamiento. Aún cuando el motor puede ser de gas o eléctrico, por facilidades de manejo y por precio se toma el motor eléctrico.

El compresor es considerado la parte más importante de la estación de distribución de GNC, ya que es la pieza fundamental, de mayor costo y el que

más problemas puede ocasionar por un mal diseño y operación, por eso es necesario un conocimiento detallado del mismo.

La instalación, mantenimiento y operación de los compresores y demás equipos deben cumplir con la normatividad vigente.

- **El tanque compensador** sirve para suministrar en forma estable el gas que va a ser comprimido y lograr una operación continua.
  
- **El filtro de entrada** sirve para eliminar sólidos e impurezas que traiga el gas. Del buen funcionamiento de este depende el comportamiento apropiado del elemento de regulación y de los demás elementos del proceso. Generalmente son del tipo de malla con algodón prensado.
  
- **Sistema de enfriamiento** durante el proceso de compresión se genera calor que es necesario eliminar mediante el sistema de enfriamiento que opera sobre las diferentes etapas del gas que se está comprimiendo.
  
- **Tanque de Recuperación** los condensados que se producen se van recogiendo y se almacenan en este tanque.
  
- **El tablero eléctrico** tiene el sistema de arranque para el motor y las protecciones y controles de la parte eléctrica.

- **El sistema de seguridad de gas y alarmas** tiene todos los instrumentos, válvulas e indicadores que permiten una operación segura y facilitan la operación de la unidad.
- **El sistema de almacenamiento** está compuesto por varios cilindros conectados entre sí, con sus válvulas de seguridad e instrumentos de medición.

Los fabricantes de estos equipos normalmente los entregan dentro de cabinas metálicas.

**Figura 14.** Sistema de Almacenamiento con cabina y estándar



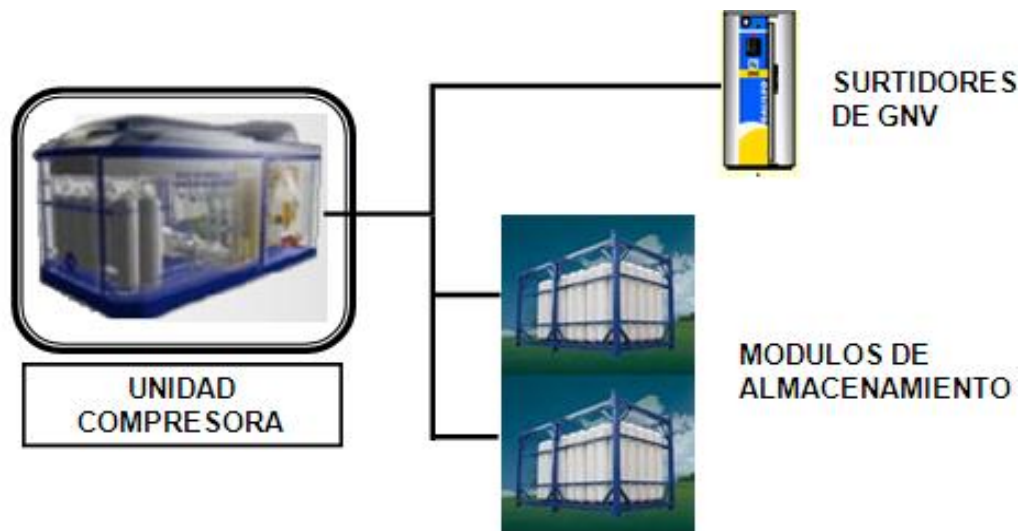
**Fuente:** Tomado de ASPRO. Productos para GNC.

A la salida del módulo de compresión esta la tubería y las torres de llenado que permite conectar el o los módulos de almacenamiento que serán transportados a

las estaciones de descompresión. Las torres de llenado son estructuras metálicas que tienen válvulas de cierre y mangueras para dos alimentadores de módulos de almacenamiento.

Adicionalmente puede estar la conexión para alimentar los dispensadores para gas natural vehicular (GNV), si se quiere dar una mayor utilización.

**Figura 15.** Estación compresora con GNV



Fuente: COINOR Ltda, Modificada Autor

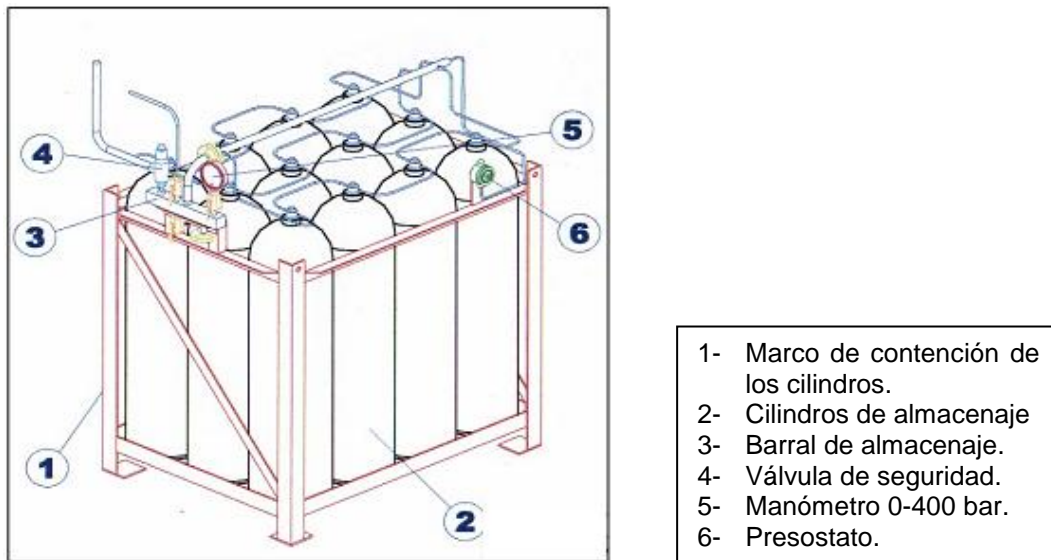
Esta unidad constructiva comprende la unidad compresora con su almacenamiento propio y las torres de llenado.

### **2.1.2. Sistema de Almacenamiento.**

Para transportar el gas natural comprimido se utilizan cilindros o tanques de acero, conectados entre sí, los cuales se llenan en la estación compresora a 250 bar (3675 psi), de acuerdo con la NTC 4820.

Las baterías de almacenamiento están compuestas por cilindros de acero, montados sobre un bastidor de acero o una cubierta modular, con sus válvulas individuales, válvula esférica manual de bloqueo general de salida, válvulas de exceso de flujo, válvula de seguridad por sobre presión y tuberías de interconexión en acero inoxidable, según se describe en la NTC 4820.

**Figura 16.** Batería de almacenamiento típica.



Fuente: Guía ambiental para la distribución de gas natural comprimido para uso vehicular – GNV

Los cilindros pueden ubicarse en posición vertical u horizontal. En ambos casos la totalidad de las válvulas y accesorios de maniobras posibilitarán su operación desde el perímetro de la batería.

Básicamente se podrían utilizar dos tipos de módulos de almacenamiento: i) baterías de doce cilindros de acero de 100 lts ( $25\text{m}^3$ ) cada uno, 250 bar de presión de trabajo y ii) módulo completo con capacidad de  $1300\text{ m}^3$  o de  $1500\text{ m}^3$  de gas y

presión de trabajo de 250 bar. El peso de cada módulo lleno es cercano a dos toneladas y sin gas alcanza 1600 kg.

**Figura 17.** Baterías de almacenamiento móvil horizontal y modular



Fuente: [www.bon-gas.com](http://www.bon-gas.com) y [www.glileoar.com](http://www.glileoar.com) respectivamente

Estos módulos de almacenamiento, que comúnmente se llaman “canastas”, son transportados sobre vehículos de carga.

**2.1.2.1. Características de los cilindros de almacenamiento de GNC.** Son Cilindros de acero sin costura para el almacenamiento de gas natural a unas presiones de 3000 psig, fuertemente resistentes con un espesor de pared entre 7 y 9 mm y probadas a 4500 psig, y en presión de rotura es de 6700 psig. Sus longitudes y diámetros varían de acuerdo a su capacidad de almacenamiento, existiendo una variedad que oscila entre 5 y 30 m<sup>3</sup> con un peso que puede alcanzar los 110 Kg.

**Figura 18.** Cilindros de Almacenamiento de GNC



Fuente: Foro de Usuario de GNC - <http://www.gncusers.com.ar>

El material en que son construidos es acero 34 CrMo y son fabricados mediante tratamiento térmico (Templado y Revenido). Estas especificaciones están contempladas en la norma IRAM 2526/92. En Colombia no hay empresa fabricante de este tipo de cilindros.

**2.1.2.2. Tubería de alta presión.** Comunica los cilindros de almacenamiento entre sí. Las tuberías de alta presión están diseñadas para conducir GNC y soportar presiones hasta de 900 bar (14000 psi) sin sufrir fallas en su estructura; fabricada en acero inoxidable o acero al carbono con baño galvanizado, de una pieza y sin costuras normalmente tienen un espesor de pared entre 1 y 1,5 mm y un diámetro exterior de 6 mm.

Las tuberías dañadas no se deben reparar, sino cambiar por tuberías nuevas.

**2.1.2.3. Manómetro indicador de carga.** El manómetro sensor mide la presión del interior del cilindro, conocido como manómetro de resorte o manómetro de Burdons, con una tolerancia de más o menos 5 bar.

**Figura 19.** Manómetro



Fuente: ITM Instituto Tecnológico de Motores

Este vendrá graduado en dos escalas con una escala máxima de carga de 400 bar debe ser capaz de soportar el estallido del mismo y contener en su interior todas aquellas piezas móviles que pudieran causar algún daño al usuario con una presión de estallido de 500 bar.

Debe ser colocado en un lugar visible en el momento de carga y al resguardo del impacto con uno u otro objeto.

Este puede venir provisto con sensores los cuales transmitan en forma de señal eléctrica la cantidad de carga restante en el cilindro, estos sistemas pueden ser del tipo óptico o inductivo. En caso de ser del tipo neumático no sería colocado en el manómetro sino en la línea de alta presión.

**2.1.2.4. Parámetros para la revisión periódica de los cilindros.** La inspección será realizada al 100% de los cilindros de GNC solamente por personal técnico idóneo y entrenado perteneciente a los centros de revisión de cilindros habilitados y que posean como mínimo el equipamiento indicado.

El proceso y control de calidad de los Centros de Revisión de Cilindros serán supervisados por entes de Certificación que satisfagan los lineamientos de las normas.

**2.1.2.5. Pasos para la revisión periódica de los cilindros.** Se debe realizar una Revisión Periódica Obligatoria Programada, cualquiera que sea el estado o haya sido el uso del cilindro, que consistirá de los siguientes pasos.

- a) Control de identificación y carta compromiso de conformidad si aplica.
- b) Vaciado del contenido.
- c) Desválvulado e inertización.
- d) Limpieza exterior.
- e) Inspección visual externa.
- f) Control de roscas
- g) Control de los accesorios fijos y desmontables.
- h) Control del funcionamiento de la válvula.
- i) Inspección de la válvula.
- j) Control de los defectos en el cuello del cilindro.
- k) Limpieza interior.
- l) Inspección visual interna.
- m) Control de la masa o tara.
- n) Medición de espesores de la pared del cilindro por ultrasonido.
- o) Ensayo hidráulico de expansión volumétrica del cilindro.

- p) Secado del cilindro.
- q) Remarcado del cilindro (en la ojiva, fecha de revisión).
- r) Pintura del cilindro.
- s) Documentación del cilindro aprobado, su verificación.
- t) Destrucción del cilindro condenado.

### **2.1.3. Sistema de Transporte.**

El transporte consiste en llevar los módulos de almacenamiento cargados desde la estación compresora, hasta la población objetivo para su posterior descompresión y distribución por red.

Posteriormente realiza la recogida de las “canastas y/o módulos” vacías en esta estación y el regreso hasta la estación compresora para llenado e iniciar nuevamente el ciclo del transporte.

Dependiendo de la cantidad de módulos de almacenamiento que se lleven a una sola estación de descompresión, en un viaje se pueden atender una o más estaciones compresoras.

Para el transporte del GNC, existen en el mercado diversas alternativas en las que sobresalen:

- i) El camión con su grúa para alzar, manejar y bajar los módulos de almacenamiento o “canastas”

**Figura 20.** Vehículo con su grúa para alzar y bajar las canastas de GNC



Fuente: Fuente: [www.bon-gas.com](http://www.bon-gas.com)

- ii) El camión con sistema modular de carga y descarga

**Figura 21.** Vehículo con sistema modular



Fuente: [www.galileoar.com](http://www.galileoar.com)

- iii) El tráiler con el sistema fijo de almacenamiento de gas

**Figura 22.** Vehículo con sistema fijo de almacenamiento de GNC



Fuente: [www.bon-gas.com](http://www.bon-gas.com)

#### **2.1.4. Sistema de Descompresión**

Para abastecer a una población que no esté interconectada a la red de gasoductos, se requieren unas instalaciones que tengan los siguientes equipos: unidad de almacenamiento, regulación, calentamiento, medición, filtración odorización, toma de muestras, telecomando y limpieza.

**Figura 23.** Estaciones de Descompresión de GNC



Fuente: [www.estrumont.com](http://www.estrumont.com)

La unidad de almacenamiento corresponde a las “canastas” o módulos de almacenamiento que son cargados en la estación compresora y suministran gas a 3600 psig.

El equipo de regulación reduce la presión del gas mediante válvulas para entregarlo a presión estable a la red de distribución. La Descompresión se hace por etapas: regulación primaria de 3600 psig a 250 psig, y si no existe red primaria de distribución, regulación secundaria de 250 psig a 60 psig.

El equipo de calentamiento sirve para compensar el enfriamiento que se presenta con la expansión del gas y su necesidad depende de la demanda y de la temperatura ambiente.

El equipo de medición permite conocer la cantidad de gas entregada.

El equipo de filtración elimina humedad, sólidos e impurezas que puede contener el gas.

La odorización permite darle un olor característico para reconocerlo cuando hay escapes de gas natural. Si la compresión se hace con gas odorizado no se requiere tener este equipo en la estación descompresora.

Los demás equipos sirven para tomar muestras, controlar la estación, mostrar el control de alarmas y demás información para la correcta operación de la estación. Como dentro de los equipos considerados para las estaciones “city gate”, cuyos costos están incluidos en el Dt, se encuentran los elementos de descompresión de 1200 psig a 250/60 psig, calentamiento, medición, filtración, odorización, cromatografía y control, solamente falta el almacenamiento (módulos de

almacenamiento) y la descompresión de 3600 psig a 250 psig, equipos que son los realmente atribuibles al transporte con gas natural comprimido.

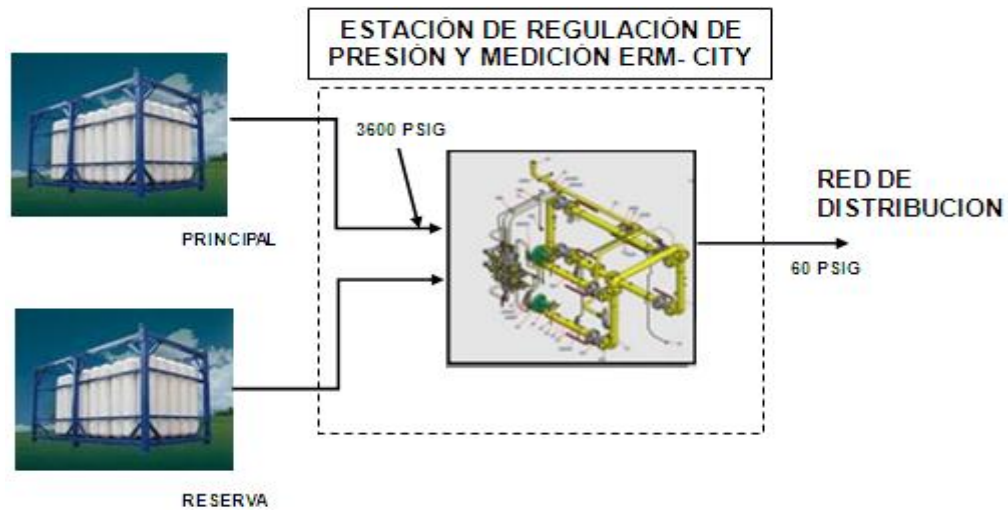
Es decir la unidad constructiva para la estación de descompresión que debe asumir el transporte con gas natural comprimido se limita al cambio de equipos para reducción de presión de 3600 psig a 250 psig.

Cada módulo de almacenamiento le corresponde un módulo de descompresión de 3600 psig a 250 psig, pero se pueden conectar hasta cuatro “canastas” en paralelo utilizando un módulo de descompresión.

La cantidad de módulos de almacenamiento debe ser capaz de atender la demanda diaria de la población y el vehículo transportador (o vehículos si la demanda diaria supera la capacidad de un tráiler) debe abastecerla diariamente. En caso que el consumo diario de la población sea inferior a la capacidad de almacenamiento, este durará más de un día y por tanto el vehículo transportador no tiene que venir todos los días.

