

**DISEÑO DE ESTACIÓN DESCOMPRESORA DE GAS
PARA EL MUNICIPIO DE SAN LUIS DE GACENO**

HECTOR JAIME ALFONSO ROA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS
BUCARAMANGA
2016**

**DISEÑO DE ESTACIÓN DESCOMPRESORA DE GAS
PARA EL MUNICIPIO DE SAN LUIS DE GACENO**

HECTOR JAIME ALFONSO ROA

**Monografía de grado presentada como requisito para optar por el título de
Especialista en Ingeniería del Gas**

**Director
GUSTAVO ADOLFO DELVASTO JAIMES
Ingeniero Mecánico**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS
BUCARAMANGA
2016**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1 QUE ES EL GAS NATURAL	16
1.1 GAS NATURAL EN COLOMBIA	17
1.1.1 Reservas.	17
1.1.2 Producción.	18
1.1.3 Demanda.	19
1.1.4 Balance.	20
1.2 EL RECORRIDO DEL GAS NATURAL	21
1.2.1 Exploración y explotación.	21
1.3 APLICACIÓN DEL GAS NATURAL POR SECTORES EN COLOMBIA.	22
1.3.1 Sector residencial o domiciliario.	23
1.3.2 Sector Comercial.	23
1.3.3 Sector Industrial.	23
1.3.4 Otros Sectores (GNV, ECP, Petroquímico, Eléctrico y Exportación).	24
1.4 GAS NATURAL COMO SERVICIO PÚBLICO	24
2 ¿QUÉ ES EL GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC)?	26
2.1 ESTACIÓN DESCOMPRESORA	26
2.1.1 Compresión.	27
2.1.2 Transporte y almacenamiento.	27
2.1.3 Descompresión y Distribución.	27
2.2 COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN DESCOMPRESORA	28
2.2.1 Módulo de almacenamiento fijo o intercambiable.	28
2.2.2 Filtros.	29
2.2.3 Calentador.	29
2.2.4 Reguladores de presión.	29
2.2.5 Tuberías de interconexión.	30

2.2.6 Medidor.	30
2.3 SEGURIDAD EN EL USO DEL GAS NATURAL	31
2.3.1 Área de la estación.	32
2.3.2 Para la operación.	33
3 GAS NATURAL EN BOYACA	36
3.1 INCREMENTO DE LA DEMANDA EN BOYACÁ.	36
4 MUNICIPIO DE SAN LUIS DE GACENO	37
4.1 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS Y ATMOSFÉRICOS	38
4.1.1 Temperatura.	38
4.1.2 Altura.	38
4.1.3 Precipitación.	38
4.2 HIDROGRAFIA.	39
4.3 USOS DEL SUELO E INFRAESTRUCTURA PÚBLICA	39
4.3.1 Institucional.	40
4.3.2 Sector Salud.	40
4.3.3 Sector Educación.	40
4.4 INFRAESTRUCTURA VIAL	41
4.4.1 Red Vial San Luis de Gaceno.	41
4.4.2 Servicio de acueducto.	42
4.4.3 Servicio de alcantarillado, recolección y disposición de basuras y energía eléctrica	42
5. DISEÑO DE ESTACIÓN DESCOMPRESORA	44
5.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	45
a. Capacidad de las instalaciones:	45
b. Presión de diseño	45
c. Selección de tuberías de conducción	46
d. Diámetros y espesores de las tuberías	46
e. Especificación de tubería	47
f. Selección de válvulas	47
g. Condiciones de flexibilidad	47
h. Diseño de soportes y anclajes	48
i. Dispositivos limitadores y de alivio de presión	48

j. Pinturas para tuberías aéreas	48
k. Diseño arquitectónico	48
l. Diseño eléctrico	49
m. Pruebas e inspecciones	49
n. Clasificación eléctrica	49
5.2 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO	49
5.2.1 Caso base (P50).	50
5.2.2 Caso bajo (P90).	51
5.2.3 Caso alto (P10)	52
5.3 NORMATIVIDAD APLICABLE	55
5.3.1 Normas de proceso	56
5.3.2 Normas civiles.	56
5.3.3 Normas mecánicas.	56
5.3.4 Normas de tubería.	56
5.3.5 Normas eléctricas.	57
5.3.6 Normas de instrumentación.	57
5.3.7 Códigos de seguridad.	58
5.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN REQUERIDAS	58
5.4.1 Condiciones de operación	58
5.4.2 Condiciones de presión	59
5.4.3 Condiciones de temperatura	59
5.4.4 Niveles de presión sónica permisible	59
5.5 ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS EN LA ESTACIÓN DESCOMPRESORA	60
5.5.1 Filtro F/S-01	60
5.5.2 Calentador MOC-01 (calentador catalítico)	60
5.5.3 Reguladores PC-01 y 02 (top entry)	61
5.5.4 Medidor FER-01	61
5.5.5. Computador de flujo FY-01	63
5.5.6 Platina restrictora RO-01 al 120%	63
5.5.7 Tubería	64
5.5.8 Clase de localización	65

5.5.9 Restricciones	65
5.5.10 Velocidad de flujo en tuberías	65
5.5.11 Espesor de pared de tuberías	66
5.5.12 Válvulas y otros accesorios	67
5.5 PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DEL DISEÑO	68
5.7 PLANOS DEL DISEÑO DETALLADO	69
5.7.1 Vista Isométrica	71
5.7.2 Vista de planta	72
5.7.4 Vista de identificación de juntas	73
5.8 ANÁLISIS PVT	74
5.8.1 Condiciones PVT	76
6. UBICACIÓN E IMPLANTACIÓN DE LA ESTACIÓN DESCOMPRESORA	78
6.1 IMPLANTACIÓN	79
7. CONCLUSIONES	82
8. RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	84

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Distancias de seguridad.	32
Tabla 2. Inventario de Espacio Público, San Luis de Gaceno.	40
Tabla 3 Criterio para uso de válvulas	47
Tabla 4. Estimación y proyección de viviendas ocupadas ¹ - Caso base.	50
Tabla 5. Proyección de crecimiento de usuarios año 2015-2035 – Caso base	51
Tabla 6. Estimación y proyección de viviendas ocupadas ² - Caso bajo	52
Tabla 7. Proyección de crecimiento de usuarios año 2015-2035 – Caso bajo	52
Tabla 8. Estimación y proyección de viviendas ocupadas ³ - Caso alto	53
Tabla 9. Proyección de crecimiento de usuarios año 2015-2035 – Caso alto	53
Tabla 10. Proyección de usuarios año 2035.	54
Tabla 11: Consumo potencial año 2035 en el caso alto	55
Tabla 12. Normas de proceso	56
Tabla 13. Normas civiles	56
Tabla 14. Normas mecánicas	56
Tabla 15. Normas de tubería	56
Tabla 16. Normas eléctricas	57
Tabla 17. Normas de instrumentación	57
Tabla 18. Normas de seguridad	58
Tabla 19. Flujo de diseño	58
Tabla 20. Presiones de diseño	59
Tabla 21. Temperaturas de diseño	59
Tabla 22. Parámetros de cálculo para la selección de medidor.	62
Tabla 23. Computador de flujo seleccionado.	63
Tabla 24. Descripción de puntos de operación y variables de proceso respectivas	64

¹ <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>.

² <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>.

³ <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>.

Tabla 25. Factores de diseño básico.	65
Tabla 26. Calculo de velocidades en las tuberías para los diferentes puntos de operación.	66
Tabla 27. Calculo de espesores en las tuberías seleccionadas para los diferentes puntos de operación	66
Tabla 28. Listado de materiales requeridos en la estación de descompresión.	67
Tabla 29. Composición del gas a tratar.	75

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Composición química del gas natural.	16
Gráfica 2. Distribución de las reservas nacionales de gas natural.	17
Gráfica 3. Evolución y proyección de las reservas de gas natural, sin considerar nuevos descubrimientos.	17
Gráfica 4. Declaración de producción de gas natural por cuencas-2014	19
Gráfica 5. Escenarios de demanda de gas natural.	20
Gráfica 6. Balance de gas natural interior con oferta adicional desde la planta de regasificación.	20
Gráfica 7. Diagrama de extracción de gas natural	21
Gráfica 8. Participación de la demanda	22
Gráfica 9: Escenario de demanda bajo.	24
Gráfica 10: Cadena de prestación del servicio de Gas Natural Comprimido (GNC)	25
Gráfica 11. Esquema de distribución para Gas virtual.	28
Gráfica 12. Batería de cilindros de GNC	28
Gráfica 13. Filtro	29
Gráfica 14. Calentador	29
Gráfica 13. Regulador de presión	30
Gráfica 16. Válvulas de bloqueo y de seguridad	30
Gráfica 17. Medidor	31
Gráfica 148. Proyección de demanda de gas natural en Colombia- marzo 2015	36
Gráfica 159. Localización del municipio beneficiario del proyecto	37
Gráfica 20. Precipitación anual Departamento de Boyacá	38
Gráfica 21. Rio Lengupá	39
Gráfica 22. Intervención de vías terciarias en San Luis de Gaceno	41

Gráfica 23. Crecimiento de usuarios en los tres escenarios planteados.	54
Gráfica 24: formula característica del regulador	61
Gráfica 25. Diagrama de procesos selección y uso de tubería.	67
Gráfica 26. Diagrama de distribución	69
Gráfica 27. Diseño vista isométrica.	71
Gráfica 28. Diseño vista en planta	72
Gráfica 29. Diseño vista frontal	73
Gráfica 30. Diseño de identificación de juntas	73
Gráfica 31. Diagrama PT de la mezcla.	75
Gráfica 32. Envolvertes para gas de diseño	76
Gráfica 33. Condiciones de entrada a la estación	76
Gráfica 34. Condiciones de salida de la primera etapa de regulación.	77
Gráfica 35. Condiciones de salida a consumo de usuario	77
Gráfica 36. Plano 1 ubicación Municipio San Luis de Gaceno	78
Gráfica 37. Plano 2 ubicación Municipio San Luis de Gaceno	78
Gráfica 38. Planta de implantación	79
Gráfica 39. Bahía 1	79
Gráfica 40. Bahía 2	80
Gráfica 41. 3D general	80
Gráfica 42. Cerramiento y aislamiento	81

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE ESTACIÓN DESCOMPRESORA DE GAS PARA EL MUNICIPIO DE SAN LUIS DE GACENO⁴.

AUTOR: HECTOR JAIME ALFONSO ROA**

PALABRAS CLAVES: GAS, GAS VIRTUAL, DISTRIBUCIÓN, ESTACIÓN DESCOMPRESORA

DESCRIPCIÓN

Este proyecto lleva a cabo el diseño de la estación descompresora de gas natural para el municipio de San Luis de Gaceno bajo la norma técnica colombiana 5897 y otras aplicables, garantizando óptimas condiciones de funcionamiento y de seguridad. Está orientado al progreso, fortalecimiento, crecimiento y desarrollo de la infraestructura de servicios públicos del municipio y al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Se apunta a un proyecto sostenible con tecnología de punta, seguro y disponible las 24 horas del día, que permita la integración al plan nacional de masificación de gas natural.

En la realización del diseño de la estación descompresora de gas natural para el municipio de San Luis de Gaceno se parte de la historia del gas en Colombia, sus reservas, producción y demanda, la importancia y conceptualización del gas natural comprimido, la normatividad que aplica y el proceso de ingeniería detallada para la construcción del diseño de la estación descompresora, permitiendo reconocer el proceso que ha surtido esta fuente de energía hasta convertirse en un servicio público y con ello en una necesidad sentida de las poblaciones.