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de gas se requiere que siempre esté disponible un módulo de almacenamiento-descompresión de reserva, de tal forma que antes de terminarse el módulo principal, el suministro lo asuma el módulo de reserva. Esta reserva también depende de la distancia a la estación compresora, de tal forma que se garantice que la reserva puede abastecer mientras llegue el vehículo transportador.

**Figura 24.** Planta de descompresión completa



Fuente: Autor

### 2.1.5. SISTEMA DE DISTRIBUCION

A continuación se describen los aspectos más importantes a tener en cuenta en la elaboración del diseño de distribución de gas combustible por redes.

**2.1.5.1. Redes Urbanas.** Se entiende por red urbana la infraestructura compuesta por las líneas troncales, los anillos, al igual que las instalaciones internas necesarias para llevar el gas combustible hasta los usuarios.

**2.1.5.2. Componentes.** El gas de consumo doméstico, comercial e industrial, es transportado a través de redes de polietileno. El suministro de gas se realiza a través de redes de distribución urbana que son sistemas de tuberías destinados al abastecimiento de gas a una o varias comunidades urbanas o suburbanas, comprendidas entre la estación receptora (city gate o tanque en el caso de distribución de GLP) y los medidores de consumo de las instalaciones

individuales de los usuarios del sistema. Una red de distribución de gas está integrada por los siguientes componentes:

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

- **Anillos de Distribución.** Parte del sistema de distribución conformada por accesorios y tuberías que se derivan de las redes troncales formando mallas o circuitos cerrados. Los anillos de distribución tienen como fin entregar el gas a los usuarios, llevándolo desde la troncal hasta la acometida correspondiente a cada vivienda. Consisten de tubería de polietileno con diámetros menores de 1 pulgada.

- **Acometida Domiciliaria.** Conjunto de tuberías, equipos y accesorios requeridos para el suministro de gas a uno o varios usuarios desde el anillo de distribución, hasta el dispositivo de transición (elevador). La acometida tiene como propósito conducir el gas desde el anillo de distribución hasta el centro de medición de cada usuario.

- **Derivación.** Corresponde a cualquier prolongación de la red prevista inicialmente.

- **Instalación Interna.** Conjunto de tuberías y accesorios utilizados para conducir el gas hasta los artefactos de consumo de cada usuario en particular.
- **Centro de Medición.** Conjunto de equipos que permiten realizar la medición, el control y la regulación de la presión del gas suministrado a cada usuario.
- **Nicho.** Recinto debidamente ubicado y adecuadamente construido donde se aloja el centro de medición.

### **3. NORMATIVIDAD TÉCNICA**

Los proyectos de GNCD, darán cumplimiento a la normatividad técnica nacional.

#### **3.1. LEYES, RESOLUCIONES Y NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS**

- La Constitución política y las Leyes en general.
- Las resoluciones técnicas emitidas por el Ministerio de Minas y Energía, la CREG y las normas técnicas ICONTEC.
- NTC: Normas Técnicas Colombianas.
- Las Regulaciones y Requisitos específicos para los trámites Ambientales.
- La normatividad, los acuerdos Locales y Regionales Vigentes.
  
- Ley 142 de 1994, Régimen de Servicios Públicos Domiciliarios.
- Resolución 067 de 1995, CREG.
- Resolución 057 de 1996, CREG.
- Resolución 80582 de 1996, Ministerio de Minas y Energía.
- Resolución 011 de 2003, Por la cual se establecen los criterios generales para remunerar las actividades de distribución y comercialización de gas combustible, y las fórmulas generales para la prestación del servicio público domiciliario de distribución de gas combustible por redes de tubería.
- Resolución 008 de 2005, CREG.

- Resolución 180928 de 2006, Ministerio de Minas y Energía: Por la cual se expide el Reglamento Técnico aplicable a las Estaciones de Servicio que suministran Gas Natural Comprimido para Uso Vehicular.
- Resolución 182233/09, Por la cual se expide para Cilindros y Tanques estacionarios utilizados en la prestación del servicio público domiciliario de Gas Licuado de Petróleo, GLP y sus procesos de mantenimiento.
- Decreto 1609/02, Transporte de Mercancías Peligrosas.
- **NTC 4820: 2000**, Estaciones de servicio para vehículos que utilizan gas natural comprimido como combustible.
- **NTC 4968**, Cilindros de Gas. Terminología.
- **NTC 3847**, Cilindros de alta presión para almacenamiento de Gas Natural utilizado como combustible para vehículos automotores.
- **NTC 4823:2000**, Sistema de llenado de Gas Natural Comprimido vehicular.
- **NTC 4827:2001**, Requisitos de instalación, operación y mantenimiento de compresores para estaciones de servicio de Gas Natural Comprimido.
- **NTC 1461: 1987**, Higiene y Seguridad. Colores y señales de seguridad.
- **NTC 2050: 1998**, Código eléctrico colombiano.
- **NTC 3949: 1996**, Gasoductos, Estaciones de regulación de presión para redes de transporte y distribución de gas combustible.

En caso de no contarse con reglamentación específica para alguna actividad particular (Compresión, transporte, Almacenamiento y Descompresión), de GNCD, los proyectos se podrán acoger a las normas internacionales plenamente reconocidas que regulen dicha actividad como:

- ASME: American Society of Mechanical Engineers.
- ANSI: American National Standard Institute.
- ASTM: American Society For Testing and Materials.
- API: American Petroleum Institute.
- MSS: Manufacturer’s Standardization Society of the Valve and Fittings Industry.
- AWS: American Welding Society.
- NFPA: National Fire Protection Association.
- ISO: Organización Internacional de Estándares.

### 3.2. ESQUEMA REGULATORIO DEL SECTOR DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA



Fuente: Ecopetrol

- **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".
- **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".
- **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.
- **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.

- **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.
- **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.
- **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.
- **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".

- **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.

### **3.3. MARCO JURÍDICO AMBIENTAL**

El ordenamiento jurídico ambiental del país se desprende de la Constitución Política de 1991, en la cual se establecen las obligaciones del Estado y los ciudadanos en la protección de las riquezas naturales y culturales de la Nación, también hace referencia a la participación ciudadana en las decisiones ambientales de los proyectos (Artículos 1, 2, 3, 7, 8, 20, 23, 40, 49, 55, 72, 74, 78, 79, 80, 81, 82, 86, 87, 88, 95, 330, 333 y 334).

La Ley 99 de 1993, crea el Ministerio del Medio Ambiente y define la organización del Sistema Nacional Ambiental SINA, fijando la licencia ambiental como instrumento de planificación y gestión ambiental de los proyectos; mediante el Decreto 1753 de 1994 y la Resolución 655/961 se reglamenta la licencia ambiental, señalando por ejemplo, las modalidades, las competencias y los procedimientos, entre otros apartes. También mediante el Decreto 2820 de 2010 que por la cual se reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales y mediante Resolución 1023 de 2005 se adoptan guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación.

**3.3.1. Normatividad General.** En la Tabla 8 se relacionan las normas de carácter general aplicables a proyectos de distribución de GNCV. Si bien en la siguiente relación no se incluye la totalidad de la normatividad ambiental, no se exime de su cumplimiento.

**Tabla 8.** Normas de carácter general

ELEMENTO	NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
<b>COMUNIDADES Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA</b>	LEY 21 DE 1991	Pueblos indígenas
	LEY 70 DE 1993	Protección de la identidad cultural y derecho de las comunidades negras.
	LEY 34 DE 1994	Participación ciudadana.
	DECRETO 1320 DE 1998	Reglamenta la consulta previa con las comunidades indígenas y negras para la explotación de los recursos naturales en su territorio.
<b>AGUA</b>	DECRETO 2811 DE 1974	Parte III: Aguas no marítimas y recursos hidrobiológicos.
	DECRETO 1449 DE 1977	Franjas protectoras de nacimientos y cuerpos de agua (MINAGRICULTURA).
	DECRETO 1541 DE 1978	Concesiones de aguas superficiales y subterráneas, explotaciones de material de arrastre y ocupación de cauces (MINAGRICULTURA).
	DECRETO 1594 DE 1984	Vertimientos de residuos líquidos (MINSALUD).
	DECRETO 901 DE 1997	Tasas retributivas por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales a cuerpos de agua (MINAMBIENTE).
	LEY 373 DE 1996	Ahorro y uso eficiente del agua
	RESOLUCIÓN 3102 DE 1997	Las licencias de construcción y urbanismo deberán considerar la utilización de equipos y sistemas con bajo consumo de agua (MINDESARROLLO).

<b>ELEMENTO</b>	<b>NORMATIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>AGUA</b>	RESOLUCIÓN 372 DE 1998	Se fijan las tarifas mínimas para tasas retributivas por vertimientos (MINAMBIENTE).
<b>EMISIONES ATMOSFÉRICAS</b>	DECRETO 02 DE 1982	Normas sobre aire (MINSALUD).
	DECRETO 948 DE 1995	Regula el otorgamiento de permisos de emisiones atmosféricas y ruido, los instrumentos y mediciones de control y el régimen de sanciones y participación ciudadana (MINAMBIENTE).
	RESOLUCIÓN 898 DE 1995	Combustibles líquidos y sólidos para hornos y calderas de uso comercial y motores de combustión interna de vehículos automotores (MINAMBIENTE).
	RESOLUCIÓN 1351 DE 1995	Informe de estado de emisiones (IE-1), sección COV'S (MINAMBIENTE).
	LEY 306 DE 1996	Protección de la capa de Ozono (CONGRESO NACIONAL).
	RESOLUCIONES 005 Y 909 DE 1996	Fuentes móviles terrestres (MINAMBIENTE MINTRANSPORTE)
	RESOLUCIÓN 619 DE 1997	Emisiones atmosféricas fuentes fijas (MINAMBIENTE).
	DECRETO 1697 DE 1997	Modifica parcialmente el Decreto 948/95
	RESOLUCIÓN 623 DE 1998	Reglamenta la 898 de calidad de combustibles (MINAMBIENTE).
<b>ESPACIO PÚBLICO</b>	LEY 9 DE 1989	Artículo 8: Defensa del espacio público.
	DECRETO 1504 DE 1998	Reglamentación del espacio público en los planes de ordenamiento territorial.

ELEMENTO	NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
FLORA Y BOSQUES	DECRETO LEY 2811 DE 1974	Parte VIII: Bosques, aprovechamientos forestales y reforestación.
	DECRETO 1791 DE 1996	Régimen de aprovechamiento forestal (MINAMBIENTE).
PAISAJE	DECRETO 1715 DE 1978	Protección del paisaje (MINAGRICULTURA).
	LEY 140 DE 1994	Descontaminación visual y de integridad del medio ambiente (CONGRESO NACIONAL).
PREVENCIÓN DE DESASTRES	DECRETO LEY 919 DE 1989	Se organiza el Sistema de Atención y Prevención de Desastres.
	RESOLUCIÓN 1016 DE 1989	Reglamenta la organización y desarrollo de un plan de emergencia teniendo en cuenta tres ramas, preventiva, pasiva o estructural y activa o control de emergencia.
	DECRETO 1281 DE 1994	Reglamenta las actividades de alto riesgo.
RESIDUOS	LEY 9 DE 1979	Código Sanitario Nacional: reglamentación para la generación, manejo y disposición de residuos (MINSALUD).
	RESOLUCIÓN 2309 DE 1986	Reglamentación para la generación y disposición de residuos especiales (MINSALUD).
	RESOLUCIÓN 541 DE 1994	Reglamenta el cargue, descargue, transporte y disposición de escombros (MINAMBIENTE).
	DECRETO 605 DE 1996	Residuos sólidos (MINDESARROLLO).
	LEY 430 DE 1998	Normas prohibitivas para desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones a nivel ambiental (MINAMBIENTE).
	RESOLUCIÓN 415 DE 1998	Manejo y disposición de aceites usados (MINAMBIENTE).

<b>ELEMENTO</b>	<b>NORMATIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>RUIDO</b>	RESOLUCIÓN 8321 DE 1983	Control de emisiones de ruido previendo afectación de la salud y bienestar de las personas (MINSALUD), modificado por la Resolución 792/90 de MINSALUD.
<b>SUELOS</b>	DECRETO LEY 2811 DE 1994	Parte VII: De la tierra y los suelos: de los suelos agrícolas y de los usos no agrícolas.
<b>ESTACIONES DE SERVICIO</b>	DECRETO 1521 DE 1998	Almacenamiento, manejo y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo para estaciones de servicio.

Fuente: Guía ambiental para la distribución de gas natural comprimido para uso vehicular – GNCV. DAMA Bogotá D.C

Sin embargo, la distribución de Gas Natural Comprimido para uso Domiciliario, GNCD deberá acogerse a la normatividad ambiental específica expedida en jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales, los municipios, distritos y áreas metropolitanas, así como por las entidades territoriales delegatarias de las Corporaciones Autónomas Regionales.

## 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE SAN GIL

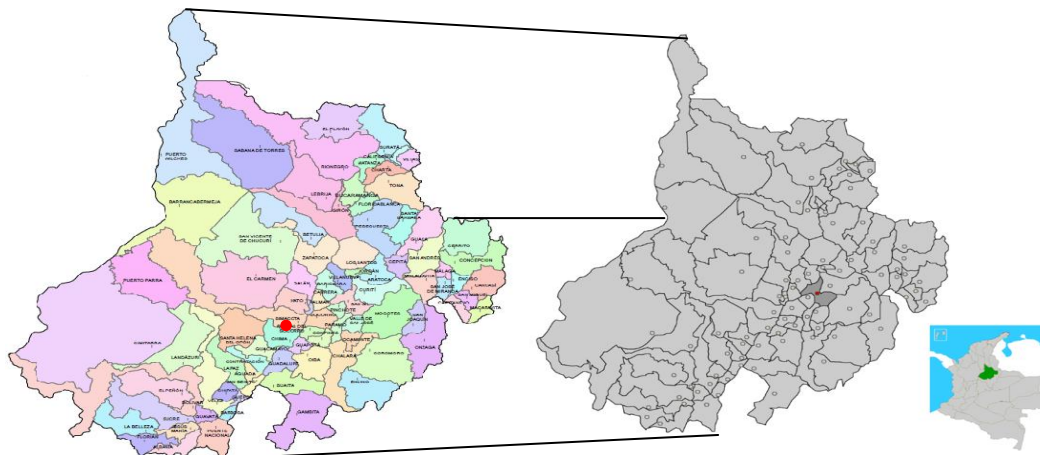
### 4.1. GENERALIDADES DE LA REGIÓN

El municipio de San Gil define uno de los centros de actividad más importantes de la Región Andina Santandereana, conforma conjuntamente con el municipio de Barbosa dos nodos conurbados y uno de los ejes de actividad (la vía 45A) con mayor densidad de casco urbanos, densidad poblacional y de actividades. Dentro de los lineamientos departamentales forma uno de los lados del claustro departamental con polos en el área metropolitana, Barbosa, Cimitarra y Sabana de Torres.

### 4.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

**San Gil** se encuentra ubicado a 96 kilómetros de Bucaramanga, capital del Departamento de Santander y a 327 kilómetros de la capital de la República Bogotá. Respecto al paralelo del Ecuador y Meridiano de Greenwich, la cabecera municipal está localizada a 6° 33' de latitud norte y a 73° 8' de longitud occidental.

**Figura 25.** Ubicación de San Gil en Santander



Fuente: Wikipedi a, la enciclopedia libre.

Es la capital de la provincia Guanentina y tiene un área de 145 kilómetros cuadrados; sus límites intermunicipales son: Al Norte con Villanueva y Curití, al Este con Curití y Mogotes, al Sur con Valle de San José, Páramo y Pinchote, al Oeste con Pinchote, Cabrera, Barichara y Villanueva.

#### **4.3. INTEGRACIÓN REGIONAL Y NACIONAL**

San Gil, cabecera de la Provincia Guanentina y la ciudad más importante del sur de Santander, se encuentra posicionada estratégicamente, situación que le facilita comunicarse mediante vías pavimentadas con poblaciones cercanas y de gran incidencia en el desarrollo de la región: Charalá, Valle de San José, Páramo, Socorro, Barichara, Villanueva, Aratoca, Curití y Pinchote, sobre las que ejerce importante atracción y presta diversos servicios. Esta dinámica regional que impulsa el municipio se extrapola al encontrarse sobre la troncal del oriente, localización privilegiada para comunicarse con la capital de la República y del Departamento, agilizando el intercambio comercial y acercando su potencial turístico y agrícola a propios y visitantes.

#### **4.4. DIVISIÓN POLÍTICO - ADMINISTRATIVA**

San Gil, está conformada por 31 veredas comunicadas con la cabecera municipal a través de carreteras, la mayoría de estos carreteables son transitables con bajo grado de dificultad en las épocas secas, en los períodos lluviosos estas vías se tornan de difícil tránsito, circunstancia causada por el destapado de las mismas. VEREDAS: Egidos y Pericos Santa Bárbara, Puente Tierra, San José de Monas, Bejaranas, El Jovito, Montecitos Bajo, La Laja, Guarigua Alto, Chapala, Macanillo, Boquerón, Santa Rita, Versalles, Los Pozos, Las Joyas, La Flora, El Volador, Resumidero, Jaral, San Pedro, Alto del Encinal, El Tabor, Buenos Aires, Ojo de Agua, Montecitos Alto, Palo Blanco, Alto Campo hermoso, Guarigua Bajo, El Cucharó, Hoya de Monas y Cañaverál.

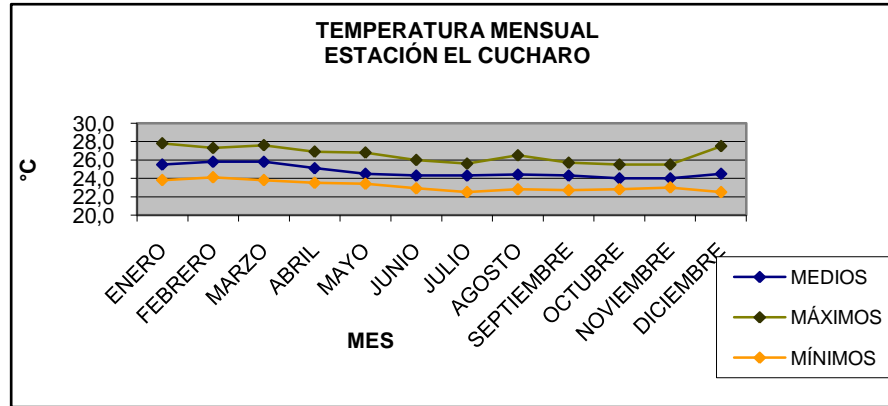
## 4.5. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS Y ATMOSFÉRICOS

### 4.5.1. Temperatura

La temperatura media anual es: 24.7 °C, la media de máximos: 26.6°C y la media de mínimas: 23.1 °C y puede considerarse que el área de San Gil especialmente las vertientes hacia los ríos Fonce y Mogóticos es altamente termoestable, por cuanto entre las temperaturas medias de los meses más cálidos y el menos cálido, hay una diferencia de solo 1.8 °C.

Los valores absolutos históricos están alrededor de 35 °C para las máximas y de 15 °C para las mínimas en promedio.

**Figura 26.** Temperatura mensual de San Gil



Fuente: PBOT, Biofísico.

### 4.5.2. Precipitaciones

La precipitación total media anual es de 1.213,6 en la estación el Cucharo. El tipo de patrón pluviométrico es bimodal moderado con un verano no siempre muy evidente en los meses de junio y julio; el periodo seco va de diciembre a marzo y los húmedos de abril a mayo y de agosto a octubre, el mes de noviembre se

presenta húmedo o como una transición, obedeciendo a las condiciones climáticas generales en el país la relativamente baja precipitación obedece al régimen regional, que se considera escaso, y que se hace patente en el estrecho valle del río Fonce aguas abajo del casco urbano de San Gil, donde en el extremo sur del municipio llega a ser inferior a los 1.000 mm, generándose un ambiente subxerofítico.

Otras consideraciones de acuerdo con la información de la estación el Cucharo es la siguiente:

- Promedio de los 3 meses secos (dic. - feb.): 36.3 mm
- Promedio de los 2 meses más húmedos (abr. – may.): 159.3 mm
- Porcentaje del total anual de lluvia que cae en los 4 meses más secos: 10.7%
- Porcentaje del total anual de lluvia que cae en los 4 meses más húmedos: 50.6%
- Meses con máximos históricos de precipitación: abr. (396,5 mm), may. (287 mm) oct. (299,1mm) y nov. (257,4 mm)
- Años con registros completos más lluviosos: 1.979 (1.593,1 mm) y 1.994 (1.569,4 mm).

#### **4.5.3. Hidrografía**

San Gil está bañado por los ríos Fonce, Mogoticos y Monas; la quebrada Curití y otras de menor caudal de aguas como la Cuchicute, Paloblanco, Afanadora, las

Joyas, Chapala, Guayabal, Molina, La Laja en el límite con Villanueva y el Antable en lindero con Mogotes.

#### **4.6. INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS PÚBLICOS BÁSICOS**

##### **4.6.1. Usos Suelo**

En cuanto al uso de la tierra, se observa que más del 70% del suelo es predominantemente agrario. En cuanto a la calidad del suelo, más del 70% es apto para el cultivo tradicional y el pastoreo.

El suelo urbano, corresponde al área del municipio, dotada de servicios públicos domiciliarios (acueducto, alcantarillado y energía) e infraestructura vial que posibilitan su urbanización y edificación.

##### **4.6.2. Servicios Públicos Básicos**

**Plaza de Mercado.** Que atiende un promedio de 12.000 personas en días de mercado, ésta a su vez en su interior ubica a 900 puestos aprox. entre mayoristas y minoristas.

**Matadero Municipal,** administrado por empresa privada, funciona durante todo el año, sacrificando un promedio mensual de 900 reses de ganado mayor y 300 de ganado menor; la distribución y comercialización de sus productos se realiza a través de la plaza de mercado.

**Acueducto Municipal.** Tiene una cobertura urbana del 100% prestando un servicio constante durante las 24 horas diarias se hace por intermedio de la

empresa ACUASAN; el abastecimiento del agua a la planta se hace desde las quebradas Curití y Cuchicute y para la actual demanda es suficiente. En el sector rural únicamente se cubre el 5% de la población ofreciéndose un servicio deficiente.

**Alcantarillado y Aseo.** Tiene una cobertura del 97% y es solo de tipo sanitario. Aseo y recolección de basuras se hace por intermedio de la empresa ACUASAN en forma manual y regular durante 6 días a la semana, teniendo cubrimiento del 100% en el servicio. El destino final de estas basuras se hace a través de un relleno sanitario, incineración y compostaje.

**Medios de Comunicación:** San Gil cuenta con 2 canales de televisión, Asoparsa - Telesangil: ASOPARSA es la Asociación de Copropietarios de la Antena Parabólica de San Gil y TELESANGIL que es su canal de televisión comunitario. El otro canal con el que cuenta San Gil es **San gil TV** propiedad de la empresa TV Cable San Gil.

Cuenta con emisoras AM. y FM. entre las emisoras AM: RCN Radio San Gil, con cobertura sobre el departamento de Santander; Radio Reloj o La Caliente (afiliada a Caracol Radio); y en FM, La Cometa Stereo; la radio comunitaria de San Gil. En cuanto a periódicos impresos, se distribuyen los de mayor circulación en todo el país y la región.

**Energía Eléctrica.** El servicio se hace a través de la Empresa Electrificadora de Santander ESSA. En San Gil el 98,6% de las viviendas tiene conexión a Energía Eléctrica.

**Telefonía.** Este servicio es prestado por Telecom en el sector urbano y en el sector rural lo comparte con Telebucaramanga con algunos teléfonos comunitarios.

**Transporte.** En el municipio de San Gil actualmente el 44% del parque automotor prestador del servicio de transporte urbano pertenece a la empresa Cootrasangil, seguido por la Empresa Cootraguanentá con el 33% y Cotrafonce con el 23%.

Por cada 133 personas habitantes del sector urbano del Municipio hay 1 Taxi y por cada 410 personas del sector urbano hay 1 microbús.

El municipio cuenta con un servicio de transporte Intermunicipal muy fluido ya que este posee una terminal de transporte a la cual se encuentran afiliadas varias empresas que prestan el servicio de transporte continuamente.

**Gas (GLP).** El servicio de gas actualmente es prestado por: Unigas Colombia S.A. E.S.P., Plexa S.A. Sociedad Anónima Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios, Gas de Santander S.A. E.S.P., Norte Santandereana de Gas S.A. E.S.P., Gas País S.A. Y CIA S.C.A E.S.P, en la modalidad de cilindros de GLP y también algunas viviendas cuentan con un servicio de gas GLP por redes, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 9.** Cobertura de gas GLP por redes actualmente en San Gil

		NACIONAL DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS S.A. E.S.P.	NORGAS S.A.	PROYECTOS DE INGENIERIA Y COMERCIALIZACION : INPROGAS S.A. E.S.P.	TOTAL
<b>MUNICIPIO</b>		SAN GIL	SAN GIL	SAN GIL	
<b>DEPARTAMENTO</b>		SANTANDER	SANTANDER	SANTANDER	
<b>CATASTRO</b>		10683	10040	10683	
<b>TOTAL USUARIOS RESIDENCIALES ANILLADOS</b>		282	2150	260	2692
<b>USUARIOS RESIDENCIALES CONECTADOS POR ESTRATO</b>	<b>1</b>	7		1	8
	<b>2</b>	36	7	2	45
	<b>3</b>	86	1070	181	1337
	<b>4</b>		329		321
	<b>5</b>		41		41
	<b>6</b>				
<b>TOTAL USUARIOS RESIDENCIALES CONECTADOS</b>		130	1447	184	1761
<b>TOTAL USUARIOS COMERCIALES</b>			3		3
<b>TOTAL USUARIOS INDUSTRIALES</b>					
<b>TOTAL USUARIOS GLP POR RED</b>		130	1450	184	1764
<b>COBERTURA RESIDENCIAL%</b>	<b>Potencial</b>	2.6%	21.4%	2.4%	25.2%
	<b>Efectiva</b>	1.2%	14.4%	1.7%	16.5%

Fuente: Autor, con base a cifras de la CREG (Dic. de 2010).

## 4.7. ESTUDIO DE MERCADEO

### 4.7.1. Proyecciones Demográficas

Con el fin de determinar el alcance de la demanda de gas a suministrar en el municipio de San Gil y los posibles usuarios a beneficiarse del servicio de gas en un mediano o largo plazo, se recurren a las proyecciones demográficas, las cuales nos pueden aportar un estimativo del crecimiento de la población y a su vez de las viviendas (usuarios) del municipio de San Gil.

De acuerdo a lo anterior la tabla 11 muestra las proyecciones de la población de San Gil en el periodo de 2005 – 2010 ofrecidas por el DANE, las cuales fueron tomadas de los resultados ajustados de población del Censo 2005.

**Tabla 10.** Población de San Gil

<b>Viviendas, Hogares y Personas</b>				
<b>Área</b>	<b>Viviendas Censo</b>	<b>Hogares General</b>	<b>Personas 2005</b>	<b>Proyección Población 2010</b>
Cabecera	10.270	10.040	37,087	38.960
Resto	1.914	1.620	6,432	5.601
<b>Total</b>	<b>12.184</b>	<b>11.660</b>	<b>43,519</b>	<b>44.561</b>

Fuente: Boletín DANE, Censo General 2005

La tasa de crecimiento anual promedio de la población registrada durante el periodo 2005 – 2010 fue del 0.48%. (Tabla 11)

**Tabla 11.** Variación porcentual de la población de San Gil.

<b>Proyección de la población Municipal de San Gil (Santander) 2005 -2010</b>							
<b>Área</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Promedio variación (%)</b>
Cabecera	37,087	37,480	37,876	38,264	38,620	38,960	
Resto	6,432	6,232	6,052	5,887	5,736	5,601	
<b>Total</b>	<b>43,519</b>	<b>43,712</b>	<b>43,928</b>	<b>44,151</b>	<b>44,356</b>	<b>44,561</b>	
<b>% de variación</b>	0.535957	0.443484	0.494143	0.507648	0.464315	0.462169	0.484619

Fuente: Censo 2005, DANE

**4.7.2. Proyecciones de población y vivienda a 20 años.** Con los datos del crecimiento de la población del municipio de San Gil, obtenidos por el DANE, se calcularon las siguientes ratas de crecimiento tomando un promedio de variación del 0.48%.

Rata crecimiento cabecera: 1.00990276

Rata crecimiento resto: 0.97271465

Rata crecimiento total: 1.0048462

Así entonces las respectivas proyecciones de viviendas en el municipio de San Gil a 20 años, como lo estipula la CREG, para el desarrollo de este tipo de proyectos se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 12.** Proyección de viviendas en San Gil (2011 – 2030)

<b>Proyección Viviendas de San Gil (2011-2030)</b>			
<b>Año</b>	<b>Cabecera</b>	<b>Resto</b>	<b>Total</b>
Rata	1.00990276	0.97271465	1.0048462
2011	10372	1862	12233
2012	10474	1811	12285
2013	10578	1762	12340
2014	10683	1713	12396
2015	10789	1667	12455
2016	10896	1621	12517
2017	11003	1577	12580
2018	11112	1534	12646
2019	11222	1492	12715
2020	11334	1451	12785
2021	11446	1412	12858
2022	11559	1373	12932
2023	11674	1336	13009
2024	11789	1299	13089
2025	11906	1264	13170
2026	12024	1229	13253
2027	12143	1196	13339
2028	12263	1163	13426
2029	12385	1132	13516
2030	12508	1101	13582

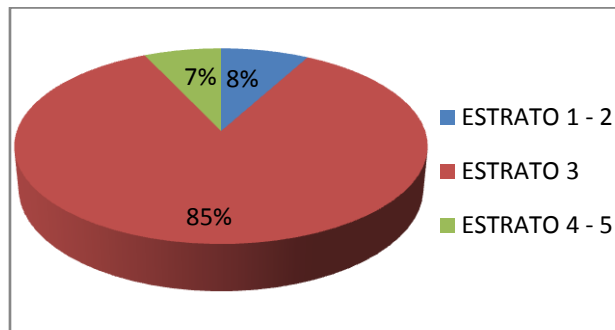
Fuente: Autor

Se puede ver que la población de San Gil en un periodo no mayor a los 20 años su población va a tener un crecimiento muy insignificante por lo que el proyecto no se vería muy afectado respecto al cumplimiento de demanda de gas natural a un largo plazo.

#### 4.8. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DE LA POBLACIÓN

**4.8.1. Distribución socioeconómica.** En cuanto a posición socioeconómica el total de viviendas se distribuye así: El 85% pertenece a estrato medio, un 7% pertenece a estrato medio alto y un 8% pertenece al estrato bajo.

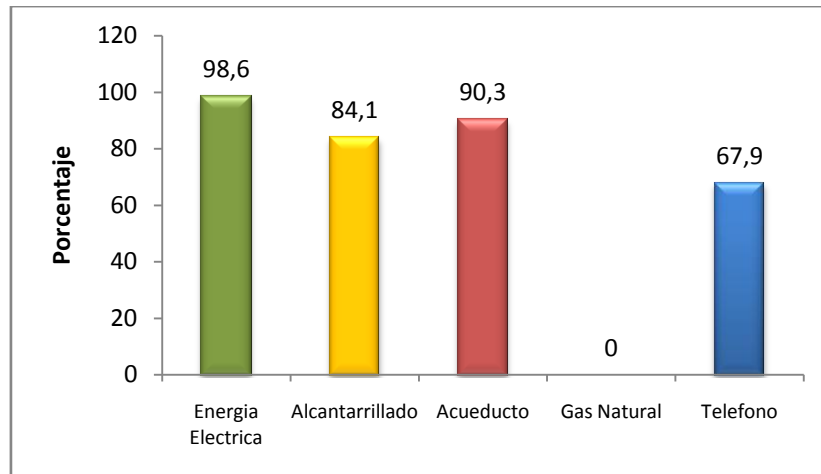
**Figura 27.** Distribución socioeconómica



Fuente: PBOT de San Gil.

Referente al tipo de vivienda, estas se caracterizan por paredes de ladrillo, bloque o prefabricado existiendo también viviendas de tapia pisada, adobe, pisos recubiertos (baldosín, baldosa, tableta o granito) techo cubierto de teja de barro, teja de eternit, cielo raso o placa de cemento. Del total de hogares el 60% habita en vivienda propia, el 40% la ha pagado el 20% la está pagando, el 36% habita en vivienda arrendada. El 81.2% de los hogares habita en casa, el 16.5% en apartamento, el 2.2% en cuarto.

**Figura 28.** Servicios con que cuenta la vivienda



Fuente: Boletín DANE, Censo General 2005

En SAN GIL el 98,6% de las viviendas tiene conexión a Energía Eléctrica. El 0,0% tiene conexión a Gas Natural.

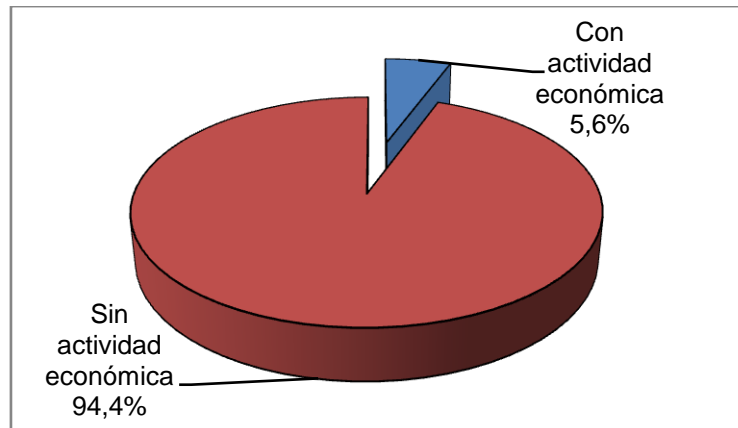
Según su condición socioeconómica la población de San Gil se distribuye como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 13.** Distribución por estrato de San Gil

<b>Estratificación Socioeconómica de San Gil</b>	
Estrato 1 – 2	822
Estrato 3	8729
Estrato 4 - 5	719
<b>TOTAL</b>	<b>10.270</b>

Fuente: PBOT, San Gil

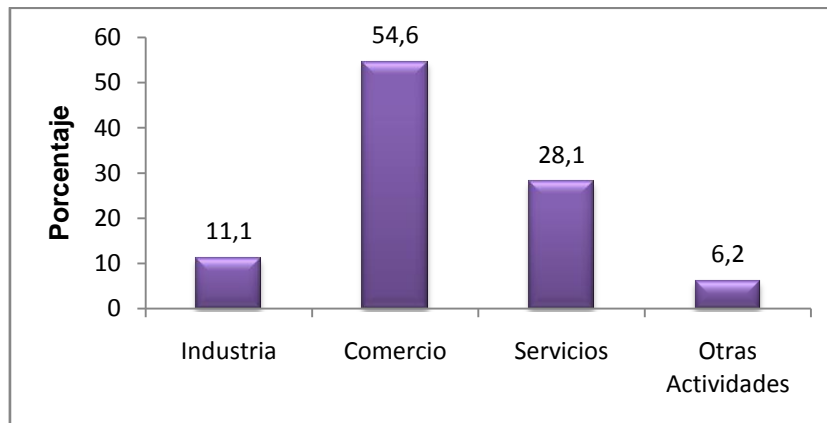
**Figura 29.** Hogares Con actividad Económica



Fuente: Boletín DANE, Censo General 2005

El 5,6% de los hogares tiene actividad económica en sus viviendas. La siguiente figura muestra la distribución de los hogares según su actividad económica.