En el municipio de San Luis de Gaceno se recolecto la información de usuarios residenciales, comerciales, institucionales e industrias lácteas, lo que asintió la evaluación del consumo que tiene cada uno de estos tipos de usuarios. Se calculó el caudal de flujo requerido, siendo éste la base sobre la cual se desarrolló el cálculo de sus componentes, tubería, área requerida y accesorios necesarios para la instalación y construcción de la estación descompresora.

Como especialistas nos involucramos en los ejes trazados para el desarrollo de nuestro país generando alternativas para las poblaciones que quedan excluidas del sistema nacional de transporte pero que requieren de nuestro conocimiento para su evolución y proximidad al desarrollo nacional.

* Monografía de Grado

** Facultad de Ingeniería Físico Química. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director de la monografía: Ing. Gustavo Adolfo Delvasto Jaimes

ABSTRACT

TITLE: DESIGN GAS DECOMPRESSIVE STATION FOR THE MUNICIPALITY OF SAN LUIS DE GACENO⁵.

AUTHOR: HECTOR JAIME ALFONSO ROA**

KEYWORDS: GAS, VIRTUAL GAS, DISTRIBUTION, STATION DECOMPRESSIVE

DESCRIPTION

The present document intends to show the design process made for a decompression station for compressed natural gas located in San Luis de Gaceno, in compliance with NTC-5897 and other applicable standards. The project is oriented to the growth of the public services network and infrastructure, and the increase of well-being for its inhabitants. The project looks for a ultimate technology, sustainable, safe and 24 hours available service that help the town to develop the national natural gas deployment program.

By making the design process of the decompression station, the history of natural gas in Colombia, the gas reserves, supplying and consumption, the concept of compressed natural gas and the applying laws were researched, and the detailed design was made, showing the importance of natural gas and people's deep need of it.

In the municipality of San Luis de Gaceno gather information about houses, commercial establishments, institutional and dairies users is collected, what assessment nodded consumption of each of these types of users. The required flow rate is calculated, this being the basis on which the calculation of its components, tubing, required area and accessories required for installation and construction of the station decompressive developed.

As specialists in gas engineering, we must propose to come up with ideas to make the gas get to the towns and places away from the national gas transportation system, by using our knowledge, contributing to the development of those regions.

* * Bachelor Thesis

** Facultad de Ingeniería Físico Química. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director de la monografía: Ing. Gustavo Adolfo Delvasto Jaimes

INTRODUCCIÓN

La implementación del gas natural por redes y su masificación se ha convertido en un factor importante en el desarrollo de las ciudades en Colombia, dadas sus ventajas, como su aplicación en los diferentes sectores industrial, comercial y residencial y la confiabilidad ofrecida al basar su operación en normas técnicas colombianas, que a la postre representan, eficiencia, comodidad, seguridad y servicio durante las 24 horas del día.

Para acceder al gas natural es necesario la conexión a la red nacional de gas; sin embargo, cuando esto no es posible, surge el sistema de gas virtual o gas natural comprimido que se genera con la compresión del gas natural hasta 3600 psi, para posteriormente transportarlo a estaciones descompresoras, lugar donde se inyecta a las redes urbanas transformándose en un servicio público domiciliario.

El municipio de San Luis de Gaceno ubicado en el departamento de Boyacá al lado oriental del piedemonte llanero, aún no cuentan con redes de distribución de gas natural y sus habitantes, comercios e industrias continúan su abastecimiento a través de cilindros de GLP. Con el diseño de una estación descompresora de gas natural para el municipio de San Luis de Gaceno se puede garantizar el abastecimiento de gas natural por redes generando una mejor calidad de vida y rentabilidad a sus habitantes.

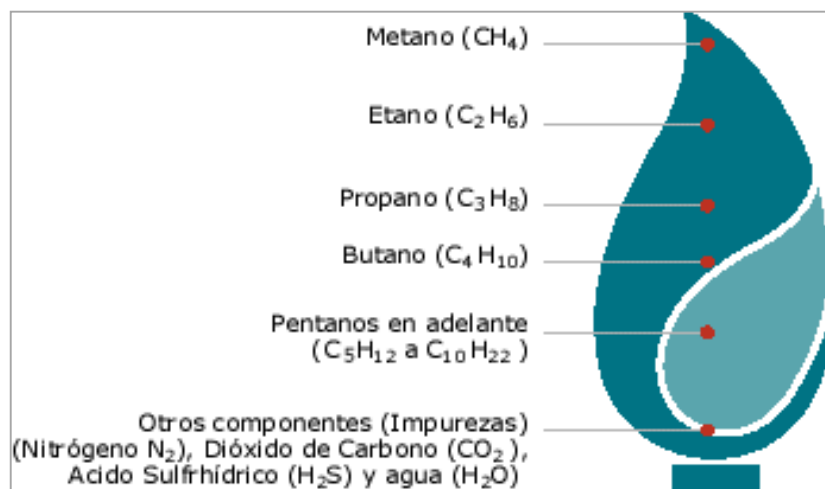
1 QUE ES EL GAS NATURAL

El gas natural en la actualidad es una potente fuente de energía que circula bajo el suelo de la mayor parte de los países del mundo civilizado; provee a la industria la energía que requiere para sus diversos procesos y aporta confort al sector domiciliario. Particularmente el gas natural que ahora denominan «la energía del futuro» es conocido por la humanidad hace miles de años, desde el estado gaseoso de la materia inspirando misterio y curiosidad⁶.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos que se encuentra en depósitos subterráneos profundos, está especialmente compuesto por metano. Su composición lo convierte en una fuente de energía amigable con el medio ambiente⁷.

En Colombia los principales yacimientos se encuentran en la Guajira y en los llanos orientales.

Gráfica 16. Composición química del gas natural.



Fuente: <http://www.gas.pemex.com/PGPB/Productos+y+servicios/Gas+natural/>

⁶ GUERRERO. Fernando, LLANO. Antonio. Gas Natural en Colombia-GAS e.s.p. Cali. Colombia. Estudios gerenciales. 2003. 115-146.P.

⁷ CUERVO. Luis, Introducción al derecho y l apolítica de petróleos. Bogotá. D.C, Colombia. 1 a edición. Pontificia Universidad Javeriana. 2003. 33-35p.

1.1 GAS NATURAL EN COLOMBIA

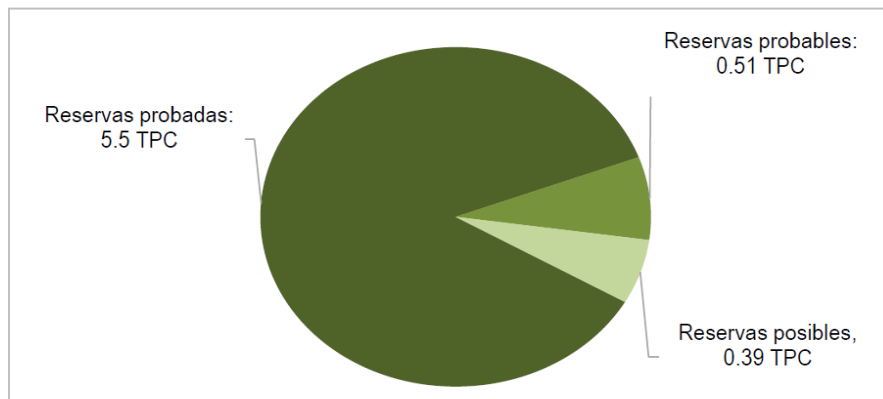
Todo el planeta cuenta con yacimientos de gas natural, según estudios realizados por la UPME⁸ en 2015 los depósitos naturales más importantes descubiertos se encuentran en países como Estados Unidos y Canadá en América del Norte, Argentina, Venezuela, Colombia, Trinidad y Tobago en América del Sur; Alemania, Dinamarca, Finlandia, Noruega, Italia, Holanda y Gran Bretaña en Europa, Países de la federación Rusa; Argelia, Libia, Nigeria y Egipto, en África, Arabia saudí, Kuwait, Irak, Qatar, Emiratos Árabes e Irán, en el medio oriente y Australia, India y China en Asia y Oceanía.

1.1.1 Reservas.

A diciembre 31 de 2013, el país contabilizó un volumen total de reservas de gas natural de 6,41 TPC* de las que el 86% corresponden a reservas probadas equivalentes a 5,51 TPC, el 8% de las reservas probables con 0,51 TPC y el 6% posibles con 0,39 TPC

En Colombia, las reservas de gas natural probadas constituyen un 86%, es decir 5.51 TPC (Tera Pies Cúbicos) del total de 6.41 TPC entre las reservas Probables 0.51 TPC y Reservas posibles 0.39 TPC, que han venido declinando al 2013 en un 8.5% respecto al 2012. De acuerdo a la información de Agencia Nacional de hidrocarburos, ANH, se espera un aumento de las reservas posibles para los años 2026 – 20309.

Gráfica 17. Distribución de las reservas nacionales de gas natural.



Fuente: MME (Ministerio de Minas y Energía). Cálculos UPME

Las reservas probadas se encuentran ubicadas principalmente en la cuenca de los Llanos Orientales con una participación de 50%, seguidas por la cuenca de La

⁸ UPME. Plan indicativo de abastecimiento de gas natural. Subdirección de Hidrocarburos. Versión marzo de 2015. 18-26p.

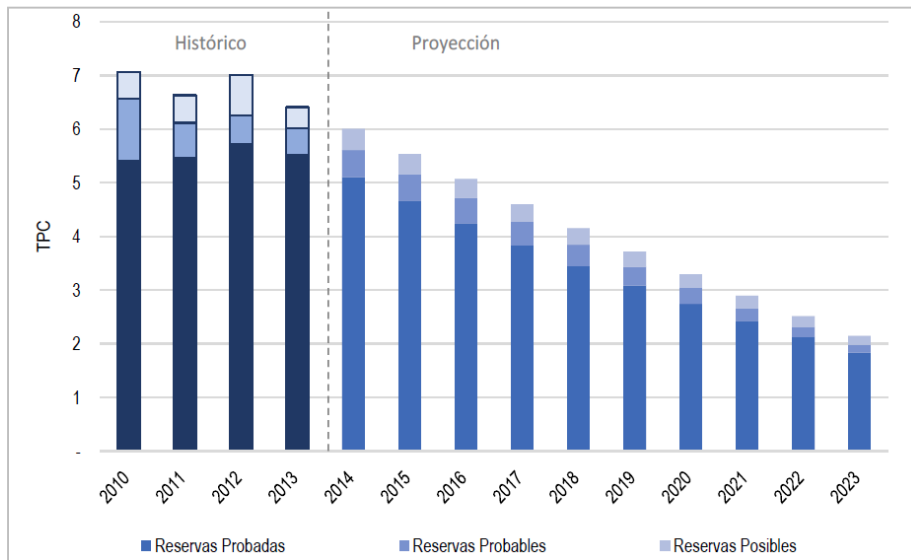
⁹ UPME. Plan indicativo de abastecimiento de gas natural. Subdirección de Hidrocarburos. Versión marzo de 2015. 52-56p

*TPC- Tera Pies Cúbicos.