**Figura 30.** Establecimientos según actividad económica



Fuente: Boletín DANE, Censo General 2005

El 11,1% de los establecimientos se dedica a la industria; el 54,6% a comercio; el 28,1% a servicios y el 6,2% a otra actividad.

**4.8.2. Necesidades Básicas Insatisfechas, NBI.** Es el índice tradicionalmente utilizado en el país para el análisis de la pobreza a nivel regional. En concreto, el índice NBI es una medida de incidencia de la pobreza: dice cuántos pobres hay. Según esta metodología, se definen como pobres todas las personas que habitan en vivienda con una o más de las siguientes características:

- i. Viviendas inadecuadas para habitación humana en razón de los materiales de construcción utilizados.
- ii. Viviendas con hacinamiento crítico. (Más de tres personas por cuarto de habitación).
- iii. Vivienda sin acueducto o sanitario.
- iv. Viviendas con alta dependencia económica (más de tres personas por miembro ocupado) y el jefe hubiera aprobado como máximo dos años de educación primaria.
- v. Viviendas con niños entre 6 y 12 años que no asistieran a la escuela.

**Tabla 14.** Necesidades básicas insatisfechas de la población de San Gil

Personas en NBI (30 Junio 2010)		
Área	Prop (%)	Cve (%) *
Cabecera	7,94	10,87
Resto	29,74	8,65
Total	11,14	7,43

Fuente: Boletín DANE, Censo General 2005

(\*)El guión (--) significa que al 100% de las personas se les aplicó esta pregunta por tanto no tiene Cve\*.

\* **Coficiente de variación estimado (Cve):** Es la forma de medir la calidad de la estimación obtenida a partir de una muestra probabilística.

El índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI) compuesto para el municipio en su totalidad, es del 11.14%, el 7.94% en cabecera y el 29.74% en el resto del municipio. Estas cifras demuestran que el municipio registra cubrimientos aceptables en comparación con la media nacional.

**4.8.3. Aspecto económico de San Gil y su área de influencia.** La población rural se dedica principalmente a la actividad agropecuaria, basada en los cultivos semestrales de tomate, frijol y yuca; algunos permanentes como café, caña y cítricos. El renglón ganadero es menor y representa el 20,25% del hato de Santander y el 17,2% de la producción lechera del Departamento. Explotaciones alternas de piscicultura, porcinos y de aviares empiezan a tener relevancia en el sector. San Gil capital provincial y una de las ciudades más importantes de la troncal del oriente, es exaltada capital turística de Santander en julio de 2004. Estos reconocimientos llegan a fortalecerla como polo de desarrollo, epicentro turístico y despensa agrícola del sur de Santander, apreciándose el crecimiento constante de su población, del mercado regional y de sus actividades financieras, industriales y académicas.

**4.8.4. Turismo.** El centro histórico de esta población de calles empinadas y situada a orillas del río Fonce es Monumento Nacional. Uno de sus mayores atractivos es el parque El Gallineral, que ocupa una isla del río; el musgo que cuelga de los árboles y el rumor del agua lo hacen un sitio de visita obligada. Otros atractivos de San Gil son el parque ecológico Ragonessi, el balneario pozo azul, el cerro la Gruta, el cerro de La Cruz y la práctica de deportes de aventura como el canotaje, el andinismo, el torrentismo, la espeleología, el ciclo montañismo y el motocross, entre otros.

## **4.9. CALCULO DE LA DEMANDA DE GAS**

**4.9.1. Consumo mensual por usuario.** Tomando como base de cálculo el estudio realizado por la CREG sobre el consumo de gas nacional a través de cilindros (GLP), que es la principal fuente de suministro de gas del municipio de San Gil. Se tiene que la frecuencia de compra y el volumen que demanda el usuario promedio de GLP lo hace según el tipo de servicio que recibe y el tamaño del cilindro que utiliza, así 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 lo compran en 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 y los que lo adquieren a granel 0.59 veces al mes.

De lo anterior y a datos obtenidos del Sistema Único de Información SUI, la población de San Gil compra con más frecuencia el cilindro de 33 y 100 libras. Así entonces se tiene la relación de volumen medio de compra de cilindros de 33 libras de 1.23 y para cilindros de 100 libras de 1.71. De acuerdo con lo anterior y sabiendo que 1 galón de GLP equivale a  $2.5 \text{ Nm}^3$  de gas natural y que un cilindro de 33 y 100 libras distribuido en San Gil en promedio tienen 7.053 y 21.373 galones respectivamente, entonces se tiene que el consumo promedio mensual de gas natural por usuario en el municipio de San Gil podría ser de  $21.688 \text{ m}^3$  y de  $91.37 \text{ m}^3$  respectivamente.

**4.9.2. Calculo progresivo de usuarios vinculados.** Para determinar la cantidad de usuarios a beneficiarse del servicio de gas por medio de la tecnología del gas natural comprimido (GNC), se pretende que el proyecto valla dirigido al 100% de la población que reside en la parte urbana del municipio de San Gil. Para efectos de cálculos se tomara como base de cálculo un potencial de usuarios igual a 85 % de

las viviendas que se conecten a la red de distribución de gas natural cada año según proyecciones realizadas en la tabla 12.

**4.9.3. Proyección de la demanda de gas natural a 20 años.** Para determinar la demanda de gas en el municipio de San Gil, y por simplificación de la estimación de esta misma se tendrá en cuenta un consumo de gas natural aproximado. Este aproximado no tendrá en cuenta una discriminación del tipo de usuario (estrato socioeconómico, industrial y comercial).

Así entonces para realizar las respectivas proyecciones de gas natural comprimido en San Gil se tomara una demanda plana mensual de 21 m<sup>3</sup> de GNC, por usuario. De acuerdo con lo anterior se ha previsto que el consumo de gas del proyecto durante sus primeros años de operación podría ser como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 15.** Pronóstico del consumo anual

PERIODO ANUAL	TOTAL USUARIOS	CONS. DIARIO (m <sup>3</sup> /DÍA)	CONS. ANUAL (m <sup>3</sup> /AÑO)
0	8730	6111	2199960
1	8816	6171	2221632
2	8903	6232	2243556
3	8991	6294	2265732
4	9081	6357	2288412
5	9171	6420	2311092
6	9262	6483	2334024
7	9353	6547	2356956
8	9445	6612	2380140
9	9539	6677	2403828
10	9634	6744	2427768
11	9729	6810	2451708

**Tabla 15.** Continuación

PERIODO ANUAL	TOTAL USUARIOS	CONS. DIARIO (m3/DÍA)	CONS. ANUAL (m3/AÑO)
12	9825	6878	2475900
13	9923	6946	2500596
14	10021	7015	2525292
15	10120	7084	2550240
16	10220	7154	2575440
17	10322	7225	2601144
18	10424	7297	2626848
19	10527	7369	2652804
20	10632	7442	2679264

Fuente: Autor

## **5. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO, GNC AL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER.**

Con base principalmente en la información obtenida del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI), a la superintendencia de servicios públicos, a la CREG, respecto a costos del servicio de gas, y a SURPETROIL CONTROLS, (representante de GALILEO Argentina), empresa que provee equipos de compresión, regulación y transporte de gas natural, se tomaron los datos abajo descritos para cada etapa del sistema de transporte de GNC todo esto con base en los elementos y/o equipos que reconoce regulatoriamente la CREG.

Para calcular los costos eficientes unitarios y la factibilidad del proyecto para el suministro de GNC, se calcularán en términos constantes, lo cual implica no considerar el impacto de la inflación en la proyección de los flujos de caja.

Para simplificación de la estimación de datos básicos (costos) se toma la tasa de cambio de \$ 2000 pesos por dólar americano y un poder calorífico del gas natural de 1000 BTU por pie cúbico.

### **5.1. ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO PARA EL MUNICIPIO DE SAN GIL**

Con el fin de determinar el costo unitario total del gas natural, a suministrar en el municipio de San Gil, se procedió a evaluar tres (3) alternativas posibles de suministro de Gas Natural dónde en cada una de estas alternativas se contempló las tarifas y/o costos de este energético tanto en; boca de pozo, más transporte gas por gasoducto, más compresión GNC, más transporte GNC, más

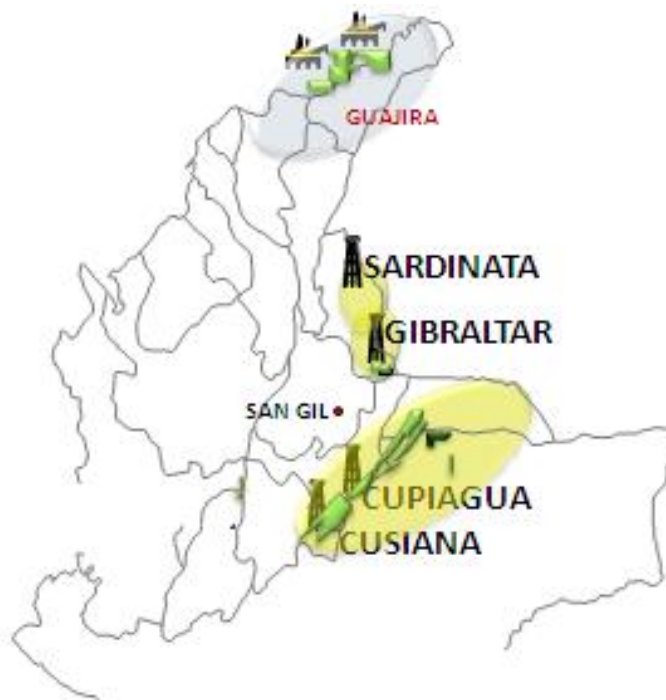
almacenamiento GNC, más cargo de distribución (*Dm*) y más cargo de comercialización (*Co*).

Lo anterior con el fin de determinar un precio óptimo para el gas natural a suministrar en San Gil.

Las diferentes alternativas de suministro consideradas son:

- El gas proveniente de la Guajira.
- El gas proveniente de Cusiana.
- El gas proveniente de Gibraltar.

**Figura 31.** Alternativas de Suministro de Gas para San Gil



Fuente: Ecopetrol

**5.1.1. Gas Guajira.** La producción de gas natural en La Guajira se inició hacia finales de la década de los 70s y se encuentra concentrada en los campos de Chuchupa y Ballena, los cuales están localizados en el litoral Caribe colombiano, con la particularidad de que el campo de Chuchupa es un campo costa afuera.

En cuanto a las características del gas extraído de La Guajira, podemos resaltar que es un gas con un poder calorífico (GHv) de 996.1 BTU/pie cúbico, gravedad específica de 0.565 y densidad de 0.688826 kg/m<sup>3</sup>.

Los campos de gas en La Guajira suministran cerca del 66% del gas de Colombia.

El gas extraído es transportado hacia el interior del país por TGI, por medio del gasoducto Ballena – Barranca con las siguientes características:

Longitud	578 km
Diámetro	18 Pulgadas
Capacidad de Transporte	192.4 mpcd

**5.1.1.1. Costo Gas Boca de Pozo.** En Colombia, debido a las disposiciones regulatorias, el precio del gas natural depende de la fuente de suministro. Los campos de los cuales se extrae el gas se dividen en campos con precios regulados y no regulados. Según la Resolución CREG 119 de 2005 y la Resolución CREG 187 de 2010 los campos con precio regulado son:

- Gas Guajira
- Gas Opón

En los demás campos el precio se determina libremente. Así entonces el costo del gas natural en boca de pozo de la guajira es:

**Tabla 16.** Comportamiento del precio de gas en boca de pozo en La Guajira

	USD/MBTU	\$/m <sup>3</sup>	% VARIACION
PRECIO DEL GAS GUAJIRA II SEMESTRE-10	4,0010	268,47	
PRECIO REAL DEL GAS GUAJIRA I SEMESTRE-11	4,2562	285,60	6,4%

Fuente: Ecopetrol

**5.1.1.2. Costo transporte por gasoducto Ballena – Barranca – Bucaramanga.** Es un sistema operado inicialmente por la Transportadora de Gas Internacional - TGI S.A. E.S.P. el cual tiene a cargo el tramo Ballena – Barranca y el tramo Barranca – Bucaramanga se encuentra a cargo de Transoriente S.A E.S.P, así entonces el transporte de gas tiene la siguiente tarifa promedio:

**Tabla 17.** Precio transporte gas Ballena – Barranca - Bucaramanga

	USD/MBTU	\$/m <sup>3</sup>
COSTO TRANSPORTE GAS Ballena-Barranca- Bucaramanga	3,2845	232,02

Fuente: Metrogas de Colombia S.A E.S.P

**5.1.1.3. Cargo de distribución Gasoriente Piedecuesta.** El Cargo Promedio de Distribución aplicable en el Mercado Relevante establecido en el municipio de Piedecuesta, el cual es atendido por GASORIENTE S.A. E.S.P., para recuperar los costos de inversión y gastos de AOM para la distribución domiciliaria

de gas natural por red se fija en \$216,30/m<sup>3</sup> (pesos de diciembre de 2002), según Resolución CREG 21 de 2004.

Los Cargos Promedio de Distribución, se actualizarán mes a mes de acuerdo con la siguiente fórmula general: (Resolución CREG 011 de 2003)

$$D_m = D_0 * (1 - X_D)^{nm} * \frac{IPP_{m-1}}{IPP_0}$$

Donde:

$D_m$  = Cargo Promedio de Distribución correspondiente al mes  $m$  de prestación del servicio.

$D_0$  = Cargo Promedio de Distribución aprobado por resolución de la CREG y expresado en precios de la Fecha Base.

$IPP_{m-1}$  = Índice de Precios al Productor Total Nacional reportado por el Banco de la República para el mes  $(m-1)$ .

$IPP_0$  = Índice de Precios al Productor Total Nacional reportado por el Banco de la República para la Fecha Base del cargo por distribución  $D_0$ .

$X_D$  = Factor de productividad mensual de la actividad de Distribución equivalente a 0.00106. Dicho factor aplicará a partir de la entrada en vigencia de la resolución que establece el Cargo Promedio de Distribución para cada mercado.

$nm$  = Número de meses transcurrido desde la entrada en vigencia de la resolución que establece el Cargo Promedio de Distribución para cada mercado hasta el mes  $m$ .

De acuerdo con lo anterior se tiene que el cargo de distribución del gas natural a cargo de Gasoriental SA ESP es:

$$D_m = 216.30 * (1 - 0.00106)^{81} * \frac{112.69}{88.71}$$
$$D_m = 252.15 \$/m^3$$

Datos:

$D_0$  = 216,30 \$/m<sup>3</sup> (cifra a Dic. de 2003).

$IPP_{m-1}$  = 112,69 (cifra de Dic. de 2010 Reportado por el Banco de la República).

$IPP_0$  = 88.71 (cifra de Dic. de 2003 Reportado por el banco de la República)

$X_D$  = 0,00106(factor aplicado a partir de la entrada en vigencia de la resolución que establece el Cargo Promedio de Distribución para cada mercado.).

$nm$  = 81 (cifra de Mar. de 2004 a Dic. de 2010).

Con lo anterior se reconocerá un valor de 252.15 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Dic. de 2010) equivalente a 216,30 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Diciembre de 2002) ajustado con IPP.

**5.1.1.4. Costo de Compresión Piedecuesta.** En concordancia con la metodología tarifaria estipulada en la resolución CREG – 011 de 2003, se propone estimar el costo unitario de compresión ( $P_m$ ) como sigue:

$$(P_m) = [\text{Inversión Estándar} + \text{VNA (TR) AOM}] / [\text{VNA (TR) Volumen}]$$

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 ( $P_m$ ), 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:

$$P_m = P_0 * (1 - X_T)^{nm} * \frac{IPP_{m-1}}{IPP_0}$$

Dónde:

$P_m$  = Costo de Compresión del gas natural correspondiente al mes m de prestación del servicio.

$P_0$  = 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 Precios al Productor Total Nacional reportado por el Banco de la República para el mes (m-1).

$IPP_0$  = Índice de Precios al Productor Total Nacional reportado por el Banco de la República para diciembre de 2003.

$X_T$  = 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.

$nm$  = Número de meses transcurridos desde la entrada en vigencia de la resolución que establece la fórmula de actualización del Costo de Compresión.