Guajira que representan el 30.5% y el restante 19.5% están localizados en las cuencas del Valle Inferior del Magdalena, Valle Medio, Valle Superior, cordillera oriental y zona del Catatumbo¹⁰.

De esta manera las reservas probables se ubican en los Llanos Orientales y el Valle Inferior del Magdalena, con una participación de 37% y 34%, respectivamente. Finalmente, el 58% de las reservas posibles se encuentran en el Valle Inferior del Magdalena, el 18% en el Valle Medio del Magdalena y el 15% en la cuenca de los Llanos Orientales¹¹.

Gráfica 3. Evolución y proyección de las reservas de gas natural, sin considerar nuevos descubrimientos.



Fuente: ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos). Cálculos: UPME.

1.1.2 Producción.

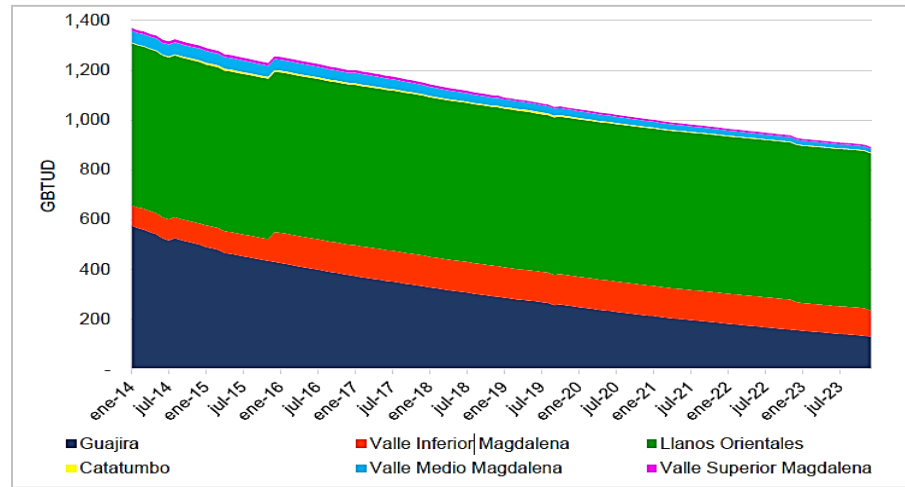
Por otra parte la máxima producción nacional se presentó en enero de 2014 con volumen de 1.360 GBTUD y con la participación estable de Cusiana, de Cupiagua y Gibraltar. Mientras que los campos de la cuenca de Los Llanos registran una participación relativa de 36% al iniciar el período y finalizan con 51%. Así mismo, el Valle Inferior comienza a mostrar una mayor participación en el suministro, por la cantidad de campos menores presentes en el reporte al Ministerio.¹²

¹⁰ UPME. Plan indicativo de abastecimiento de gas natural. Subdirección de Hidrocarburos. Versión marzo de 2015 p52-56.

¹¹ UPME. Plan indicativo de abastecimiento de gas natural. Subdirección de Hidrocarburos. Versión marzo de 2015 p52.

¹² UPME. Plan indicativo de abastecimiento de gas natural. Subdirección de Hidrocarburos. Versión marzo de 2015 p56-59.

Gráfica 4. Declaración de producción de gas natural por cuencas-2014



Fuente: MinMinas. Cálculos: UPME

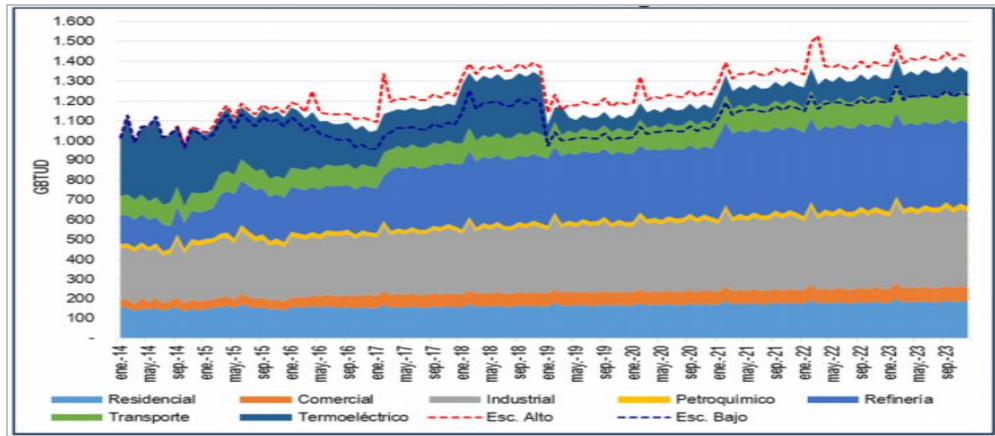
En el año 2014 el potencial promedio de producción de gas natural fue de 1.331 GBTUD, pese a la proximidad del máximo que se acercó a los 1.400 GBTUD. Los campos de producción de Guajira participaron en promedio con un 40% del total nacional, equivalente a 553 GBTUD, en tanto que Cusiana – Cupiagua aportaron en promedio 480 GBTUD, correspondiente al 36%. Al final del periodo de análisis, año 2023, la relación de oferta se transforma y los campos de Guajira contribuyen con 16% del total, en tanto que Cusiana y Cupiagua registran una participación de 51%¹³.

1.1.3 Demanda.

De acuerdo con la UPME para el escenario medio se mantendrá un aumento 3.03% anual observando que los cambios significativos se concentran en sectores termoeléctrico, refinera e industrial; por otra parte los sectores residencial, comercial, petroquímico y de transporte mantienen cambios moderados.

¹³ UPME. Plan indicativo de abastecimiento de gas natural. Subdirección de Hidrocarburos. Versión marzo de 2015 p56-57.

Gráfica 5. Escenarios de demanda de gas natural.

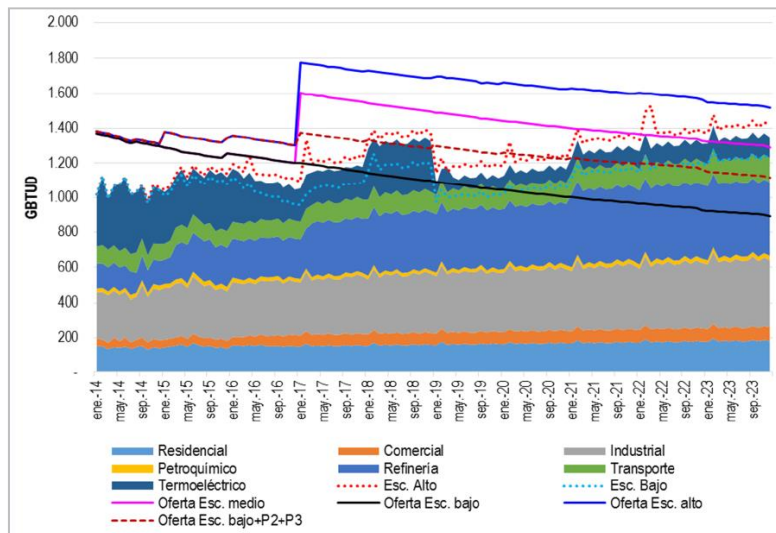


Fuente: UPME.

1.1.4 Balance.

Para un escenario medio con la adopción de planta de regasificación proyectada por la UPME un desabastecimiento para el año 2022, lo cual significa un reto para la industria a fin de mantener el equilibrio entre oferta y demanda en donde se tendrán que plantear normatividad que siga garantizando el abastecimiento¹⁴.

Gráfica 6. Balance de gas natural interior con oferta adicional desde la planta de regasificación.



Fuente: UPME

¹⁴ UPME. Balance de gas natural en Colombia. Unidad de Planeación Minero Energética. Versión febrero de 2015-2023. p1-29.

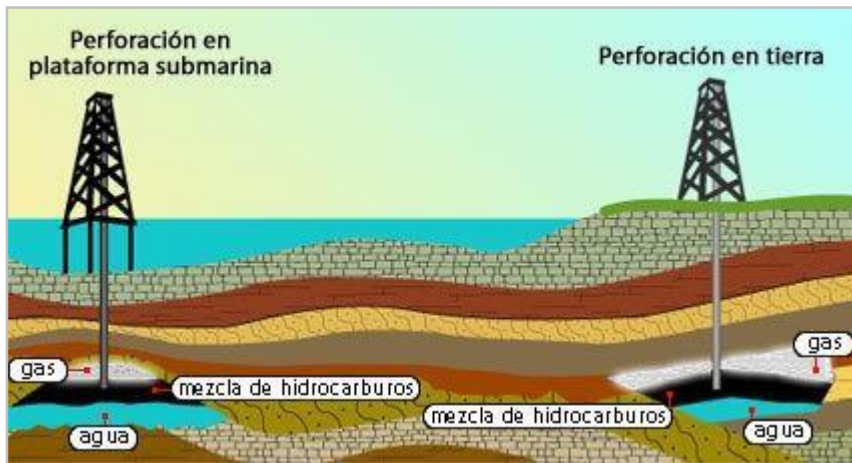
1.2 EL RECORRIDO DEL GAS NATURAL

El gas natural se encuentra en los yacimientos en dos posibles estados, asociado y no asociado o libre, el primero hace referencia a la mezcla del gas natural con el petróleo, ya sea directamente o como una capa sobre el petróleo, el segundo indica que en el yacimiento solo se encuentra gas natural¹⁵. De esta manera para iniciar el proceso de extracción se hace necesario llevarlo hasta los centros de consumo iniciando la cadena del gas natural con la explotación, seguido del transporte y culminando en la distribución; convirtiéndose en un sistema que debe funcionar como un engranaje a fin de hacer posible su producción comercial¹⁶.

1.2.1 Exploración y explotación.

Los avances en ingeniería permiten evaluar las condiciones geográficas y determinar las áreas de exploración con alta probabilidad de existencia de bolsas de gas natural con lo que se inicia la fase de evaluación financiera que permite definir si es o no viable la explotación de acuerdo a la reserva que se logre probar, la calidad de gas y la infraestructura requerida para llevar el gas a los centros de consumo. Definida la viabilidad se culmina la etapa de exploración y se da paso a la extracción propiamente dicha¹⁷.

Gráfica 7. Diagrama de extracción de gas natural



Fuente: glogster.com/mariacruzromero/petroleo-y-gas

En los yacimientos la composición, la gravedad específica, el peso molecular y el poder calorífico son distintos, el rango de variación del poder calorífico oscila entre

¹⁵ PARRA. Enrique. PETROLEO Y GAS NATURAL: INDUSTRIA MERCADOS Y PRECIOS. España: Akal, 2003. 327 p.

¹⁶ MUÑOZ. Samuel. FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA DE YACIMIENTOS DE GAS. Colombia. Especialización de Ingeniería del Gas. 2013. P. 38-45.