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

$$P_m = 106.6 * (1 - 0.00106)^{70} * \frac{112.69}{88.71}$$

$$P_m = 125.73 \text{ \$/m}^3$$

Datos:

$P_0$  = 106,6  $\$/\text{m}^3$  (cifra a Dic. de 2003).

$IPP_{m-1}$  = 112,69 (cifra de Dic. de 2010 Reportado por el Banco de la República).

$IPP_0$  = 88.71 (cifra de Dic. de 2003 Reportado por el banco de la República)

$X_T$  = 0,00106(factor aplicado a partir de la entrada en vigencia de la resolución que establece el Costo de Compresión).

$nm$  = 70 (cifra de Mar. de 2005 a Dic. de 2010).

Con lo anterior se reconocerá un valor de 125.73  $\$/\text{m}^3$  (\$ de Dic. de 2010) equivalente a 106,09  $\$/\text{m}^3$  (\$ de Diciembre de 2003) ajustado con IPP.

**5.1.1.5. Costo de Transporte GNCD Piedecuesta San Gil.** El cargo de transporte  $TV_m$  contemplará 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.

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

**5.1.1.5.1. Costo Máximo Unitario para el Transporte de GNC.** El costo máximo unitario para el transporte de gas natural comprimido en vehículos de carga  $TV_m$  se determinará 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.

**5.1.1.5.2. 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 Piedecuesta (Santander), municipio de destino San Gil 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. (Ver tabla 19)

**Tabla 18.** Costo unitario para el transporte de GNC, Piedecuesta – San Gil

Origen		Destino		Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo
Depto	Municipio	Depto	Municipio	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC
				Dic 2004	Dic 2005	Dic 2006	Dic 2007	Dic 2008	Dic 2009	Dic 2010
				\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>
SANTANDER	PIEDECUESTA	SANTANDER	SAN GIL	173.17	181.57	189.71	200.51	205.90	220.23	227.216
Vehículo		Articulado								

**Fuente:** www.creg.gov.com, Matriz Costo de Transporte de GNC

El costo máximo unitario para el transporte de GNC es de 227,216 \$/m<sup>3</sup> (cifra a Dic. de 2010).

**5.1.1.6. 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:

$$A = A_0 * (1 - X_T)^{nm} * \frac{IPP_{m-1}}{IPP_0}$$

Dónde:

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

$A_0$  = Costo de almacenamiento del gas natural aprobado por resolución de la CREG y expresado en precios de diciembre de 2003.

$IPP_{m-1}$  = Índice de Precios al Productor Total Nacional reportado por el Banco de la República para el mes (m-1).

$IPP_0$  = Índice de Precios al Productor Total Nacional reportado por el Banco de la República para diciembre de 2003.

$X_T$  = 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.

$nm$  = Número 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:

$$A = 71.73 * (1 - 0.00106)^{70} * \frac{112.69}{88.71}$$
$$A = 84.60 \text{ \$/m}^3$$

Dónde:

$A_0$  = 71.73  $\text{\$/m}^3$  (cifras a diciembre de 2003).

$IPP_{m-1}$  = 112.69 (cifra de Dic. de 2010 Reportado por el Banco de la República).

$IPP_0$  = 88.71 (cifra de Dic. de 2003 Reportado por el banco de la República).

$X_T = 0.00106$  (factor aplicado a partir de la entrada en vigencia de la resolución que establece el Costo de Compresión).

$nm = 70$  (cifra de Mar. de 2005 a Dic. de 2010).

De acuerdo con lo anterior se estima que el costo de almacenamiento es de 84.60 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Dic. de 2010) equivalente a 71.73 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Dic. de 2003).

**5.1.1.7. Cargo de distribución San Gil (incluye redes y estación de regulación o descompresión).** Para determinar el costo de distribución  $Dm$ , del gas natural a suministrar en el municipio de San Gil, y teniendo en cuenta que dicho municipio ya cuenta con estos cargos aprobados por la CREG para la distribución de GLP por redes de tuberías y de acuerdo a la resolución CREG 011 de 2003, para efectuar la conversión de Cargos de Distribución de GLP a Cargos equivalentes de distribución de gas natural se procederá como se indica a continuación:

$$Dm_{egn} = f_e * Dm_{glp}$$

Dónde:

$Dm_{egn}$  = Cargo equivalente Promedio de Distribución de gas natural en el mes  $m$ , expresado en \$/m<sup>3</sup>.

$Dm_{glp}$  = Cargo de Distribución de GLP vigente en el mes  $m$ , en \$/m<sup>3</sup>

$f_e$  = Factor de equivalencia energética:

$$f_e = \frac{\text{PoderCaloríficodelGasNatural}}{\text{PoderCaloríficodelGLP}}$$

(Los poderes caloríficos deben estar expresados en las mismas unidades)

Para simplificar los cálculos se han tomado los siguientes datos:

Poder calorífico del gas natural = 1000 BTU/Pc.

Poder calorífico del GLP = 2500 BTU/Pc.

$Dm_{glp}$  = 1.035,27 \$/m<sup>3</sup> (dato a dic. de 2010)

De acuerdo a los datos anteriores se tiene:

$$f_e = \frac{1000 \text{ BTU/Pc}}{2500 \text{ BTU/Pc}} = 0,4$$

Entonces:  $Dm_{egn} = 0,4 \times 1.035,27 \text{ $/m}^3$

$$Dm_{egn} = 414,108 \text{ $/m}^3$$

Así entonces se reconocerá un cargo de distribución del gas natural en San Gil de 414,108 \$/m<sup>3</sup>.

**5.1.1.8. Cargo de Comercialización San Gil (Co).** Para determinar el costo de comercialización Co del gas natural a suministrar en el municipio de San Gil, se tomara el costo de comercialización ya aprobado por la CREG, para la comercialización de GLP por redes de tuberías el cual es prestado en dicho municipio.

También se toma este dato 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 fijará un Cargo de Comercialización igual al de otro Comercializador que atienda un mercado similar.

Así entonces se tiene que el cargo de comercialización, Co es de: 2.119,84 \$/factura (cifra a Dic. De 2010).

En resumen se tiene que el costo de comercialización del Gas Natural proveniente de la guajira es el siguiente: (ver Tabla 20)

**Tabla 7.** Costo comercialización GNC de la Guajira

<b>Costo comercialización GNC de la Guajira</b>	
<b>Componentes</b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>
Gas Boca de Pozo:	285,60
Transporte Ballena-Barranca - Bucaramanga:	232,02
Cargo distribución Gasoriente Piedecuesta:	252,15
Compresión GNC:	125,73
Transporte GNC:	227,216
Almacenamiento GNC:	84,60
Cargo distribución San Gil:	414,108
Cargo comercialización San Gil:	2.119,84 \$/factura

Cifras a Ene. de 2011

**5.1.2. Gas Cusiana.** El campo Cusiana se encuentra ubicado en el Departamento del Casanare el transporte del gas es realizado por el gasoducto TGI Cusiana – Porvenir – La Belleza, con una capacidad actual del gasoducto de 150 mpc/d.

Actualmente es el principal centro de suministro de gas de la capital del país y de los ramales de Boyacá y Santander.

**5.1.2.1. Costo Gas Boca de Pozo.** El gas proveniente del campo de Cusiana tiene como característica ser un gas con 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 20.** Precio gas boca de pozo Cusiana

	USD/MBTU	\$/m <sup>3</sup>
PRECIO GAS CUSIANA Subasta	6,14	433,73

Fuente: Ecopetrol

**5.1.2.2. Transporte gas por gasoducto TGI Cusiana ramales sur de Santander y Boyacá.** La tarifa promedio por concepto de transporte de gas por los ramales del sur de Santander y Boyacá (ramal hasta Santana, Boyacá), a Cargo de TGI es la siguiente:

**Tabla 21.** Precio transporte gas ramales sur de Santander - Boyacá

	USD/MBTU	\$/m <sup>3</sup>
COSTO TRANSPORTE GAS Sur de Santander – Boyacá (hasta Santana)	2,4599	173,77

Fuente: TGI S.A E.S.P

**5.1.2.3. Costo de Compresión Santana.** El costo unitario de compresión ( $P_m$ ) que se reconocerá en Santana es el mismo que se calculó anteriormente en la alternativa de suministro de gas de la Guajira y el cual equivale a 125.73  $\$/m^3$  ( $\$$  de Dic. de 2010) equivalente a 106,09  $\$/m^3$  ( $\$$  de Diciembre de 2003) ajustado con IPP.

**5.1.2.4. Costo de Transporte GNCD Santana – San Gil.** El costo unitario por concepto de transporte del GNC desde Santana (Boyacá) hasta en municipio de San Gil, se determinará utilizando el mismo procedimiento que se usó anteriormente en la alternativa de suministro de gas de la Guajira.

Así entonces el costo unitario por concepto de transporte GNC (TVm) desde Santana hasta San Gil es: (ver tabla 24)

**Tabla 22.** Costo unitario para el transporte de GNC, Santana – San Gil

Origen		Destino		Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo
Depto	Municipio	Depto	Municipio	IPC Dic 2004 $\$/m^3$	IPC Dic 2005 $\$/m^3$	IPC Dic 2006 $\$/m^3$	IPC Dic 2007 $\$/m^3$	IPC Dic 2008 $\$/m^3$	IPC Dic 2009 $\$/m^3$	IPC Dic 2010 $\$/m^3$
BOYACA	SANTANA	SANTANDER	SAN GIL	184.43	193.382	202.046	213.553	229.944	234.54	241.992
Vehículo		Articulado								

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

Costo transporte GNC entre Estación Compresora (Santana) y Población (San Gil): 241,992  $\$/m^3$ .

**5.1.2.5. Costo de Almacenamiento GNC.** El costo unitario por concepto de Almacenamiento del GNC es el mismo que se calculó anteriormente en la alternativa de suministro de gas de la Guajira.

Así entonces el costo unitario por concepto de Almacenamiento del GNC (A) es de 84.60 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Dic. de 2010) equivalente a 71.73 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Dic. de 2003).

**5.1.2.6. Cargo de Distribución San Gil (incluye redes y estación de regulación o descompresión).** El cargo de distribución del gas en el municipio de San Gil es el mismo que se calculó anteriormente en la alternativa de suministro de gas de la Guajira.

Así entonces se reconocerá un cargo de distribución del gas natural en San Gil de 414,108 \$/m<sup>3</sup>.

**5.1.2.7. Cargo de Comercialización San Gil (Co).** El cargo de comercialización del gas en el municipio de San Gil es el mismo que se calculó anteriormente en la alternativa de suministro de gas de la Guajira.

Así entonces se tiene que el cargo de comercialización, Co es de: 2.119,84 \$/factura (cifra a Dic. De 2010).

En resumen se tiene que el costo de comercialización del Gas Natural proveniente del Casanare (Cusiana) es el siguiente:

**Tabla 23.** 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:	125,73
Transporte GNC:	241,992
Almacenamiento GNC:	84,60
Cargo distribución San Gil:	414,108
Cargo comercialización San Gil:	2.119,84 \$/factura

Cifras a Ene. de 2011

**5.1.3. Gas Gibraltar.** El campo de Gibraltar se encuentra ubicado entre los departamentos de Boyacá y Norte de Santander, este tendrá una capacidad disponible de 30 MPCD.

La comercialización del gas es realizada por Gas Natural y la compañía Transoriente E.S.P transportará el gas tratado desde el campo Gibraltar hasta Bucaramanga, en donde se conectará con el sistema nacional de transporte de gas.

**5.1.3.1. Costo Gas Boca de Pozo.** La comercialización de la Producción Disponible para Ofertar en Firme (PDOF) proveniente del campo de Gibraltar se realiza bajo la regulación de precios libres, por lo que sus precio de venta se determinara por medio de subasta.

Así entonces el gas proveniente del campo Gibraltar en el municipio de Cubará departamento de Boyacá, tiene un costo aproximado de:

**Tabla 24.** Precio gas boca de pozo Gibraltar

	USD/MBTU	\$/m <sup>3</sup>
PRECIO GAS GIBRALTAR	3,8562	272,40

Fuente: Gas Natural

**5.1.3.2. Transporte gas por gasoducto Transoriente Gibraltar – Bucaramanga.** La tarifa promedio por concepto de transporte de gas por el gasoducto Gibraltar Bucaramanga de propiedad de la empresa TRANSORIENTE SA ESP, es el siguiente:

**Tabla 25.** Precio transporte gas Gibraltar - Bucaramanga

	USD/MBTU	\$/m <sup>3</sup>
COSTO TRANSPORTE GAS Gibraltar - Bucaramanga	3,4422	243,16

Fuente: Transoriente S.A E.SP

**5.1.3.3. Costo de Compresión Piedecuesta.** El costo unitario de compresión ( $P_m$ ) que se reconocerá en Piedecuesta es el mismo que se calculó anteriormente en la alternativa de suministro de gas de la Guajira y el cual es: 125.73 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Dic. de 2010) equivalente a 106,09 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Diciembre de 2003) ajustado con IPP.

**5.1.3.4. Costo de Transporte GNCD Piedecuesta – San Gil.** El costo unitario por concepto de transporte del GNC desde Santana (Boyacá) hasta en municipio de San Gil, es el mismo que se determinó anteriormente en la alternativa de suministro de gas de la Guajira.

Así entonces el costo unitario por concepto de transporte GNC (TVm) desde Piedecuesta hasta San Gil es: (ver tabla 28)

**Tabla 26.** Costo unitario para el transporte de GNC, Piedecuesta – San Gil

Origen		Destino		Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo
Depto	Municipio	Depto	Municipio	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC
				Dic 2004	Dic 2005	Dic 2006	Dic 2007	Dic 2008	Dic 2009	Dic 2010
				\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>
SANTANDER	PIEDECUESTA	SANTANDER	SAN GIL	173.17	181.57	189.71	200.51	205.90	220.23	227.216
Vehículo		Articulado								

Fuente: www.creg.gov.com, Matriz costo de transporte de GNC

Costo transporte GNC entre Estación Compresora (Piedecuesta) y Población (San Gil): 227,216 \$/m<sup>3</sup>.

**5.1.3.5. Costo de Almacenamiento GNC.** El costo unitario por concepto de Almacenamiento del GNC es el mismo que se calculo anteriormente en la alternativa de suministro de gas de la Guajira.

Así entonces el costo unitario por concepto de Almacenamiento del GNC (A) es de 84.60 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Dic. de 2010) equivalente a 71.73 \$/m<sup>3</sup> (\$ de Dic. de 2003).

**5.1.3.6. Cargo de Distribución San Gil (incluye redes y estación de regulación o descompresión).** El cargo de distribución del gas en el municipio de San Gil es el mismo que se calculo anteriormente en la alternativa de suministro de gas de la Guajira.

Así entonces se reconocerá un cargo de distribución del gas natural en San Gil de 414,108 \$/m<sup>3</sup>.

**5.1.3.7. Cargo de Comercialización San Gil (Co).** El cargo de comercialización del gas en el municipio de San Gil es el mismo que se calculo anteriormente en la alternativa de suministro de gas de la Guajira.

Así entonces se tiene que el cargo de comercialización, Co es de: 2.119,84 \$/factura (cifra a Dic. De 2010).

En resumen se tiene que el costo de comercialización del Gas Natural proveniente del Casanare (Cusiana) es el siguiente:

**Tabla 27.** Costo comercialización GNC de Gibraltar

<b>Costo comercialización GNC de Gibraltar</b>	
<b>Componentes</b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>
Gas Boca de Pozo:	272,40
Transporte Gibraltar - Bucaramanga	243,16
Compresión GNC:	125,73
Transporte GNC:	241,992
Almacenamiento GNC:	84,60
Cargo distribución San Gil:	414,108
Cargo comercialización San Gil:	2.119,84 \$/factura

Cifras a Ene. de 2011

## 5.2. MATRIZ DE COSTOS DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE GAS NATURAL COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS

En la siguiente tabla se hace una comparación de costos generados para suministra gas natural al municipio de San Gil de acuerdo a las diferentes alternativas estudiadas.

**Tabla 28.** Matriz comparativa de costos del servicio de gas natural en San Gil

<b>Costo comercialización GNC</b>			
<b>Componente</b>	<b>Costos / \$</b>		
	<b>Gas Guajira</b>	<b>Gas Cusiana</b>	<b>Gas Gibraltar</b>
Compra Gas	769,77	607,5	515,56
Compresión GNC	125,73	125,73	125,73
Transporte GNC	227,216	241,992	227,216
Almacenamiento GNC	84,60	84,60	84,60
Distribución Gas	414,108	414,108	414,108
Comercialización Gas	2.119,84	2.119,84	2.119,84

Compra Gas: Costo gas en boca de pozo + transporte por gasoducto.

## 5.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO AL MUNICIPIO DE SAN GIL

**5.3.1. Alternativa 1.** Tomando como fuente de suministro el gas proveniente de los campos de la Guajira, es decir el tramo Guajira – Barranca de propiedad de TGI S.A E.S.P y el tramo Barranca-Bucaramanga gasoducto de propiedad de TRANSORIENTE SA ESP y de acuerdo al costo generado por la compra del gas y del costo de transporte del gas natural comprimido desde el gasoducto que llega al municipio de Bucaramanga hasta el municipio de San Gil y utilizando como

vehículo transportador del tipo articulado, se obtuvo como resultado que el costo es muy alto comparado con otras alternativas.

**5.3.2. Alternativa 2.** Tomando como fuente de suministro el gas proveniente del campo Cusiana del departamento del Casanare, es decir el tramo Cusiana – Santana el cual es operado 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 Santana (Boyacá) hasta el municipio de San Gil y utilizando como vehículo transportador del tipo articulado, se obtuvo como resultado que el costo es muy alto comparado con otras alternativas.

**5.3.3. Alternativa 3.** Tomando como fuente de suministro el gas proveniente de los campo de Gas de Gibraltar en el municipio de Cubará departamento de Boyacá, transportado por el gasoducto Gibraltar - Bucaramanga de propiedad de la empresa TRANSORIENTE SA ESP. Para esta opción se puede decir que es la más viable, así entonces la estación compresora estaría instalada en el municipio de Piedecuesta, desde donde se realizaría el transporte de gas natural comprimido hasta San Gil.

#### **5.4. PRECIO UNITARIO DEL GAS NATURAL PARA SAN GIL**

A continuación y de acuerdo a los datos obtenidos y calculados anteriormente, en la siguiente tabla se muestra el costo unitario total del GNC.

**Tabla 29.** Costo Unitario del GNC

<b>Componente</b>	<b>US\$/MBTU</b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>
Gas Gibraltar	3,8562	272,40
Transporte Gibraltar – Bucaramanga	3,4422	243,16
Compresión GNC		125,73
Transporte GNC Articulado		227,22
Almacenamiento GNC		84,60
<b>Total Costos GNC</b>		<b>953,11</b>

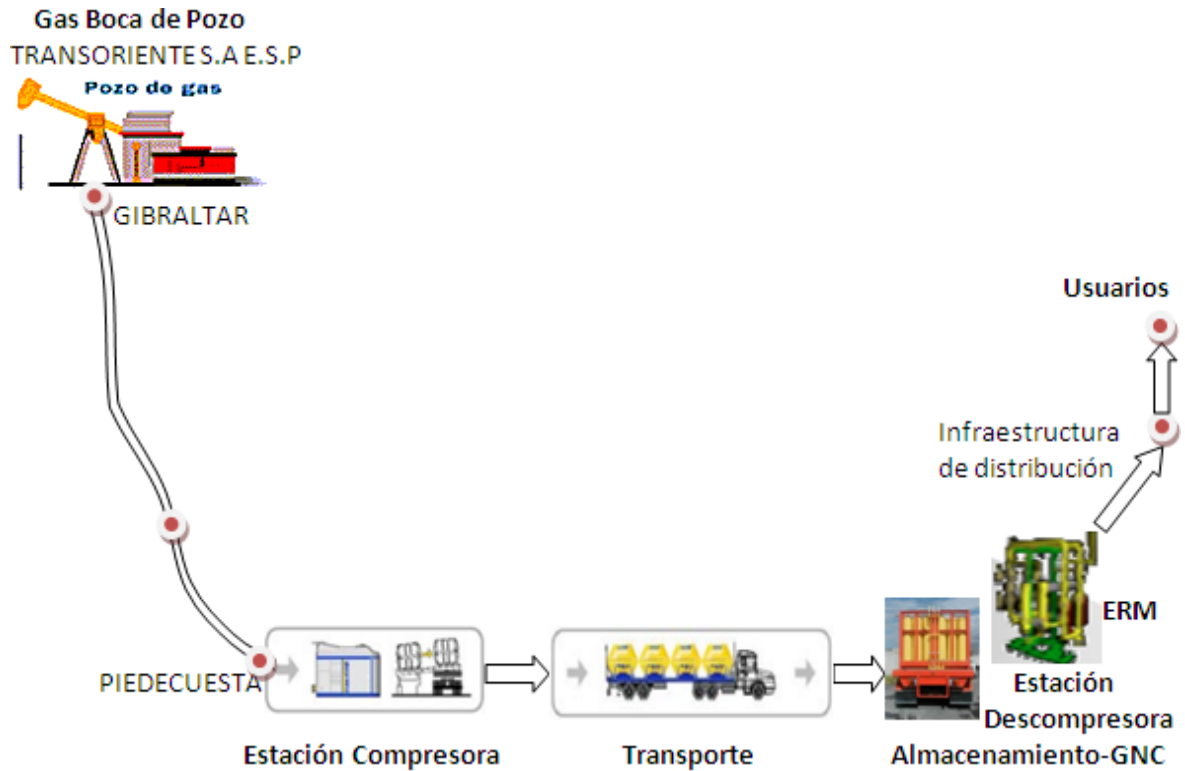
Así entonces el costo de llevar el gas natural comprimido al municipio de San Gil por medio de la tecnología de un gasoducto virtual tiene un costo promedio de 953,11 \$/m<sup>3</sup>.

#### **5.5. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE DISTRIBUCIÓN**

Definido ya la alternativa de suministro de gas natural para el municipio de San Gil, se procedió a realizar el esquema de distribución para posteriormente determinar la inversión que se genera por la implementación de la tecnología del GNC y/o gasoducto virtual.

### 5.5.1. Diseño del sistema de distribución

**Figura 32.** Esquema de abastecimiento de gas al municipio de San Gil



Fuente: Autor

### 5.5.2. Estación Compresora

**5.5.2.1. Inversiones.** El sistema de compresión ofrecido por el proveedor (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:

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

**Figura 33.** Unidad de compresión Microbox



Fuente: [www.surpetroil.com](http://www.surpetroil.com)

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 reciprocante.
- Motor eléctrico con acople directo, no utiliza fajas ni poleas.

- Tanque de almacenaje.
- Inter y pos enfriadores, refrigerados por aire.
- Tablero de fuerza y control PLC.
- Arrancador tipo Soft Starter.
- Sistema de seguridad activa.
- Panel prioritario de carga.
- Sensores de detención de gases (de atmosfera explosiva) dentro de las cabinas.
- Sistema de extinción de incendios de accionamiento automático.
- Iluminación y cableado anti-explosivo.

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 \$ 200.000.000 pesos.(\$250.000,00/m<sup>2</sup>)

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 ajustará a

sus valores reales una vez sea elaborado el diseño detallado con sus correspondientes precios unitarios.

Para la adecuación de la estación compresora que incluye trabajos e infraestructura como: Descapote, Excavación, Explanación, Relleno con Mejoramiento de Material, Construcción de Oficinas, Encerramiento, Pisos en Concreto, Tuberías, Iluminación, etc. Tiene un costo aproximado de \$ 150.000.000 de pesos más el 6% por imprevistos lo cual equivale a un costo total de \$ 159.000.000 de pesos.

Inversión total de la estación compresora, sin considerar llenado de vehículos con GNV: US\$ 380.841,5

#### **5.5.2.2. Gastos de Administración, Operación y Mantenimiento (AOM).**

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.

**5.5.2.2.1. 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 1000 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: \$ 149.424.103 pesos.

Precio promedio de la energía eléctrica 310,1372 \$/kwh, (cifras de Ene. de 2011 de la ESSA).

**5.5.2.2.2. 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 (Col. \$ Ene. de 2011): \$ 30.268.300 pesos.
- Costo mantenimiento mayor cada 5 años (Col. \$ de Ene. de 2011): \$30.268.300 pesos.

**5.5.2.3. Demanda.** Tomando 20 años como vida útil de la estación compresora, y a partir de la capacidad media de compresión (1000 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 4.380.000 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 como para uso vehicular (GNV).

### **5.5.3. Inversión Transporte del GNC**

**5.5.3.1. Estandarización del tipo de vehículo para el transporte de GNC por carretera.** 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>.

**5.5.3.2. Normatividad del Ministerio de Transporte para el transporte de combustibles.** El Ministerio de Transporte, mediante Decreto No. 1609 de 31 de julio de 2002, reglamentó 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.

**5.5.3.3. Asignación del tipo de camión de acuerdo con la demanda diaria.** Con el fin de asignar el tipo de camión óptimo para abastecer la demanda del municipio de San Gil y dónde 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 ó más ejes de acuerdo a datos reportados por la CREG.

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

- **Costo unitario para Tráiler de 40 toneladas:** Según datos ofrecidos por el proveedor el procedimiento de carga y descarga de Módulos, del Tráiler ST, es muy sencillo, toma solo algunos minutos, y puede ser perfectamente realizado por el conductor del Camión.

La inversión para el cabezote y el tráiler ST, con sistema de carga y descarga de los módulos de GNC, es de \$ 390.000.000 pesos.

El vehículo recorrerá una distancia aproximada de 80 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 \$ 65.600.000 pesos anuales.

**Figura 34.** Vehículo para transporte GNC (4 módulos MAT)



Fuente: [www.surpetroil.com](http://www.surpetroil.com)

**5.5.4. Costos de Almacenamiento (GNC).** Los módulos ofrecidos por el proveedor, (Surpetroil SAS) para el almacenamiento del GNC, denominados MAT, tienen una capacidad de hasta 1500 m<sup>3</sup> a 250 bar y 15 °C.

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 35. Módulos MAT**



Fuente: [www.surpetroil.com](http://www.surpetroil.com)

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

- Se reconocerán 8 módulos de trabajo que estará en utilización en la etapa de compresión y transporte.
- Así mismo se reconocerán 4 módulos de almacenamiento que estarán suministrando el gas en el municipio de San Gil.
- De otro lado y considerando la importancia de la continuidad del servicio, se reconocerá la inversión de 3 módulos que permita almacenar medio día de reserva de volumen en el municipio de San Gil, esto con el fin de considerar imprevistos en el transporte.
- Se estima que cada módulo MAT tendrá una vida útil de 20 años y en la cual se deberá recuperar su inversión.
- El costo por módulo se estima así:

**Tabla 30.** Costos módulos de almacenamiento

Tipo	Modelo	Cant.	Valor Unitario DDP	IVA	TOTAL
Módulos MAT	MAT-1500-250-39	15	\$175.964.344	-	\$2'639.465.160

Fuente: Surpetroil SAS

Es decir para satisfacer la demanda proyectada de GNC domiciliario en el municipio de San Gil, se considerará una inversión de 15 módulos para un total de: \$ 2'639.465.160 pesos.

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

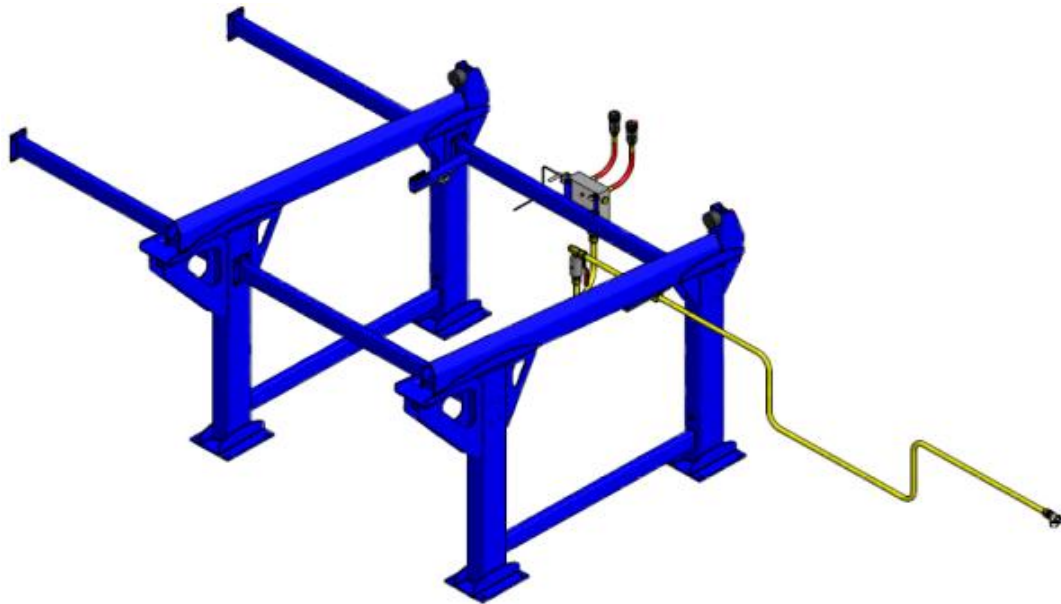
- ❖ Para la estación compresora se ha considerado la instalación de 5 plataformas de almacenamiento y carga (PAC), las cuales van a soportar los módulos de Almacenamiento y Transporte (MAT), estas plataformas están conectadas directamente a la descarga del compresor que mediante acoples rápidos entregan el gas comprimido a los módulos de almacenamiento.

En la estación se colocarán 4 plataformas para la carga de los módulos MAT, más una plataforma libre como mínimo, llegando como máximo a cinco plataformas en una línea.

Se instalarán de dicha forma para poder cargar los módulos MAT en forma conjunta, dejando una plataforma PAC libre para poder realizar el intercambio con los MAT vacíos que posee el tráiler. La plataforma que quedará libre no es

siempre la misma, sino que ésta se irá rotando, evitando así el desgaste en exceso de una plataforma en especial. De ser necesaria la instalación de dos o más líneas de plataformas de carga, las plataformas PAC incorporan tubería de interconexión y una válvula actuada que será comandada desde la estación compresora mediante una central computada.

**Figura 36.** Plataforma Almacenamiento y Carga (PAC)

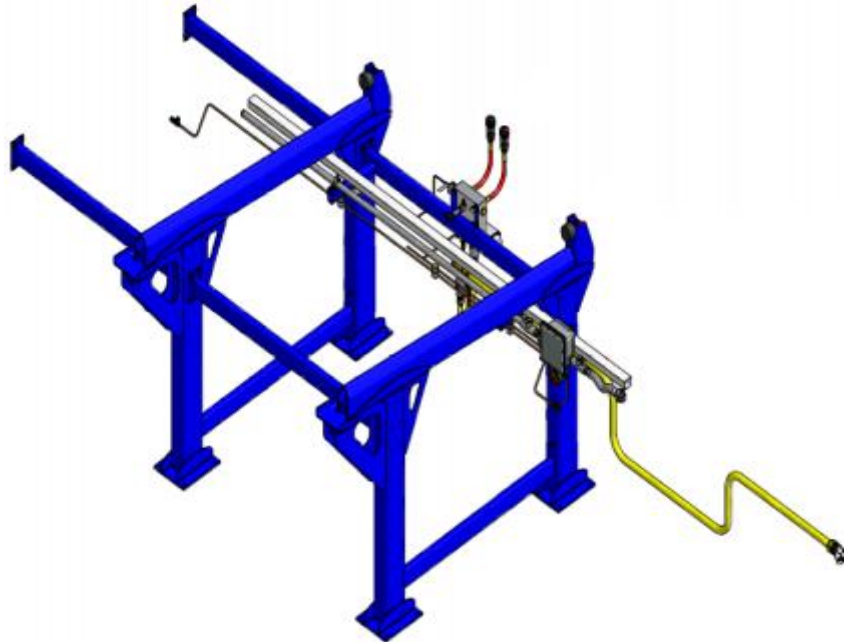


Fuente: [www.surpetroil.com](http://www.surpetroil.com)

- ❖ Para la estación descompresora se ha considerado instalar 8 plataformas de almacenamiento y descarga (PAD).

Estas plataformas son donde se descargan los módulos MAT alimentando las plantas reductoras de presión. Las cuales van a estar interconectadas al PLC de las unidades de regulación y medición.

**Figura 37.** Plataforma de Almacenamiento y Descarga (PAD)



Fuente: [www.surpetroil.com](http://www.surpetroil.com)

Consta de los siguientes elementos principales:

- 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.

En la estación de descarga se colocarán 7 plataformas para los módulos MAT, más una plataforma libre como mínimo.

Se instalarán de dicha forma para poder intercambiar los MAT cargados que posee el tráiler con los descargados que poseen las plataformas. La plataforma que quedará libre no es siempre la misma, sino que ésta se irá rotando, evitando así el desgaste mecánico en exceso de una plataforma en especial.

**Figura 38.** Detalle carga módulos desde las plataformas



Fuente: [www.galileoar.com](http://www.galileoar.com)

El costo de las plataformas se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 31.** Costo de las Plataformas de Almacenamiento de Carga y Descarga

Tipo	Modelo	Cant.	Valor Unitario	TOTAL
Plataformas de carga	PAC	5	\$12.372.575	\$61.862.875
Plataformas de descarga	PA-D	8	\$20.179.868	\$161.438.944
<b>TOTAL</b>				<b>\$223.301.819</b>

Fuente: Autor. Datos suministrados por 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: \$ 14.313.834,9 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 32.** Inversión por concepto del Almacenamiento del GNC

CONCEPTO	COSTO
Módulos MAT	\$2'639.465.160
Plataformas de Almacenamiento de carga y descarga	\$223.301.819
<b>TOTAL</b>	<b>\$2'862.766.979</b>

Fuente: Autor

### 5.5.5. Estación Descompresora

**5.5.5.1. Inversiones.** 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 especificaciones técnicas obtenidas, por el proveedor (Surpetroil SAS) la estación descompresora PRP con caldera 500 E, incluye:

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

**Figura 39.** Planta Reductora de Presión



Fuente: [www.surpetroil.com](http://www.surpetroil.com)

Tiene un costo de \$ 90.000.000 pesos.