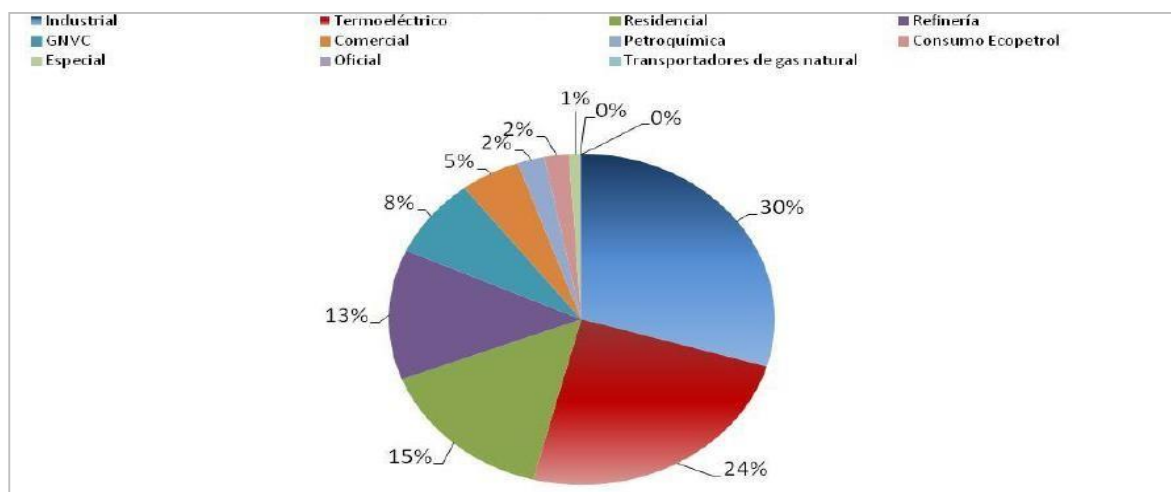
¹⁷ MUÑOZ. Samuel. FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA DE YACIMIENTOS DE GAS. Colombia. Especialización de Ingeniería del Gas. 2013. P. 30-45.

900-1400 BTU/PC. De esta manera dando continuidad al proceso de extracción luego de contar con el gas en la superficie se diseñan las facilidades requeridas para el cumplimiento normativo que aplique a la región donde se realiza la extracción¹⁸.

1.3 APLICACIÓN DEL GAS NATURAL POR SECTORES EN COLOMBIA.

La mayor demanda del gas Natural, se presenta en el interior del país con 440 GBTUD, La Costa Atlántica con 430 GBTUD y otras zonas aisladas con 20 GBTUD. El sector Industrial y el del GNVC constituyen el mayor porcentaje de esta demanda con un 30%, El termoeléctrico y comercial con un 24%, el Residencial con un 15% y el de Petroquímica, Transportadores de gas natural, refinería y consumo de Ecopetrol con un 31%.

Gráfica 8. Participación de la demanda



Fuente: Cnogas.

Siguiendo con la tendencia de los últimos años, y como resultado de la masificación y penetración del Gas Natural en el interior del país, los sectores doméstico e industrial han continuado presentando tendencias crecientes.

De acuerdo al análisis de Oferta y Demanda de Gas Natural en Colombia para mediano y largo plazo hecho en el 2013 por la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, dividió la demanda nacional por regiones para lo cual, empleando un sistema de información geo-referenciada, se asignaron los departamentos por zona de influencia del gasoducto troncal e incluyó análisis de los sectores Residencial, Comercial, Industrial, Eléctrico, Petroquímico, GNV (gas

18 MUÑOZ. Samuel. FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA DE YACIMIENTOS DE GAS. Colombia. Especialización de Ingeniería del Gas. 2013. P. 38-45.

natural vehicular) y Ecopetrol que a su vez considera gas para refinería. Igualmente se agrega los volúmenes de Exportación comprometidos con Venezuela¹⁹.

1.3.1 Sector residencial o domiciliario.

Corresponde a personas naturales o jurídicas que usan los servicios públicos domiciliarios para las actividades necesarias de los hogares y núcleos familiares, denotando un consumo básico de subsistencia de 20 mts³.²⁰

Se estima la demanda del sector residencial con modelos analíticos que proyectan la demanda natural a partir de la cobertura actual, el consumo promedio y los nuevos municipios con potencial a conectarse, alcanzando de esta manera los consumos a escala departamental por tipo de usuario.

1.3.2 Sector Comercial.

Corresponde a los establecimientos que presentan un consumo superior al residencial y hasta un máximo de 30 m³/hora. Este sector está representado en su mayoría por restaurantes, panaderías y locales de comidas rápidas. Se considera que esta actividad está ligada al crecimiento del sector residencial, el cual indican los resultados que este tiene una tasa de crecimiento promedio anual del 1.1% en el escenario medio, cuya demanda actual está en 62 GBTUD, esperándose para el año 2022 una demanda de 67 GBTUD²¹.

1.3.3 Sector Industrial.

Concierne a las empresas que poseen un consumo superior al comercial y sin un tope máximo del mismo. Este sector está representado por la industria papelera, alimenticia, química, vidrios, grasas y de llantas, principalmente. El sector está dividido en regulados (empresas que consuman hasta 300.000 pie³/día (8.500 m³/día)) y que sólo pueden ser atendidas por GAS E.S.P. hasta el 31 de diciembre de 2004, a partir de allí el rango baja a 100.000 pie³/día (2.830 m³/día). Las empresas no reguladas son aquellas que presentan consumos por encima de los valores establecidos anteriormente²².

Para determinar la demanda futura del gas natural en el sector industrial, se simuló por parte de la UPME el comportamiento de los usuarios industriales en relación a sus decisiones de usar gas natural u otro energético, dependiendo esto de los costos operativos y de inversión. Para el estimado la UPME tomó las expectativas de crecimiento del PIB y teniendo en cuenta en escenario medio que muestran unas

¹⁹ <http://www.superservicios.gov.co/content/download/4717/45522/file/Glosario-general-jul-14.pdf>.

¹⁶⁻²¹ GUERRERO. Fernando, LLANO. Antonio. Gas Natural en Colombia-GAS e.s.p. Cali. Colombia. Estudios gerenciales. 2003. 21-25 p.

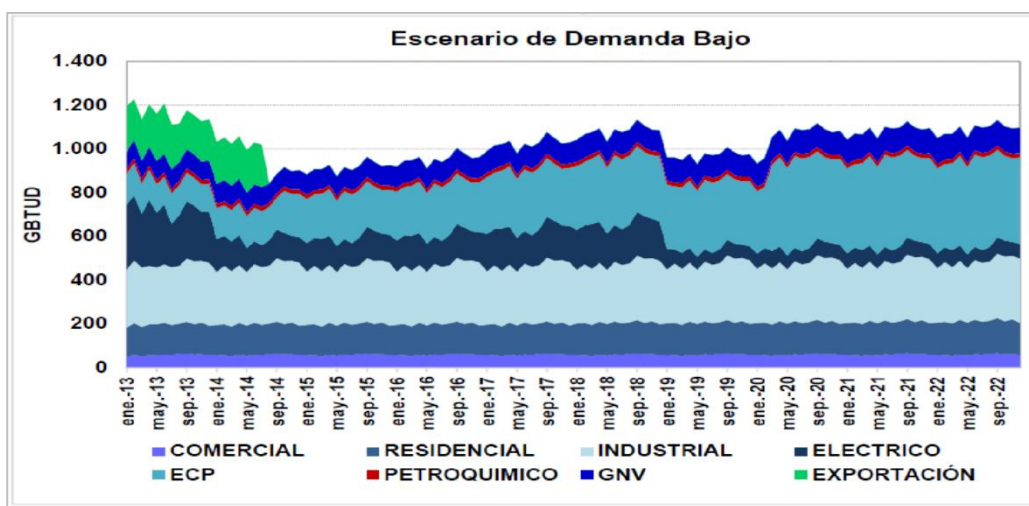
²² GUERRERO. Fernando, LLANO. Antonio. Gas Natural en Colombia-GAS e.s.p. Cali. Colombia. Estudios gerenciales. 2003. 26 p.

tendencias continuas de crecimiento anual promedio de 2.1%, con una demanda actual de 280 GBTUD, esperando para el año 2022 tener una demanda de 320 GBTUD²³.

1.3.4 Otros Sectores (GNV, ECP, Petroquímico, Eléctrico y Exportación).

La demanda actual de los sectores de GNV, ECP, Petroquímico, Eléctrico y Exportación equivale a 360 GBTUD y con una proyección promedio anual en el caso medio de 26%, esperando tener para el año 2022 una demanda de 500 GBTUD.

Gráfica 9. Escenario de demanda bajo.



Fuente: UPME- Unidad de Planeación Minero Energética.

1.4 GAS NATURAL COMO SERVICIO PÚBLICO

Según la ley 142 de 1994. El servicio público domiciliario de gas combustible. “Es el conjunto de actividades ordenadas a la distribución de gas combustible, por tubería u otro medio, desde un sitio de acopio de grandes volúmenes o desde un gasoducto central hasta la instalación de un consumidor final, incluyendo su conexión y medición. También se aplicará esta Ley a las actividades complementarias de comercialización desde la producción y transporte de gas por un gasoducto principal, o por otros medios, desde el sitio de generación hasta aquel en donde se conecte a una red secundaria”²⁴. El Servicio Público de Gas Combustible domiciliario es un servicio público esencial para la comunidad.

²³ UPME. Balance de gas natural en Colombia 2015-2024. Versión agosto de 2015 p1-26.

²⁴ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA Ley 142. (11, Julio, 1994). Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D.C., 1994. Art. 14, núm. 14.28.

Las Leyes 142 y 143 de 1994 en desarrollo de los preceptos constitucionales buscan crear competencia en la prestación de los servicios públicos domiciliarios (SPD); crear condiciones adecuadas para que las empresas que los suministran puedan operar en un ambiente de eficiencia; promover la inversión y gestión del sector privado con el fin de fortalecer la competencia y estimular la incorporación de nuevas fuentes de capital en las actividades sectoriales.

De igual manera pretenden permitir el libre acceso a las redes de distribución; regular las actividades monopólicas con el objeto de evitar abusos y proteger al usuario; racionalizar el régimen tarifario; garantizar la administración transparente y adecuada de los subsidios; ejercer vigilancia y control estatal para garantizar el respeto a las leyes y normas; asegurar la buena gestión de las empresas prestadoras de los servicios públicos e impedir las prácticas restrictivas a la libre competencia.

Para tal fin, en 1994, la aprobación de la Ley 142 educa e inicia el camino para el establecimiento e implementación de la política pública de regulación definiendo qué espacio concierne a cada SPD (acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, TPBC, telefonía local móvil en el sector rural) y los diferentes modelos tarifarios para cada uno de estos servicios. Dentro de las cinco fases de la política pública, el diseño de una estación descompresora de gas para el Municipio de San Luis de Gaceno, se ubica en las fases de “Identificación de un problema” y la de “Formulación de Soluciones” (Jones, 1970)²⁵.

Gráfica 10. Cadena de prestación del servicio de Gas Natural Comprimido (GNC)



Fuente: UPME- ALCANOS del Huila- FENOSA.

²⁵ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA Ley 142. (11, Julio, 1994). Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D.C., 1994. Art. 14, núm. 14.28.

2 ¿QUÉ ES EL GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC)?

En sectores donde las características de demanda, infraestructura y distancia no permiten la viabilidad de un gasoducto convencional se considera la alternativa de adoptar el modelo de gas virtual o GNC, el cual combinando altas tecnologías de compresión, transporte y descompresión de gas natural desarrolla un sistema modular para su abastecimiento por vía terrestre a diferentes ciudades, municipios y sectores de forma rápida y económica²⁶.