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

- i. Almacenamiento principal, que es el encargado de suministrar permanentemente el gas natural comprimido.
- ii. Almacenamiento de reserva, que garantiza la continuidad del suministro cuando se acaba el almacenamiento principal y el vehículo transportador aún no ha llegado.
- iii. 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 x 40 m<sup>2</sup>) con un costo de \$ 240.000.000 pesos. (\$200.000,00/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 \$ 150.000.000 de pesos más el 6% por imprevistos lo cual equivale a un costo total de \$ 159.000.000 de pesos.

**5.5.5.2. Operación y mantenimiento.** El trabajo requerido para atender la estación descompresora no es significativo y lo puede realizar el mismo operador de la estación “city gate”, 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: \$2.250.000 pesos.

## **5.6. ESTUDIO ECONÓMICO Y EVALUACIÓN FINANCIERA**

**5.6.1. 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 de GNC, los costos y gastos, el programa de inversiones, para finalmente elaborar el Flujo de Caja del proyecto.

Este último ampliado al horizonte de 2011-2030 permite calcular el TIR del proyecto y el VPN, para definir sobre la viabilidad de proyecto.

**5.6.2. Variables macroeconómicas.** La formulación de las proyecciones financieras ha partido de supuestos macroeconómicos, definidos con base en información suministrada por el banco de la república y a fuentes bibliográficas especialmente.

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 33.** Bases macroeconómicas para el proyecto

<b>1. Bases Macroeconómicas</b>	
<b>Inflación</b>	4,00%
<b>Tasa de Interés</b>	12%
<b>Tasa de Cambio de dólar a pesos colombianos</b>	2000
<b>Impuestos</b>	35%
<b>Costo del Combustible (Gas Natural)</b>	\$/m3
costo boca de pozo	272,40
costo transporte por gasoducto	243,16
<b>TOTAL COSTO DEL COMBUSTIBLE</b>	<b>515,56</b>
<b>Capital de Trabajo</b>	0%
<b>2. Bases de Ingresos</b>	
<b>Consumo</b>	
Consumo promedio diario usuario (m3)	0,7
Consumo promedio días al mes	30
Consumo promedio en metros cúbicos mes	21

Fuente: Autor

### 5.6.3. Inversión

Para poner en marcha el proyecto de GNC, en el municipio de San Gil se han considerado la siguiente inversión: (Ver detalles anexo 2)

**Tabla 34.** Inversión del proyecto

<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER</b>				
Tasa de cambio FIN año 0	\$2.000,00			
<b>PLAN DE INVERSIÓN</b>	<b>PESOS</b>	<b>DOLARES</b>	<b>SUB-TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>
<b>INVERSIÓN FIJA</b>	<b>\$4.403.449.979</b>	<b>\$50.000</b>	<b>\$4.503.449.979</b>	<b>\$4.503.449.979</b>
Terrenos	\$440.000.000		\$440.000.000	\$440.000.000
Construcciones	\$318.000.000		\$318.000.000	\$318.000.000
Equipos	\$3.645.449.979		\$3.645.449.979	\$3.645.449.979
Acometidas Industriales		\$50.000	\$100.000.000	\$100.000.000
CAPITAL DE TRABAJO	-	-	-	-
<b>TOTAL VALOR DE LOS ACTIVOS</b>	<b>\$4.403.449.979</b>	<b>\$50.000</b>	<b>\$4.503.449.979</b>	<b>\$4.503.449.979</b>

Fuente: Autor

### 5.6.4. Flujo de caja del proyecto

A continuación se elaboró el flujo de caja del proyecto para calcular el VPN y el TIR.

**Tabla 35.** Flujo de caja del proyecto

<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER</b>							
<b>CONCEPTO \ Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>INGRESOS POR VENTAS (+)</b>		2117507712.26	2223864906.42	2335784294.38	2453328697.44	2576778231.71	2706426789.99
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN (-)</b>		-1392952981.14	-1404217142.25	-1415702169.26	-1427297629.22	-1483585657.03	-1450819847.99
<b>DEPRECIACIÓN (-)</b>		-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95
<b>UTILIDAD BRUTA (=)</b>		521382232.17	616475265.22	716909626.17	822858569.27	890020075.73	1052434443.05
<b>IMPUESTOS RENTA 35% (-)</b>		-182483781.26	-215766342.83	-250918369.16	-288000499.25	-311507026.51	-368352055.07
<b>UTILIDAD NETA (=)</b>		338898450.91	400708922.39	465991257.01	534858070.03	578513049.22	684082387.98
<b>DEPRECIACIÓN (+)</b>		203172498.95	203172498.95	203172498.95	203172498.95	203172498.95	203172498.95
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>		542070949.86	603881421.34	669163755.96	738030568.98	781685548.17	887254886.93
<b>INVERSIONES (-)</b>	-4503449979.00						
<b>FLUJO NETO DEL PROYECTO</b>	-4503449979.00	542070949.86	603881421.34	669163755.96	738030568.98	781685548.17	887254886.93
<b>FLUJO NETO DEL INVERSIONISTA</b>	-4503449979.00	-3961379029.14	-3357497607.80	-2688333851.83	-1950303282.86	-1168617734.68	-281362847.75

Fuente: Autor

**Tabla 35.** Continuación

<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER</b>							
<b>CONCEPTO \ Año</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b>INGRESOS POR VENTAS (+)</b>	2842324387.76	2985300821.66	3135447053.05	3293409657.39	3458992554.79	3632866917.57	3815770562.46
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN (-)</b>	-1462636173.86	-1474673365.62	-1486820990.34	-1543771615.87	-1511557971.59	-1524036895.17	-1536736684.65
<b>DEPRECIACIÓN (-)</b>	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95
<b>UTILIDAD BRUTA (=)</b>	1176515714.96	1307454957.08	1445453563.75	1546465542.57	1744262084.25	1905657523.45	2075861378.86
<b>IMPUESTOS RENTA 35% (-)</b>	-411780500.23	-457609234.98	-505908747.31	-541262939.90	-610491729.49	-666980133.21	-726551482.60
<b>UTILIDAD NETA (=)</b>	764735214.72	849845722.10	939544816.44	1005202602.67	1133770354.76	1238677390.24	1349309896.26
<b>DEPRECIACIÓN (+)</b>	203172498.95	203172498.95	203172498.95	203172498.95	203172498.95	203172498.95	203172498.95
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	967907713.67	1053018221.05	1142717315.39	1208375101.62	1336942853.71	1441849889.19	1552482395.21
<b>INVERSIONES (-)</b>							
<b>FLUJO NETO DEL PROYECTO</b>	967907713.67	1053018221.05	1142717315.39	1208375101.62	1336942853.71	1441849889.19	1552482395.21
<b>FLUJO NETO DEL INVERSIONISTA</b>	<b>686544865.92</b>	<b>1739563086.97</b>	<b>2882280402.36</b>	<b>4090655503.98</b>	<b>5427598357.70</b>	<b>6869448246.89</b>	<b>8421930642.10</b>

Fuente: Autor

**Tabla 35.** Continuación

<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER</b>							
<b>CONCEPTO \ Año</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>INGRESOS POR VENTAS (+)</b>	4007493911.88	4209156961.19	4420908737.89	4643248386.26	4876699428.41	5122224522.36	5380019030.98
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN (-)</b>	-1549436474.13	-1606939264.41	-1575388217.85	-1588529739.14	-1601781693.38	-1615254513.52	-1673419901.52
<b>DEPRECIACIÓN (-)</b>	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95	-203172498.95
<b>UTILIDAD BRUTA (=)</b>	2254884938.80	2399045197.83	2642348021.10	2851546148.18	3071745236.08	3303797509.89	3503426630.51
<b>IMPUESTOS RENTA 35% (-)</b>	-789209728.58	-839665819.24	-924821807.38	-998041151.86	-1075110832.63	-1156329128.46	-1226199320.68
<b>UTILIDAD NETA (=)</b>	1465675210.22	1559379378.59	1717526213.71	1853504996.32	1996634403.45	2147468381.43	2277227309.83
<b>DEPRECIACIÓN (+)</b>	203172498.95	203172498.95	203172498.95	203172498.95	203172498.95	203172498.95	203172498.95
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	1668847709.17	1762551877.54	1920698712.66	2056677495.27	2199806902.40	2350640880.38	2480399808.78
<b>INVERSIONES (-)</b>							
<b>FLUJO NETO DEL PROYECTO</b>	1668847709.17	1762551877.54	1920698712.66	2056677495.27	2199806902.40	2350640880.38	2480399808.78
<b>FLUJO NETO DEL INVERSIONISTA</b>	<b>10090778351.27</b>	<b>11853330228.81</b>	<b>13774028941.47</b>	<b>15830706436.74</b>	<b>18030513339.14</b>	<b>20381154219.52</b>	<b>22861554028.30</b>

Fuente: Autor

## Resultados del análisis económico

**Valor Presente Neto:** El valor presente neto del flujo de caja del proyecto, es aproximadamente **\$3.212 millones**, calculado con base en la Tasa de oportunidad después de impuestos establecidos en la Resolución CREG 045 de 2002 para la actividad de distribución de gas combustible por redes del 11,93%.

**TIR:** La tasa interna de retorno calculada con base en el flujo de caja del proyecto refleja un **19,28%** de rentabilidad del proyecto.

**Tabla 36.** VPN y TIR del proyecto

<b>TASA DE DESCUENTO</b>	<b>11,93%</b>	
<b>VPN DEL PROYECTO</b>	<b>3.212'622.727,41</b>	<b>VIABLE</b>
<b>TIR DEL PROYECTO</b>	<b>19.28%</b>	
<b>TIEMPO RETORNO INVERSIÓN (Años)</b>	<b>7</b>	

Fuente: Autor

### 5.6.5. 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 la factibilidad de la generación de recursos propios para el cumplimiento de las obligaciones con terceros, accionistas y realización de las inversiones en infraestructura requeridas en su normal operación.

Por las razones expuestas en este documento y el análisis de los datos presentados en los anexos de flujo de caja principalmente en lo relacionado con la tasa interna de retorno proyectada y el valor presente neto del flujo de caja libre, se concluye que el proyecto es financieramente viable.

Las consideraciones de Valor Presente Neto y el TIR del proyecto en marcha permiten opinar que la viabilidad del proyecto no está comprometida en el corto plazo.

## 6. COMPETITIVIDAD DEL GNC

### 6.1. SUCESIÓN DEL SERVICIO OBJETO

El servicio que se pretende instalar en el municipio de San Gil (Santander), es el uso del GNC domiciliario como fuente de energía para el mejoramiento y desarrollo de la ciudadanía. También muestra otra forma en la que el gas natural puede ser muy útil a la ciudadanía ofreciéndoles una buena rentabilidad económica, en comparación con otras formas de distribución del gas natural en ciudades alejadas de las redes principales de gasoductos y de energéticos como el GLP.

El municipio de San Gil (Santander), actualmente utiliza para su consumo domiciliario el gas propano, el cual es suministrado por medio de cilindros (GLP) y en algunos sectores se suministra GLP por redes, donde se encuentran anillados 2692 usuarios de un total de 10270 usuarios potenciales a ser anillados. De ahí que este proyecto pretende ofrecer a la comunidad el suministro de gas natural reemplazando el de cilindros y el gas GLP que alimenta las redes.

### 6.2. CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS (GNC, GLP)

**6.2.1. Calor de vaporización.** Los combustibles líquidos presentan mayores calores de vaporización que los combustibles gaseosos, de modo que para nuestro caso el GLP presenta mayor calor de vaporización (193 BTU/Lb) que el gas natural (219 BTU/Lb).

**6.2.2. Temperatura de ignición.** Es la temperatura a la cual se produce la inflamación brusca de una mezcla con aire u oxígeno. El GNC presenta la mayor temperatura de ignición (1000 °F), debido a que es un combustible seco

y de bajo carbón el cual no ioniza y desde luego genera una resistencia mayor. El GLP también presenta una alta temperatura de ignición (900 °F).

**6.2.3. Límite de inflamabilidad.** El límite de inflamabilidad mide el rango de mezclas de aire-combustibles que encenderá. Desde un punto de vista de seguridad, un amplio rango es menos deseable que un rango estrecho, ya que si la proporción de combustible o de gas en la mezcla es pequeña, la inflamación no se propaga.

El gas natural requiere de una concentración más alta de aire para encender que los demás combustibles porque requiere de una concentración de aire entre 5 – 15 %, en comparación con el GLP que está entre 2.4 – 9.5 %.

De esta manera, hay más posibilidad que el gas propano alcance el límite de inflamabilidad en comparación con el gas natural.

**6.2.4. Efecto ambiental.** Las emisiones al medio son una de las principales causas por la cual se intenta desarrollar combustibles alternos que permitan preservar un aire más limpio. En este orden de ideas el gas natural aporta una gran solución al problema, ya que es un combustible limpio que presenta bajos porcentajes de emisiones.

El GNC produce, respecto a la gasolina, un 84% menos de emisiones de hidrocarburos reactivos, 92% menos de emisiones de monóxido de carbono y 70% menos de emisiones de óxido de nitrógeno; mientras que el GLP produce, respecto a la gasolina, un 76% menos de emisiones de hidrocarburos reactivos, 88% menos de emisiones de monóxido de carbono y 41% menos de emisiones de óxido de nitrógeno.

**6.2.5. Material Particulado.** Se denomina material particulado a los componentes sólidos volátiles que van a la atmosfera en los procesos de combustión. Este material es debido a los componentes inertes presentes en los combustibles, principalmente sólidos como son las cenizas, en combustibles líquidos, las moléculas de carbón que por efecto de tiempo de residencia, mezclas inadecuadas de aire-combustible y problemas de atomización se emiten a la atmósfera como hollín.

El gas natural tan solo produce un 1% de material particulado en los procesos de combustión.

**6.2.6. Disponibilidad.** Una de las características a tener en cuenta, y tal vez la más importante, es la disponibilidad que un combustible tenga para suplir la demanda.

El gas natural actualmente constituye una buena alternativa ya que dentro del Plan de Masificación del Gas del gobierno, se contempla promover aún más el consumo del GNC, gestando beneficios tributarios como la conformación de sociedades entre los distribuidores de combustibles y de gas natural.

El GLP presenta el inconveniente de no contar con una oferta apropiada que respalde un mayor crecimiento. En la actualidad la oferta es similar a la demanda.

### **6.3. COMPARACIÓN COSTOS GNC vs GLP**

La utilización del gas natural comprimido a suministrar en el municipio de San Gil está asegurada si el precio del gas, incluyendo precio en entrada a trocal, más transporte, más gas natural comprimido, más distribución urbana, es menor al precio del energético a sustituir.

En este caso, en el sector residencial y comercial, los energéticos sustituibles son el GLP (Cilindros) y GLP (Redes). El precio de la electricidad promedio es muy alto comparado con el precio del gas, por lo cual realmente no se considera competencia del gas natural.

Así entonces de acuerdo a información de la CREG y del Sistema Único de Información (SUI), se procedió a hacer un comparativo del costo, con la utilización de gas natural comprimido por red y la utilización de GLP por cilindros y redes:

➤ **Gas Natural Comprimido vs GLP por Cilindros**

Con base en lo estipulado en la resolución CREG 011 de 2003, artículo 34, las formulas tarifarias generales para usuarios regulados del servicio público de gas natural comprimido.

Esta formula tarifaria está compuesta por todos los costos que implica la prestación del servicio, de acuerdo con la cadena de valor del servicio. Esta define el precio que debe pagar un usuario.

Esta formula está constituida así:

Cargo Variable: 
$$Mv_{jm} = \frac{G_m + T_m + TV_m}{1 - P} + Dv_{jm} + P_m$$

Cargo Fijo: 
$$Mf_{jm} = Df_{jm} + C_m$$

Donde:

$j$  = rango  $j$  de consumo

$m$  = Mes de prestación del servicio

- $G_m$  = Costo promedio máximo unitario en  $\$/m^3$  para compras de gas natural destinado a Usuarios Regulados, aplicable en el mes  $m$ .
- $T_m$  = Costo promedio máximo unitario en  $\$/m^3$  para el transporte de gas en el Sistema Nacional de Transporte destinado a Usuarios Regulados, aplicable en el mes  $m$ .
- $\rho$  = Porcentaje reconocido de pérdidas de gas en el Sistema Nacional de Transporte y en el Sistema de Distribución equivalente a 3.5%, desagregado en un 1% para el Sistema Nacional de Transporte y un 2.5% para el Sistema de Distribución.
- $TV_m$  = Costo máximo unitario en  $\$/m^3$  para el transporte de gas natural comprimido en vehículos de carga de acuerdo con la metodología definida por la CREG.
- $P_m$  = Costo de compresión del gas natural expresado en  $\$/m^3$ , establecido en resolución independiente por la CREG.
- $Dv_{jm}$  = Componente variable del cargo de distribución en  $\$/m^3$  permitido al Distribuidor por uso de la red aplicable en el mes  $m$  correspondiente al rango  $j$  de consumo. No incluye la conexión.
- $Df_{jm}$  = Componente fijo del cargo de distribución, expresado en  $\$/factura$ , aplicable en el mes  $m$  correspondiente al rango  $j$  de consumo. El componente fijo para los usuarios del primer rango de consumo de la canasta de tarifas será igual a cero.
- $C_m$  = Cargo máximo de Comercialización expresado en pesos por factura aplicable en el mes  $m$  de facturación.