Según la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) por resolución número 018 del 22 de junio de 1995 se definió el GNC como “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”.²⁷ El GNC es almacenado a altas presiones habitualmente entre 200 y 250 bar de acuerdo a la norma colombiana, es un combustible para uso industrial y vehicular, el cual debido a su rentabilidad y pureza ambiental es considerado la mejor alternativa sustentable para la sustitución de combustibles líquidos.²⁸

2.1 ESTACIÓN DESCOMPRESORA

En la actualidad el gas Virtual, revoluciona el negocio de distribución y venta del gas natural, por cuanto elimina todas las limitaciones de la construcción de grandes gasoductos y se constituye como una solución firme a las necesidades de los pueblos o regiones apartadas, abasteciendo el gas natural por carretera, haciendo finalmente que el usuario reciba el suministro del gas natural como si el gasoducto existiera y sin que la inversión sea alta.

La estación de almacenamiento y descompresión de gas natural comprimido (sustituye a la estación de city gate y a la estación de almacenamiento de GLP) esta tiene como función bajar la presión de 3000 psi en los cilindros de 60 psi, presión requerida para el nodo fuente de la red de distribución. En su constitución cuenta con baterías de cilindros y una estación de regulación con sistema de calentamiento incluido, para evitar el congelamiento de la tubería por efecto de la caída de alta presión.

La distribución del gas natural comprimido se basa en tres etapas principales, como son:

²⁶ CEBALLOS, Omar. Samuel. Propuesta de solución al problema de suministro de gas natural. Trabajo de posgrado especialización en gerencia de producción y operaciones. Colombia. Universidad de la Sabana 2012. P. 27-39.

²⁷ <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1995-CRG95039>

²⁸ ESCOBAR, Diego. OROZCO, Francisco J. ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD APLICADO A LA DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL COMPRIMIDO. Revista de Ingeniería, núm. 37, julio-diciembre, 2012, pp. 19-25 Universidad de Los Andes Bogotá, Colombia.

2.1.1 Compresión.

Esta etapa se lleva a cabo en las estaciones de GNC, las cuales tienen como objeto tomar el gas de las líneas troncales de acero, estabilizarlo y conducirlo hasta los 3600 psi en la unidad de almacenamiento, para remitirlo a 3000 psi en las correspondientes baterías de almacenamiento y de esta manera proceder al transporte de GNC²⁹.

2.1.2 Transporte y almacenamiento.

En Colombia a la fecha se usan principalmente dos sistemas de transporte, redes de conducción donde el gas natural es transportado a presiones que llegan a las 1200psi y configuran el “sistema nacional de transporte de gas natural”; el segundo sistema corresponde a el transporte de gas comprimido a presiones que alcanzan las 3600psi y se disponen en camiones para su transporte terrestre³⁰.

Para el transporte de GNC se utilizan cilindros de alta resistencia, sin costura y diseñados específicamente para una presión mínima de operación a 3000 psi. Estos cilindros de almacenamientos se transportan desde la estación de compresión y carga hasta su destino en camiones tractores con tráiler que cumplen el diseño y garantía de transporte seguro³¹.

2.1.3 Descompresión y Distribución.

Para dar utilidad al poder calorífico del gas natural es necesario sustraerlo de los sistemas de transporte y regularlo acorde a los requerimientos normativos y de cada usuario sea industrial, comercial o residencial. En el área de destino se debe contar con una estación de almacenamiento y descompresión de GNC, la cual tiene como función bajar la presión de 3000 psi (en los cilindros) a 60 psi, presión requerida en el nodo fuente de la red de distribución. Finalmente se procede a la distribución a través de redes específicas para GN³².

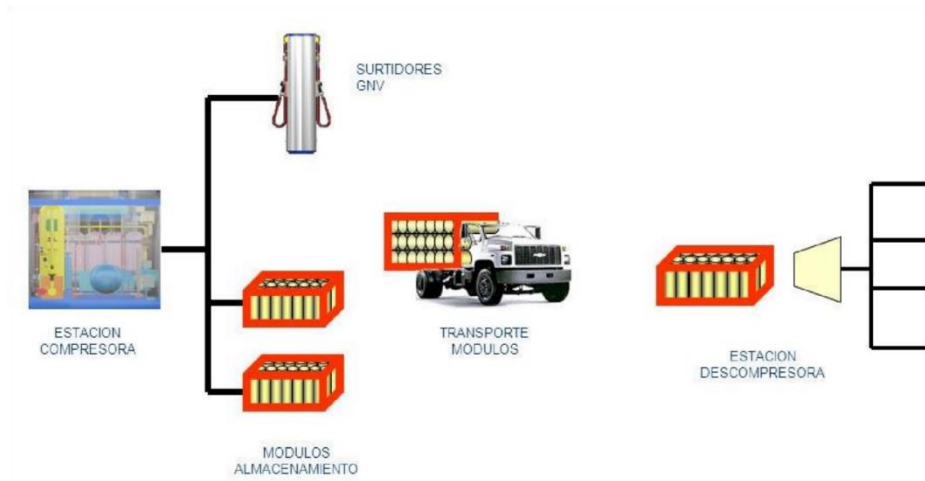
²⁹ MATEUS, Henry. Proyecto de masificación del gas natural domiciliario para algunos municipios del sur de Santander. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Universidad Industrial de Santander. Colombia. 2004. P 50-75.

³⁰ UPME-MinMinas. CADENA DEL GAS LICUADO DE PETROLEO. Colombia. Versión diciembre de 2013. P 25-54.

³¹ MATEUS, Henry. Proyecto de masificación del gas natural domiciliario para algunos municipios del sur de Santander. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Universidad Industrial de Santander. Colombia. 2004. P 50-75.

³² MATEUS, Henry. Proyecto de masificación del gas natural domiciliario para algunos municipios del sur de Santander. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Universidad Industrial de Santander. Colombia. 2004. P 50-75

Gráfica 11. Esquema de distribución para Gas virtual.



Fuente: Osinergmin

2.2 COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN DESCOMPRESORA

Los principales componentes de una estación descompresora son³³:

2.2.1 Módulo de almacenamiento fijo o intercambiable.

Su principal función es almacenar el GNC y está compuesta por cilindros de alta resistencia en posición vertical, con un panel de prioridad que maneja su funcionamiento, la presión de operación de 250 BAR (3600 psi).

Gráfica 12. Batería de cilindros de GNC



Fuente: Alcanos de Huila

³³ TALAVERA HERRERA, Hugo, "El gas natural sin Gasoductos en cualquier lugar", Frase de NEOGAS en Brasil. 24 de octubre de 2012.

2.2.2 Filtros.

Están constituidos por papel celulósico plisado, impregnado con resina fenólica o malla de acero inoxidable y permiten obtener retenciones de partículas sólidas desde los 0,3 micrones.³⁴

Gráfica 13. Filtro



Fuente: Pietro Fiorentini. http://www.fiorentini.com/media/files/690_332_filtri.pdf

2.2.3 Calentador.

Los Calentadores Garantizan que la temperatura de la corriente de gas no permita que se presenten bloqueos en los sistemas o fallas en el funcionamiento de los equipos conectados.

Gráfica 14. Calentador



Fuente: <http://businessnews.com.ng/business/releases/>

2.2.4 Reguladores de presión.

Están diseñados para tolerar presiones de entrada de hasta 10,000 psi y reducir hasta 250 psi.

³⁴ Pietro Fiorentini. http://www.fiorentini.com/media/files/690_332_filtri.pdf

Gráfica 15. Regulador de presión.



Fuente: Pietro Fiorentini. <http://www.fiorentini.com/ww/es/product/components/pilot-operated-pressure-regulators/reflux819>

2.2.5 Tuberías de interconexión.

Empalme de la estación descompresora a la red de distribución para suministrar gas natural a 4 Bar. E implementar un sistema de parada de emergencia.³⁵

Gráfica 16. Válvulas de bloqueo y de seguridad



Fuente: OSINERGMIN

2.2.6 Medidor.

Tiene como función determinar cuánto gas se está distribuyendo a la población, para determinar el consumo.

³⁵ BENJUMEA CANO, Walter Eusebio, Trabajo de Investigación llamado “Análisis de factibilidad técnico Económica y Diseño de la red de gas domiciliario en el municipio de Chinácota (Norte de Santander)”. Universidad Industrial de Santander. 2007.

Gráfica 17. Medidor



Fuente: <https://www.itron.com/Pages/localization.html>

Las principales razones para considerar como óptima alternativa el gas Natural Comprimido GNC, para implementarlo como combustible en las redes de gas natural domiciliario en aquellos municipios donde no llega el gasoducto, son:

- Impacto Social
- Simplicidad Técnica en el proyecto de diseño de estaciones descompresoras
- Transporte fácil y seguros en Cilindros
- Existencia de Estaciones compresoras en Bogotá, Bucaramanga y la Costa.
- Ambiente limpio
- Abundancia del recurso
- Economía
- Altos índices de seguridad, siendo el gas natural, más seguro que la gasolina.

Las experiencias en Colombia, muestran un excelente resultado de su implementación, como lo son los casos de 14 poblaciones del departamento del Huila que atreves de la empresa Alcanos de Colombia y sus dos estaciones en Neiva y Hobo, llevan el Gas natural Comprimido a estas poblaciones.

2.3 SEGURIDAD EN EL USO DEL GAS NATURAL

La seguridad como factor determinante está encaminada a garantizar la vida de las personas que trabajan en la estación descompresora, así como los habitantes que se encuentran cerca, por ende se hace necesaria la implementación de los requisitos de la NTC 5897 la cual tiene como objeto “establece los requisitos mínimos para el diseño, construcción, pruebas y puesta en servicio, de las instalaciones pertenecientes a las estaciones de carga y descarga de gas natural comprimido (GNC) que se abastece por vía terrestre”³⁶.

³⁶ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Estaciones de carga y descarga de gas natural comprimido. NTC-5897. Bogotá D.C.: El Instituto, 2011. 1 p.

Los siguientes artículos, ítems y numerales definen los principales requerimientos para el abastecimiento de GNC tomado directamente de la norma NTC 5897.³⁷

2.3.1 Área de la estación.

- ✓ Identificación de áreas: se debe elegir un área para ubicar la estación no debe ser inundable y debe comprender:
 - a) Plataforma de descarga
 - b) Válvula de bloqueo y de seguridad
 - c) Circuito eléctrico (iluminación y potencia).
 - d) Protección contra la corrosión, puesta a tierra y protección contra descargas atmosféricas.

Tabla 1. Distancias de seguridad.

Distancia horizontal mínima	Metros
Punto de llenado y almacenamiento a cualquier surtidor de gas o líquido	15
Punto de llenado y almacenamiento a la vivienda más cercana	15
Punto de llenado, compresor y almacenamiento a la proyección de líneas eléctricas aéreas de alta tensión	15
Punto de llenado, compresor y almacenamiento a vía férrea más cercana	15
Punto de llenado, compresor y almacenamiento al borde de la vía pública más cercana	15
Punto de llenado, compresor y almacenamiento a tanques de combustible líquido enterrados	6,1
<p>NOTA Dentro de las zonas de seguridad no se deben almacenar materiales inflamables de ninguna naturaleza y debe estar en todo momento prohibido fumar o efectuar cualquier acción que pueda ocasionar fuego.</p> <p>Las distancias podrán reducirse hasta mínimo 3m mediante la interposición de un muro de concreto reforzado con una resistencia al fuego mínima de 2h, de altura superior a equipo en cuestión y nunca inferior a 2m, y longitud no inferior a 1 m por cada lado del equipo.</p>	

Fuente: NTC. 5897

- ✓ 4.1.4 Terreno: Las estaciones deben instalarse en terrenos amplios y no inundables o deben ser protegidas por terraplenes u otros medios de control de las inundaciones, no deben poseer desniveles importantes. Las superficies previstas del terreno utilizable debe ser amplia para los espacios de seguridad de todas las instalaciones, y en el caso en que el diseño original esté prevista una futura ampliación, se debe prever la superficie necesaria de manera que incluya sus espacios de seguridad propios y que no invada los de las instalaciones preexistentes.