### Costo comercialización GNC

Componentes	Costo / \$
Pm:	125,73
Gm + Tm:	515,56
Dvjm:	414,108
TVm:	227,216
P:	0
Dfm:	0,00
Cm:	2.119,84
Mvjm:	1.282,614 \$/m <sup>3</sup>
Mfm:	2.119,84 \$/factura

Comparando el costo, de la utilización de gas natural comprimido por redes y la utilización de GLP por cilindros, se tiene:

GLP			GNC		AHORRO
DESCRIPCIÓN	GALONES	VALOR PROM. / \$	EQUIVALENTE EN m <sup>3</sup>	VALOR \$	%
Cilindro 20 lb.	4,333	22.205,5	10,8325	16.013,77	27,88
Cilindro 33 lb.	7,053	32.351,75	17,6325	24.735,53	23,54
Cilindro 40 lb.	8,548	39.782,75	21,37	29.529,30	25,77
Cilindro 80 lb.	16,445	73.363,75	41,1125	54.851,31	25,23
Cilindro 100 lb	21,372	93.948,75	53,43	70.649,91	24,80

1 galón de GLP = 2.5 Nm<sup>3</sup> de GNC

Como podemos observar, en la utilización de GNC por redes de tuberías, se obtiene un ahorro que varía entre el 23,54% y el 27,88%, con respecto al costo respectivo de cada uno de los cilindros que se venden en el municipio.

Los habitantes de San Gil (Santander), tienen un consumo mensual promedio de 1,23 cilindros de GLP de 33 libras, lo cual hace un promedio mensual de 37 lb. De GLP, por lo tanto el ahorro sería:

GLP			GNC		AHORRO
DESCRIPCIÓN	GALONES	VALOR PROM. / \$	EQUIVALENTE EN m <sup>3</sup>	VALOR \$	%
Cilindro 37 lb.	7,907	36.799,04	19,7675	27.473,91	25,34

1 galón de GLP = 2.5 Nm<sup>3</sup> de GNC

Así entonces, los habitantes del municipio, verán reflejado en sus gastos mensuales, un ahorro aproximado del 25,34%, en la utilización de GNC con respecto al GLP que se usa en la actualidad.

#### ➤ Gas Natural Comprimido vs GLP por Redes

Para determinar si el servicio de gas natural comprimido es más económico que el gas propano (GLP) por redes, se tendrá en cuenta los costos de este último energético que reporta la empresa Norte Santandereana de Gas SA ESP a la CREG, por la prestación de dicho servicio a una pequeña demanda de usuarios en el municipio de San Gil, para así realizar dicha comparación.

A continuación se presenta la variación en el 2010 de cada uno de los componentes tarifarios que aplicaron por la empresa distribuidora de GLP por redes en el municipio de San Gil.

**Tabla 37.** Componentes tarifarios del GLP por redes en San Gil

Nortesantandereana de Gas S.A. E.S.P. (San Gil)	Gm (\$/galón)	Tm (\$/galón)	Cm (\$/factura)	Dm (\$/m3)	Cargo fijo(\$/factura)	Cargo variable(\$/m3)
09/10	2.005,33	450	2.128,42	1.035,86	2.128,42	3.550,80
10/10	2.022,77	450	2.122,92	1.030,37	2.122,92	3.566,22
11/10	2.102,17	450	2.118,43	1.024,44	2.118,43	3.706,35
12/10	2.329,21	450	2.119,84	1.035,27	2.119,84	4.106,71

Fuente: Superintendencia de Servicio Públicos Domiciliarios

Comparando el costo, de la utilización de gas natural comprimido por redes y la utilización de GLP por redes, se tiene:

GLP			GNC		AHORRO
DESCRIPCIÓN	CONSUMO PROM. (m <sup>3</sup> )	VALOR / \$	EQUIVALENTE EN m <sup>3</sup>	VALOR \$	%
Red de GLP	5,66	25.363,82	14.15	20.268,83	20,10

Los habitantes del municipio, verán reflejado en sus gastos mensuales, un ahorro aproximado del 20,10%, en la utilización de GNC con respecto al GLP que alimenta las redes y el cual es utilizado por una pequeña cantidad de usuarios.

#### 6.4. OPORTUNIDAD DEL GNC

Con base en los resultados obtenidos puede afirmarse que el GNC tiene un espacio importante para llevar energía al municipio de San Gil, ya que sus habitantes van a ver reflejado un ahorro mensual aproximado del 20,10 % - 25,34 %, en la utilización de GNC con respecto a la utilización del GLP por redes y GLP por cilindros.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La prestación del servicio de gas natural comprimido operada por un solo actor podría generar especulaciones en los costos y dificultades en la participación de la competencia. Por tal razón, se recomienda abrir la cadena y buscar que diferentes entes participen en las etapas del gas natural comprimido, sin limitar la prestación del servicio.
2. Para que la realización del proyecto, llegue a feliz término, se requiere del interés de la Administración Municipal, para que expida los permisos necesarios para realizar los estudios de mercado que permita diseñar el sistema de distribución del gas combustible, y a su vez gestione los recursos necesarios para su ejecución.
3. La implementación del gas natural comprimido en el municipio de San Gil, traerá desarrollo a la región y a su vez facilitara a la comunidad en general, el uso de artefactos modernos de menor impacto ambiental para realizar sus actividades cotidianas.
4. El factor ambiental no se verá afectado por la ejecución de este proyecto, por lo que no se planea realizar construcciones de gasoductos que afecte el medio ambiente, ya que el transporte del gas se realizara por medio de módulos de almacenamiento de GNC especiales, que serán transportados en un vehículo adaptado para dicha función que se movilizara por la vía nacional del país.
5. El estudio económico arrojó como resultado que es viable la implementación del GNC en el municipio de San Gil, por medio de la tecnología de un Gasoducto Virtual. Además aunque el proyecto es

económicamente ambicioso, su inversión es recuperada en periodo relativamente corto.

6. Hoy en día la implementación de un gasoducto virtual en cualquier parte del país es muy recomendada, ya que por sus avances tecnológicos en los equipos y accesorios utilizados para la ejecución de dichos proyectos son muy seguros y a su vez son más económicos.
  
7. Se puede pensar en la realización de los estudios para la construcción de una EDS de GNCV en el municipio de San Gil, lo cual seguiría generando más desarrollo a la región y ahorro económico por ser el gas más económico que los demás combustibles que hoy en día son utilizados en esta región.

## BIBLIOGRAFÍA

BORRÁS, Enrique B. Propiedades. En: Gas Natural Características, distribución y aplicaciones industriales. Barcelona: Editores Técnicos Asociados S.A, 1987. P. 1-31.

SANTOS RODRÍGUEZ, Fabio Augusto. Criterios técnicos, económicos y ambientales para evaluar el uso de gas natural comprimido, en redes de gas domiciliario en Colombia. Universidad Industrial de Santander. 2001.

BUSTAMANTE RODRÍGUEZ, Víctor José y Jorge Eduardo Linero Gómez. Factibilidad técnica y económica para el uso domiciliario de gas natural comprimido G.N.C en el municipio del socorro (Santander). Universidad Industrial de Santander. 2000.

### • ARTICULOS TÉCNICOS

CREG, Compresión y transporte de gas natural comprimido GNC: Propuesta regulatoria para consulta. Documento CREG – 048. Agosto 10 de 2004.

CREG y COINOR LTDA. Definición de costos en el transporte de gas natural comprimido para poblaciones. Bogotá, 17 de diciembre de 2001.

DAMA. Guía ambiental para la distribución de gas natural comprimido para uso vehicular – GNCV. Bogotá, diciembre de 2001

- **LEYES Y RESOLUCIONES**

**Ley 142 de 1994.** Ley de Servicios Públicos.

**Resolución CREG 011 de 2003.** Por la cual se establecen los criterios generales para remunerar las actividades de distribución y comercialización de gas combustible, y las fórmulas generales para la prestación del servicio público domiciliario de distribución de gas combustible por redes de tubería.

**Resolución CREG 008 de 2005.** Por la cual se regula el costo de compresión de gas natural y se determina la metodología para establecer el costo máximo unitario para el transporte de gas natural comprimido en vehículos de carga de que trata el artículo 34 de la Resolución CREG-011 de 2003.

- **PÁGINAS WEB**

Comisión de Regulación de Energía y Gas, (CREG). [www.creg.gov.co](http://www.creg.gov.co)

Unidad de Planeación Minero Energética, (UPME). [www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co)

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, (DANE).  
[www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)

Ente Nacional Regulador del Gas. Argentina, (ENARGAS).  
[www.enargas.gov.ar](http://www.enargas.gov.ar)

GALILEO, Natural Gas Technologies, [www.galileoar.co](http://www.galileoar.co)  
Surpetroil Controls Ltda., [www.surpetroil.com.co](http://www.surpetroil.com.co)

Estrumont, Estructuras y Montajes, [www.estrumont.com](http://www.estrumont.com)

Ecopetrol, Energía para el Futuro, [www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co)

Sociedad transportadora de Gas Del Oriente S.A E.S.P (Transoriente S.A E.S.P) [www.transoriente.com.co](http://www.transoriente.com.co)

Asociación Colombiana de Gas Natural, (Naturgas) [www.naturgas.com.co](http://www.naturgas.com.co)

## **ANEXO 1**

### **DETALLE INVERSIONES, MERCADO Y COSTOS DEL PROYECTO**

## DETALLE INVERSIONES DEL PROYECTO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER				
Tasa de cambio FIN año 0		\$2.000,00		
<b>PLAN DE INVERSION</b>	<b>CANT.</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>SUB - TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>
<b>PRESUPUESTO PARA LA COMPRA DE EQUIPOS GNC</b>	<b>CANT.</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>SUB - TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>
<b>UNIDAD DE COMPRESIÓN</b>				
Compresor MICROBOX	1	\$302.683.000	\$302.683.000	\$302.683.000
<b>VEHICULO PARA TRANSPORTE DE GNC</b>				
Tráiler ST	1	\$390.000.000	\$390.000.000	\$390.000.000
<b>MÓDULOS DE ALMACENAMIENTO</b>				
MAT - 1500 - 250 – 39	15	\$175.964.344	\$2.639.465.160	\$2.639.465.160
<b>PLATAFORMAS DE ALMACENAMIENTO Y CARGA</b>				
PAC	5	\$12.372.575	\$61.862.875	\$61.862.875
<b>PLATAFORMAS DE ALMACENAMIENTO Y DESCARGA</b>				
PA – D	8	\$20.179.868	\$161.438.944	\$161.438.944
PA – D				
<b>UNIDAD DE DESCOMPRESIÓN</b>				
PRP con Caldera 500 E	1	\$90.000.000	\$90.000.000	\$90.000.000
<b>TOTAL COMPONENTES IMPORTADOS</b>			<b>\$ 3.645.449.979</b>	<b>\$ 3.645.449.979</b>
INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	2	-	-	-
<b>TOTAL VALOR DE LOS EQUIPOS DE GNC</b>			<b>\$ 3.645.449.979</b>	<b>\$ 3.645.449.979</b>
<b>PRESUPUESTO PARA OBRAS CIVILES GNC</b>				
Descapote, excavación, explanación, relleno con mejoramiento de material, construcción oficinas, encerramiento, pisos en concreto, tuberías, iluminación general, pinturas, acabados, etc.	2			\$300.000.000
<b>SUB - TOTAL OBRAS CIVILES (COSTO DIRECTO)</b>				<b>\$ 300.000.000</b>
IMPREVISTOS	6,00%			\$ 18.000.000
<b>TOTAL VALOR DE LAS OBRAS CIVILES GNC</b>				<b>\$ 318.000.000</b>

## MERCADO DEL PROYECTO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER											
Año	Unidad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
USUARIOS POTENCIALES		10.270	10.372	10.474	10.578	10.683	10.789	10.896	11.003	11.112	11.222
PORCENTAJE DE DEMANDA POTENCIAL			85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
TOTAL DE USUARIOS GNC promedio			8.816	8.903	8.991	9.081	9.171	9.262	9.353	9.445	9.539
INGRESOS POR VENTAS											
VENTAS DE GNC											
Número de usuarios en servicio (promedio año)	Usuarios	0	8,816	8,903	8,991	9,081	9,171	9,262	9,353	9,445	9,539
Consumo promedio mes	m3/mes		21	21	21	21	21	21	21	21	21
Consumo promedio año	m3/año		252	252	252	252	252	252	252	252	252
CONSUMO TOTAL ANUAL	m3		2221,682	2243,531	2265,808	2288,299	2311,004	2333,923	2356,843	2380,190	2403,752
PRECIO DE VENTA GAS	\$/m3		953.110	991.234	1,030.884	1,072.119	1,115.004	1,159.604	1,205.988	1,254.228	1,304.397
INGRESOS POR VENTA DE GAS			2117'507.712	2223'864.906	2335'784.294	2453'328.697	2576'778.232	2706'426.790	2842'324.388	2985'300.822	3135'447.053

## MERCADO DEL PROYECTO

<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER</b>											
<b>Año</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>USUARIOS POTENCIALES</b>	11.334	11.446	11.559	11.674	11.789	11.906	12.024	12.143	12.263	12.385	12.508
PORCENTAJE DE DEMANDA POTENCIAL	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
<b>TOTAL DE USUARIOS GNC promedio</b>	9.634	9.729	9.825	9.923	10.021	10.120	10.220	10.322	10.424	10.527	10.632
<b>INGRESOS POR VENTAS</b>											
<b>VENTAS DE GNC</b>											
Número de usuarios en servicio (promedio año)	9,634	9,729	9,825	9,923	10,021	10,120	10,220	10,322	10,424	10,527	10,632
Consumo promedio mes	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Consumo promedio año	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252
CONSUMO TOTAL ANUAL	2427,743	2451,733	2475,938	2500,571	2525,204	2550,265	2575,541	2601,031	2626,735	2652,867	2679,214
PRECIO DE VENTA GAS	1,356.573	1,410.836	1,467.269	1,525.960	1,586.998	1,650.478	1,716.497	1,785.157	1,856.563	1,930.826	2,008.059
<b>INGRESOS POR VENTA DE GAS</b>	<b>3293'409.657</b>	<b>3458'992.555</b>	<b>3632'866.918</b>	<b>3815'770.562</b>	<b>4007'493.912</b>	<b>4209'156.961</b>	<b>4420'908.738</b>	<b>4643'248.386</b>	<b>4876'699.428</b>	<b>5122'224.522</b>	<b>5380'019.031</b>

## COSTOS OPERACIONALES DEL PROYECTO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER											
Año	periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>COSTOS OPERACIONALES</b>											
<b>Costo del GNC</b>			1145'410.578	1156'674.739	1168'159.766	1179'755.226	1191'461.119	1203'277.445	1215'093.771	1227'130.963	1239'278.587
Gas boca de pozo		Anual	605'186.286	611'137.790	617'205.990	623'332.539	629'517.435	635'760.680	642'003.924	648'363.865	654'782.154
Transporte gas (Gasoducto)		Anual	540'224.292	545'536.949	550'953.776	556'422.688	561'943.684	567'516.765	573'089.847	578'767.098	584'496.434
Amortización	0	años									
Depreciación Equipos	20	años	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,9	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95
Depreciación Construcciones	20	años	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00
<b>AOM COMPRESOR</b>											
Combustible			149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103
AOM Anual			30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300
AOM Mayor							30'268.300				
<b>AOM TRANSPORTE GNC</b>											
AOM Anual			65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000
<b>AOM ALMACENAMIENTO</b>											
AOM Mayor							14'313.835				
<b>AOM DESCOMPRESORA</b>											
Operación y Mantenimiento Anual			2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000
<b>Total Depreciaciones</b>			<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>
<b>Total Costos Operacionales (\$)</b>			<b>1392'952.981,1</b>	<b>1404'217.142,3</b>	<b>1415'702.169,3</b>	<b>1427'297.629,22</b>	<b>1483'585.657,03</b>	<b>1450'819.847,99</b>	<b>1462'636.173,9</b>	<b>1474'673.365,6</b>	<b>1486'820.990,3</b>

## CONTINUACIÓN - COSTOS OPERACIONALES DEL PROYECTO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER										
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1251'647.078	1264'015.569	1276'494.492	1289'194.282	1301'894.071	1314'814.727	1327'845.815	1340'987.336	1354'239.290	1367'712.111	1381'295.364
661'317.139	667'852.124	674'445.457	681'155.486	687'865.515	694'692.240	701'577.314	708'520.735	715'522.505	722'640.971	729'817.785
590'329.939	596'163.445	602'049.035	608'038.796	614'028.556	620'122.486	626'268.501	632'466.601	638'716.785	645'071.140	651'477.579
182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95	182'272.498,95
20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00	20'900.000,00
149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103	149'424.103
30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300	30'268.300
30'268.300					30'268.300					30'268.300
65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000	65'600.000
14'313.835					14'313.835					14'313.835
2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000	2'250.000
<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>	<b>203'172.498,95</b>
<b>1543771.615,87</b>	<b>1511557.971,6</b>	<b>1524036.895,2</b>	<b>1536736.684,65</b>	<b>1549436.474,1</b>	<b>1606939.264,4</b>	<b>1575388.217,85</b>	<b>1588529.739,1</b>	<b>1601781.693,4</b>	<b>1615254.513,5</b>	<b>1673419.901,52</b>