³⁷ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Estaciones de carga y descarga de gas natural comprimido. NTC-5897. Bogotá D.C.: El Instituto, 2011. 1- p.

- ✓ 4.1.5 Drenaje: Se debe prever el drenaje y desagüe de las aguas pluviales en la estación.
- ✓ 4.1.6 Cerco perimetral: Las áreas de carga y descarga de las estaciones deben tener un cerramiento permanente para prevenir el ingreso de terceros no autorizados.

2.3.2 Para la operación³⁸.

- ✓ 4.1.7. Elementos riesgosos: son aquellos que presenten peligro de explosión o de incendio en las condiciones normales de funcionamiento, o que pueden provocarlo. Dentro del predio de la estación no deben existir materiales fácilmente inflamables tales como malezas, hierbas secas, etc., se debe mantener en todo momento los pastos cortados al ras, y además observar estrictamente lo señalado a continuación:
 - ✓ 4.1.7.1 Los recipientes aéreos de almacenamiento requieren protección contra descargas atmosféricas y deben contar con una puesta a tierra cuya resistencia no debe ser superior a 5Ω .
 - ✓ 4.1.7.2 Se debe verificar la correcta protección catódica en caso de detectarse corrientes parásitas, que podrían causar una ignición como consecuencia de la electrólisis producida.
 - ✓ 4.1.7.3 No deben permitirse dentro de las áreas específicas, llamas abiertas, soldaduras, cortadora, herramientas eléctricas portátiles y extensiones de iluminación, capaces de provocar la ignición del gas, a menos que en dichas instalaciones se adopten precauciones especiales bajo condiciones cuidadosamente controladas.
 - ✓ De ser necesario efectuar actividades peligrosas, como por ejemplo soldaduras, se deben tomar todas las precauciones que correspondan.
 - ✓ 4.1.7.4 Debe regir la prohibición de fumar en la proximidad de las instalaciones de gas (ver distancias a fuego abierto), lo mismo que efectuar otras actividades peligrosas. A tal efecto, se deben colocar en distintos puntos de la estación, carteles en cantidad suficiente para cubrir las áreas peligrosas.
- ✓ 4.1.8 Sistema de venteo

³⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Estaciones de carga y descarga de gas natural comprimido. NTC-5897. Bogotá D.C.: El Instituto, 2011. 1 -30p.

- ✓ 4.1.8.1 Toda estación de carga y descarga debe contar con una línea fija para venteo general de las instalaciones fijas de la estación.
- ✓ 4.1.8.2 las líneas de venteo deben tener mínimo 3m de altura al aire libre. El venteo se debe conducir a una zona al aire libre y, como mínimo, a más de 1m de altura de cualquier edificio ubicado en un radio de 5m.
- ✓ No debe existir, en su recorrido, ningún obstáculo que intercepte el paso del gas. Las tuberías de venteo deben ser del material adecuado a las condiciones expuestas.
- ✓ 4.1.8.3 La sección de las tuberías debe tener dimensiones que permitan evacuar el máximo caudal en las condiciones más desfavorables previstas, teniendo en cuenta el nivel sonoro admitido; y deben disponer de la protección conveniente contra agentes externos y obstrucciones.
- ✓ 4.1.8.4 Se debe instalar los sistemas de venteo de la estación de forma tal que correspondan al diseño de la estación y que permitan evacuar el máximo caudal en las condiciones más desfavorables previstas. Todos los circuitos de venteo se deben calcular de acuerdo con la norma API RP 520 y 521, última edición o el código ASME sección VIII División 1.
- ✓ 4.3 Equipos contra incendio
 - ✓ 4.3.1 Se debe disponer de extintores tipo CO2 cerca de los tableros eléctricos.
 - ✓ 4.3.2 Se deben instalar extintores tipo ABC o BC de polvo químico presurizado, de 10kg así: uno por cada compresor, uno en la zona de regulación y medición, uno por cada punto de carga o descarga y uno en la zona de almacenamiento de gas por cada 2 000 L de capacidad almacenada en agua.
 - ✓ En estaciones con más de 4 000 L de capacidad almacenada en agua, se debe disponer de un extintor rodante, triclase, de polvo químico presurizado, que tenga una capacidad mínima de 70 kg. Este extintor debe estar ubicado en un costado de la construcción destinada a las oficinas de administración de la estación.
 - ✓ 4.3.3 Los extintores portátiles deben estar contruidos e instalados de acuerdo con la NTC 2885. Los que estén ubicados a la intemperie deben estar protegidos por una funda de tela impermeable o similar. No se permite la ubicación de extintores portátiles sobre el terreno natural.
 - ✓ 4.3.4 Se permite el uso de sistemas de extinción automática, accionados por detectores de llama, humo, temperatura, etc., pulsadores manuales en los

recintos de compresores, puente de regulación y medición, cuarto de control para el compresor y otros lugares que se considere necesario su empleo.

- ✓ 4.3.5. De acuerdo con las características propias de su construcción, toda estación de carga o de descarga debe contar con un plan de contingencia para atención de emergencias, el cual debe ser conocido y puesto en práctica por la totalidad del personal involucrado en este trabajo.
- ✓ 4.3.6. La estación de carga o de descarga debe contar con información, capacitación y entrenamiento para todo el personal de la estación sobre el plan de contingencia para atención de emergencias, indicando en el mismo las actividades pro realizar en caso de ocurrir una emergencia.
- ✓ 4.3.7. Los equipos de extinción de incendios deben ser revisados al menos una vez al año o de acuerdo con las recomendaciones del fabricante o distribuidor de los mismos, por personal calificado.
- ✓ 4.4. Odorización. Antes de la carga el gas natural debe estar odorizado, su índice de odorización debe cumplir con lo establecido en el reglamento vigente y debería verificarse según los lineamientos definidos en la GTC 98. NOTA el índice de odorización establecido por la resolución CREG N° 100 de 2003 “Por el cual se adoptan los estándares de calidad en el servicio público domiciliarios de gas natural y GLP en Sistemas de Distribución por redes de tubería”
- ✓ 5.4 Puesta en servicio. La operación de puesta en servicio debe contemplar la limpieza interior de todas las partes de la instalación, una vez realizada todas las pruebas establecidas en los numerales 5.1, 5.2, y 5.3 y la limpieza de la instalación, se debe comprobar el correcto funcionamiento de todos los sistemas de seguridad y ventilación.

Una vez realizada la puesta en gas de la instalación, se debe verificar la ausencia de fugas de la misma completamente ensamblada y lista para funcionar con gas³⁹.

³⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Estaciones de carga y descarga de gas natural comprimido. NTC-5897. Bogotá D.C.: El Instituto, 2011. 1 -30p.

3 GAS NATURAL EN BOYACA

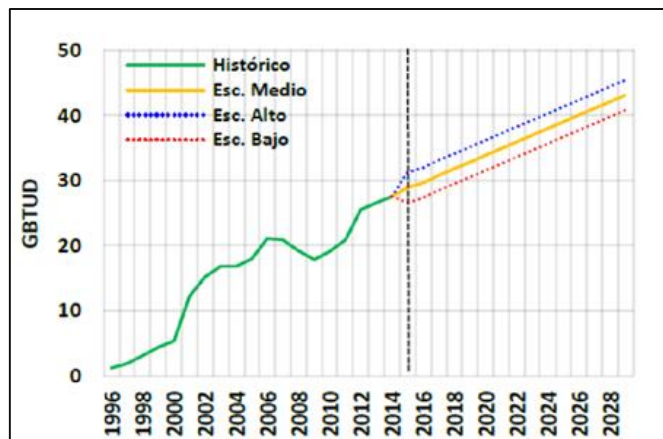
Cerca de cien mil hogares boyacenses en 38 municipios cuentan con el servicio de gas natural domiciliario.

En Boyacá, en el año 2009 se inició el proyecto de construcción de la red de gas natural en cinco municipios de la provincia del valle de Tenza (Garagoa, Tenza, Sutatenza, Guateque y la Capilla, con una inversión de 18,393 millones de pesos, los cuales el Fondo Nacional de Regalías aportó 7.994 millones de pesos y el resto, 10.399 millones, lo cofinanció la empresa Publiservicios S.A. La primera fase de este proyecto consistió en la construcción de la red desde Miraflores hasta Garagoa y la segunda fase del proyecto la construcción de la red domiciliaria en los municipios de Garagoa, Tenza, la capilla, Sutatenza y Guateque y que beneficiaría a 7,247 usuarios en viviendas de estratos 1, 2, 3, y 4.

3.1 INCREMENTO DE LA DEMANDA EN BOYACÁ.

Colombia se divide en siete regiones geográficas, costa atlántica, noroeste, noreste, centro, Tolima grande, CQR y sur oeste, el departamento de Boyacá pertenece a la zona centro, el cual tiene la mayor participación en número de usuarios con el 35.6% y es la segunda zona con mayor demanda con el 24.3%, factores que indican participación activa en la utilidad del servicio público de gas natural.⁴⁰

Gráfica 18. Proyección de demanda de gas natural en Colombia- marzo 2015



Fuente: UPME con base en datos Concentra, CON-Gas, Ecopetrol y Dane 2015.

⁴⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Estaciones de carga y descarga de gas natural comprimido. NTC-5897. Bogotá D.C.: El Instituto, 2011. 1 -30p.

4 MUNICIPIO DE SAN LUIS DE GACENO

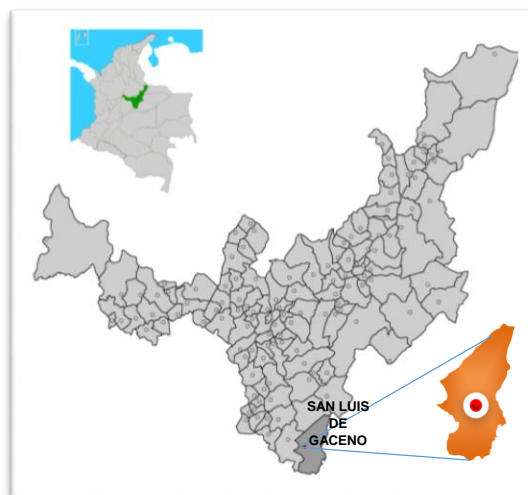
El municipio de San Luis de Gaceno, se localiza en la provincia de Neira, en la parte suroriental del departamento de Boyacá, sobre las estribaciones de la cordillera Oriental en el sector denominado Piedemonte Llanero; a una altura de 400 metros sobre el nivel del mar, limitando con el departamento de Casanare. La cabecera municipal está situada a 04° 49' 28" de latitud norte y 73° 10' 15" de longitud oeste, cuenta con una temperatura promedio de 24°C, su área aproximada es de 458.5 Km², y dista de la capital del Departamento a 135 Km⁴¹.

El total de la población según el censo del Dane en 2005 es de 6158⁴² y según el POT (Plan de Desarrollo 2012-2015) en el 2012 el total de habitantes es de 5468.

Su ubicación está establecida como municipio limítrofe de Boyacá que sirve como corredor vial, centro para transacciones comerciales entre Casanare (Monterrey, Villanueva, Yopal), Meta (Villavicencio), Cundinamarca (Bogotá) y Boyacá con los municipios de Santa María, Garagoa, Guateque y Tunja como capital del departamento.

El territorio de San Luis de Gaceno presenta un sector rural compuesto por 40 veredas (según IGAC), en una extensión planimétrica de 45.752,98 hectáreas (99.75% de su extensión territorial) y un sector urbano compuesto por 114,66 ha (0,25% de su extensión territorial)⁴³.

Gráfica 19. Localización del municipio beneficiario del proyecto



Fuente: Publiservicios S.A.E.S.P

⁴¹ http://www.sanluisdegaceno-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml. página oficial.

⁴² http://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/boyaca/san_luis_de_gaceno.pdf

⁴³ POT. Plan de Ordenamiento Territorial. *Tiempo de integración con visión de progreso* 2012-2015. Municipio de san luis de Gaceno-Boyacá. Pág. 28-50.

4.1 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS Y ATMOSFÉRICOS

4.1.1 Temperatura.

La temperatura media de la zona de desarrollo del proyecto es de 26°C; en los meses más cálidos, febrero y marzo, puede llegar a 28°C y en los meses más fríos, julio y agosto, baja hasta cerca de los 23°C; igualmente, durante el día ocurren variaciones, a veces bruscas, de temperatura. La presión atmosférica promedio es de 1014.

4.1.2 Altura.

La zona en la que se desarrolla el proyecto se encuentran en la curva de nivel 400 metros sobre el nivel del mar en el municipio de San Luis de Gaceno⁴⁴.

4.1.3 Precipitación.

Tiene que ver con la cantidad de agua que cae sobre el área y los tiempos en que ocurren variaciones. Teniendo en cuenta los diferentes análisis climatológicos y la información suministrada por el IDEAM, desde el año 1980 hasta el año 1999, de las estaciones en los meses menos lluviosos son de Diciembre a Marzo, siendo los meses más secos Diciembre y Enero con un promedio de 120 mm; los meses más lluviosos van de Junio a Agosto, teniendo valores de 468, 573 y 353 mm respectivamente⁴⁵.

El valor anual promedio de precipitación para San Luis de Gaceno es de 400 mm. Las zonas de vida principales corresponden a los bosques muy húmedos tropicales, muy húmedos premontanos y muy húmedo montano bajo.

Gráfica 2018. Precipitación anual Departamento de Boyacá



Fuente: Publiservicios S.A.E.S.P

⁴⁴ POT. Plan de Ordenamiento Territorial. *Tiempo de integración con visión de progreso 2012-2015*. Municipio de san luis de Gaceno-Boyacá. Pág. 28-50.

⁴⁵ http://www.sanluisdegaceno-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml. página oficial.

4.2 HIDROGRAFIA.

El municipio de San Luis de Gaceno posee un alto número de nacimientos de agua, y su territorio es atravesado por grandes caudales hídricos que representan algún tipo de abastecimiento importante como son los ríos Lengupá, Guavio y Upía, pero que tienen una utilización específica para la región que es alimentar la cuenca del Orinoco.

Dentro del municipio, las principales corrientes como Caño Tigre, Catatumbo, Pavas, Caño Grande, Caño Blanco, Caño Hondo, Amapola, Arenoso Maicena, El Chuy, Agua Buena, Pedregoso, Río Chiquito y quebradas como La Mona, Doradas, Carnicería, Yoteguengana, Palmareña, Choapalera, Reventonera, Moralera, La Quimba, La Agustinera, La Garrapatera, La Sardinata, El Toro, San Antonio, La Colorada y demás cuerpos de agua; estos se ven disminuidos en época de verano. El caudal medio de estos pequeños cauces superan los 12 lts/seg⁴⁶.

Gráfica 21. Río Lengupá



Fuente: http://www.sanluisdegaceno-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml. página oficial.

4.3 USOS DEL SUELO E INFRAESTRUCTURA PÚBLICA

La ocupación del suelo en el municipio de San Luis de Gaceno se define como la intensidad de ocupación por construcción del suelo; para el área urbana se establecen en 4 rangos de ocupación de los predios por manzanas así⁴⁷:

⁴⁶ POT. Plan de Ordenamiento Territorial. *Tiempo de integración con visión de progreso 2012-2015*. Municipio de san luis de Gaceno-Boyacá. Pág. 28-50.

⁴⁷ http://www.sanluisdegaceno-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml. página oficial.

Tabla 2. Inventario de Espacio Público, San Luis de Gaceno.

Rangos Según Ocupación del Suelo								
RANGO MANZANAS	% AREA OCUPADA MANZANA	VIVIENDAS	PREDIOS	% DEL TOTAL URBANO	ÁREA m ²	ÁREA CONSTRUIDA m ²	% ÁREA CONSTRUIDA	ÁREA CONSTRUIDA Ha
Rango 1	60 al 100%	23	26	2.89	8.401.6	5.390.82	6.5	0.54
Rango 2	40 al 60%	141	124	11.6	35.437.7	16.884.45	20.5	1.69
Rango 3	20 al 40%	318	331	33.3	124.045.7	36.647.65	44.5	3.66
Rango 4	< al 20 %	252	377	52.17	883.425.0	23.437.76	28.5	2.34
TOTAL	100	734	858	100	1.051.310.18	82.360.68	7.8	8.23

Fuente: EOT. San Luis de Gaceno.

La distribución del suelo urbano en lo relacionado con área construida se clasifica de la siguiente manera:

4.3.1 Institucional.

En el municipio hacen presencia instituciones como Telefónica-Telecom, Compartel, Claro, Registraduría Municipal del Estado Civil, Notaría, Juzgado Promiscuo Municipal, Emdisalud, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar - ICBF, Banco Agrario de Colombia y Empresa de Energía de Boyacá ESP⁴⁸.

4.3.2 Sector Salud.

La prestación de los servicios de salud en el municipio está a cargo de la ESE Hospital San Francisco que se transformó en Empresa Social del Estado, del orden departamental de Boyacá, mediante Acto Administrativo No.037 de 12 de Diciembre de 2006, institución de primer nivel, tipo C.

Según censo SISBEN, el 8.2% del total de la población se encuentra en el régimen contributivo, el 91.8% de dependen del régimen subsidiado, de los cuales el 63.1% pertenecen al estrato 1⁴⁹.

4.3.3 Sector Educación.

El municipio de San Luis de Gaceno, respecto a la cobertura educativa, cuenta con 1.500 habitantes entre los 5 a 17 años, variables que se tiene en cuenta en los diferentes niveles educativos. Respecto a la cobertura educativa, hay 1.408 niños y niñas matriculados en las instituciones y sedes educativas del municipio, de los cuales el 93% se encuentra vinculado al sistema educativo de educación formal, mientras que el 7%, equivalente a 92 niños, están fuera de éste.

⁴⁸ POT. Plan de Ordenamiento Territorial. *Tiempo de integración con visión de progreso 2012-2015*. Municipio de san luis de Gaceno-Boyacá. Pág. 42

⁴⁹ POT. Plan de Ordenamiento Territorial. *Tiempo de integración con visión de progreso 2012-2015*. Municipio de san luis de Gaceno-Boyacá. Pág. 45

Actualmente el municipio cuenta con 33 establecimientos educativos, distribuidos en cuatro (4) Instituciones Educativas denominados Colegios que tienen diferentes especialidades, los cuales a su vez tienen asignados veintinueve (29) sedes educativas restantes con dependencia administrativa de la sede central de la rectoría y estas a su vez con la Dirección de Núcleo Educativo. El 100% de estas instituciones y sedes educativas corresponde al sector Oficial y forman a 1408 estudiantes en los diferentes niveles del sistema educativo⁵⁰.

4.4 INFRAESTRUCTURA VIAL

Las vías departamentales o secundarias que comunican a este municipio, presenta taponamientos frecuentes en época de invierno por la falta de mantenimiento, obras de arte y deslizamientos por su difícil topografía.

Gráfica 22 Intervención de Vías Terciarias San Luis de Gaceno



Fuente: <http://www.sanluisdegaceno-boyaca.gov.co/index.shtml>.

4.4.1 Red Vial San Luis de Gaceno.

El sistema vial de San Luis de Gaceno está conformado por un sistema de vías nacionales, departamentales y locales y/o veredales, el cual es considerado como insuficiente, inestable y en regular estado de mantenimiento. Las vías principales de la red vial urbana actual son la carreras 5 (Avenida Guillermo Gaviria Correa) y la carrera 4 (avenida Duran Quintero) por las que se articula el mayor tránsito, el sector del centro urbano tiene una red vial en buen estado en pavimento rígido. Un 20% de la vías urbanas presenta deterioro marcado como consecuencia del impacto de las aguas lluvias, el tráfico pesado y en general, la carencia de recursos presupuestales para su mantenimiento.

En la malla vial urbana hay deficiencias en la señalización para el flujo vehicular y zonas de parqueo de automotores, trayendo como consecuencia la invasión de las calzadas y andenes, especialmente en los días de mercado.

⁵⁰ http://www.sanluisdegaceno-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml. página oficial.

La vía alterna al llano cubre al municipio en una longitud de 19,5 kilómetros, de los cuales 8,9 kilómetros se encuentran pavimentados y el resto se haya en mal estado. Es decir, del tramo San Luis de Gaceno - Puente de Piedra Campana de la vía alterna al llano fue beneficiada por el Plan 2500 en una longitud de 6,4 kilómetros de pavimentación quedando pendiente 1,1 kilómetros por incumplimiento de la compañía contratista; el segundo sector, San Luis de Gaceno hasta el corredor vial de la Frontera, equivalente a 12 kilómetros de los cuales 2,5 kilómetros están pavimentados (asfalto y cemento) y 9,5 kilómetros están en malas condiciones pero se encuentra contemplada en el proyecto de pavimentación del Plan de Desarrollo Nacional (Ley 1151 de 2006)⁵¹.

En cuanto a las vías terciarias, el municipio de San Luis de Gaceno, cuenta con un total de 300 kilómetros aproximadamente.

4.4.2 Servicio de acueducto.

En relación al sector de agua potable y saneamiento básico, el municipio es prestador directo de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en el área urbana a través de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos Domiciliarios. La Unidad tiene un manejo Presupuestal y Administrativo independiente, ya que cuenta con un presupuesto propio y tiene su contabilidad separada. Respecto a los niveles de cobertura en el área urbana se cuenta con un 99% del servicio de acueducto, 92% servicio de Alcantarillado y un 95% del servicio de Aseo⁵².

La infraestructura de captación y distribución de la Unidad Administrativa Especial de los Servicios Públicos está capacitada para suministrar 16 litros por segundo de agua potable, cubriendo actualmente a 766 viviendas de la demanda, del perímetro urbano, es decir con una cobertura del 91%.

4.4.3 Servicio de alcantarillado, recolección y disposición de basuras y energía eléctrica

a. Alcantarillado.

El servicio de Alcantarillado en el casco urbano cuenta con una cobertura del 92%, equivalente a 726 viviendas. Es de señalar que no se cuenta con ningún sistema de tratamiento para las aguas residuales y las redes no responden a un diseño técnico por la falta de el Plan Maestro del Alcantarillado; el mayor problema que presenta actualmente la red de alcantarillado sanitario es el mal manejo de las aguas lluvias, ya que no existe alcantarillado pluvial o independiente para su drenaje, lo cual hace que en las épocas de mayor ola invernal las redes se saturen, agotando su vida útil y, en últimas, generando un problema para el futuro tratamiento de las aguas residuales .

⁵¹ http://www.sanluisdegaceno-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml. página oficial.

⁵² POT. Plan de Ordenamiento Territorial. *Tiempo de integración con visión de progreso 2012-2015*. Municipio de san luis de Gaceno-Boyacá. Pág. 28-50

b. Servicio de Aseo.

Cuenta con una cobertura del 95% en el perímetro urbano y se presta el servicio por la misma Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos Domiciliarios, su funcionalidad se hace a través de 5 operarios y una volqueta quienes realizan la labor de recolección, selección y separación en la fuente, procesos que garantizan la disposición final en el relleno regional del municipio de Villanueva Casanare mediante convenio ínter administrativo.

c. Servicio Eléctrico.

Al municipio de San Luis de Gaceno le presta el servicio de suministro, administración y mantenimiento la Empresa de Energía de Boyacá SA EPS - EBSA y la Empresa de Energía de Casanare SA ESP - ENERCA, distribuidos así: ENERCA comercializa, administra y hace mantenimiento de la parte sur-oriental y suroccidental del municipio, es decir las veredas La Frontera, San José del Chuy, La Colonia, La Esperanza, Pensamiento, Santa Teresa, San Carlos del Guavio, Caño Tigre, La Mesa del Guavio, Monumento, Guamalito, Guamal, Horizontes; la EBSA atiende al resto de veredas y centro urbano. Al igual que en los demás servicios debido al crecimiento acelerado de la población, a la demora de la ampliación y remodelación de las redes eléctricas urbanas y a una deficiente planeación y optimización del servicio, se presenta un sistema saturado y con frecuentes cortes y caída de tensión trayendo como consecuencia daños en los electrodomésticos y en la prestación del servicio⁵³.

⁵³ POT. Plan de Ordenamiento Territorial. *Tiempo de integración con visión de progreso 2012-2015*. Municipio de san luis de Gaceno-Boyacá. Pág. 50

5. DISEÑO DE ESTACIÓN DESCOMPRESORA

Para el municipio de San Luis de Gaceno una estación descompresora y la distribución por redes de gas natural comprimido (GNC) es la forma más factible de distribuir gas combustible al municipio y sus usuarios residenciales, industriales, comerciales y oficiales. Entre las ventajas que tiene ésta forma de distribución de gas se encuentra la simplicidad técnica del proyecto, el transporte fácil y seguro del gas en cilindros capacitados para ello, y el beneficio en la calidad de vida de los habitantes de San Luis de Gaceno al tener acceso al servicio público de gas natural domiciliario sobre la tradicional distribución de cilindros de GLP, además de ser más económico y eficiente⁵⁴.

Financieramente, la conexión del municipio de San Luis de Gaceno al sistema de transporte de gas natural haría inviable la iniciativa de suministrar gas natural domiciliario en el municipio, debido al costo de transporte del gas por tubería, al menos para las condiciones de bajo consumo y larga distancia⁵⁵ que presenta San Luis de Gaceno.

Una estación de descompresión tiene por objeto reducir la presión a la que los cilindros de GNC son entregados en las estaciones compresoras, o puntos de acopio del gas, de 3600 a 60 psi. Una caída de presión de tal calibre licuaría el gas y congelaría la tubería, lo que la haría frágil. Para evitarlo, en la estación descompresora se debe calentar el gas para que al descomprimirlo siga siendo gaseoso⁵⁶. La descompresión debe hacerse en dos etapas, dado que para bajar la presión en un paso habría que subir demasiado la temperatura, lo que aumentaría el costo de los calentadores. La estación de descompresión debe destinar una zona de almacenamiento de los cilindros de GNC, un filtro de entrada, y un sistema de medición del gas consumido. Debe contar además con todas las reglamentaciones aplicables en la construcción y seguridad de la estación.

El alcance de las actividades en la ingeniería de detalle del presente proyecto comprende la revisión detallada de la ingeniería básica, la especificación técnica de equipos y materiales, especificaciones funcionales, listado y dimensionamiento de la tubería y accesorios, los planos en detalle de la estación en vista de planta, frontal e isométrica, y la simulación de las condiciones físicas del gas mediante análisis de condiciones PVT para la estación de descompresión de GNC para el municipio de San Luis de Gaceno.

⁵⁴ BENJUMEA CANO, Walter. Análisis de la factibilidad técnico-económica y diseño de la red de gas domiciliario en el municipio de Chinácota (Norte de Santander). Bucaramanga, 2007, 150 h. Trabajo de grado (Ingeniero de Petróleos). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Petroquímicas.

⁵⁵ Comisión de Regulación de Energía y Gas. Compresión y transporte de gas natural comprimido-GNC: Propuesta regulatoria para consulta. Bogotá: CREG, 2004, 29 h.

⁵⁶ BENJUMEA, Op. Cit, p X

5.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Las consideraciones y supuestos utilizados en el diseño de la estación descompresora de San Luis de Gaceno se especifican en éste numeral y los siguientes.

a. Capacidad de las instalaciones:

- La estación se diseñará para el flujo máximo a la mínima presión esperada en operación normal.
- Se considera que la capacidad del punto de conexión, es suficiente para suplir los requerimientos del consumo
- En la selección del sistema de filtración, calentamiento, regulación y medición de se consideró los flujos máximos y mínimos que manejarán, lo que garantiza una correcta operación en cualquier momento durante la vida del proyecto, dentro de éstos valores.
- Las instalaciones y sus componentes, estarán en capacidad de manejar en cualquier momento el flujo de diseño.
- Durante el diseño se tienen en cuenta las presiones de operación requeridas por las normas técnicas
- Estas presiones, expresadas en Psig (bar-g) se establecieron con una tolerancia de +/- 5%.
- Igualmente, en el establecimiento de la presión de diseño de la estación, para efecto de la selección de materiales se consideró la clase localidad (class-location) 4.

b. Presión de diseño

La presión de diseño para la tubería de acero de las estaciones se define como sigue:

$$P = \frac{2 * S * t}{D} * E * F * T$$

Donde:

P = Presión interna de diseño Psig.(bar-g)

D = Diámetro externo, Pulg, (cm)

S = Mínimo esfuerzo de cedencia especificado (Psi.)(1) (bar)

t = Espesor de Pared (Pulg)(2) (cm)

E = Eficiencia de la junta.(3)

F = Factor de Diseño.(4)

T = Factor de corrección por temperatura del gas. (5)

- Esfuerzo de cedencia (s): El esfuerzo de cedencia que se consideró, fue el establecido en la norma de fabricación de la tubería.

- Espesor nominal de pared (t): En la fórmula de presión, se usó el espesor de pared publicado en las especificaciones comerciales de la tubería.
- Factor de diseño (f): En la fórmula de diseño, se consideró el factor de diseño que cumple con la clase de localidad 4.
- Factor de unión longitudinal (e): El factor longitudinal usado fue 1.
- Factor de derateo por temperatura (t): Se usó 1.0 puesto que la temperatura máxima esperada del gas, será muy inferior a 250°F. (121°C).

Notas:

1. El valor de S depende del grado de la tubería, por ejemplo, para Tubería grado B, S=35.000 psi, para API X-42 será 42.000 Psi etc.
2. Esta fórmula no incluye ninguna tolerancia para corrosión, en la determinación del espesor de pared en esta ecuación.
3. Según el material usado se utilizará el factor definido en el código ASME B31.8, tabla 841.115^a.
4. El factor de diseño depende de la clasificación de la localidad con las excepciones establecidas por ASME B31.8
5. Este factor es 1.0 para temperaturas del gas inferiores a 250°F.

c. Selección de tuberías de conducción

La tubería que se use puede ser sin costura (seamless), con costura mediante arco sumergido (SAW), o por resistencia eléctrica (ER).

Dependiendo de los diámetros se usará tubería de especificación ASTM A106 Grado B ó API 5L.

La selección de tuberías (diámetro, espesor, clase y grado), se realizó de conformidad con los requisitos mínimos señalados en ASME B31.8.

d. Diámetros y espesores de las tuberías

Los espesores de cada diámetro se definieron usando la siguiente expresión:

$$D = \frac{2 * S * t * F * T * E}{P}$$

Donde:

P = presión de diseño, psig (bar-g)

D = diámetro exterior, pulg (cm)

S = mínimo esfuerzo de fluencia, psi (bar)

t = espesor, pulg.(cm)

F = Factor de construcción

T = Factor de degradación por temperatura

E = Factor de junta longitudinal.

e. Especificación de tubería

Las tuberías tendrán las siguientes especificaciones:

Especificación: API-5L

Nivel de especificación: PSL 1

Grado: B o superior

Tipo de tubería: ERW o SEAMLESS

Longitud nominal: Normal.

Tipo de extremo: Belled end.

f. Selección de válvulas

En la selección de las válvulas se aplicaron los criterios, según el uso, mostrados en la tabla 3 de conformidad con la clasificación de la tubería de proceso (Piping Class).

Tabla 3 Criterio para uso de válvulas

Uso	Tipo de Válvula
Instrumentación, drenajes	Aguja
Para antes y después de filtración, regulación y medición donde se requiera realizar un posible mantenimiento.	Bola (Paso completo)
Protección de sobre-presión.	Slam Shut y PSV
Para control de presión.	Reguladoras de Presión

Notas:

1. No se usarán válvulas de tapón lubricado antes de los equipos de medición, o control.
2. El diseño mecánico del bypass y sus desfuegos, se realizará de conformidad con los requisitos mínimos señalados en la normativa nacional o internacional cuando no existe norma colombiana, vigente.
3. El diseño y selección de las válvulas se llevó a cabo, considerando siempre que el gas recibido del transportador, cumple con las normas de calidad vigentes.

g. Condiciones de flexibilidad

Las estaciones se diseñarán con suficiente flexibilidad para evitar esfuerzos excesivos sobre las tuberías o componentes por expansión o contracción térmica, excesivo doblado, o cargas inusuales sobre las uniones, momentos en los puntos de conexión o anclajes.

h. Diseño de soportes y anclajes

Durante el diseño se preverán todos los anclajes y soportes suficientes para:

- a. Evitar esfuerzos indeseables sobre los equipos conectados.
- b. Prevenir o amortiguar las vibraciones.

i. Dispositivos limitadores y de alivio de presión

Los sistemas de control que se establecerán serán los necesarios para garantizar la seguridad de las instalaciones de las personas y tendrá como fundamento su seguridad, funcionalidad y confiabilidad y contará con las siguientes preimsas:

1. La estación cuenta con un sistema de cierre automático por alta presión ejercido por la válvula Slam Shut incorporada al regulador.
2. Los venteos se diseñarán para evitar la acumulación de agua, y están localizados donde el gas pueda descargarse sin inducir riesgos.
3. Los distintos componentes de los sistemas limitadores o de alivio de presión se diseñarán de tal manera que los diámetros de la tubería de venteo, accesorios no presenten el golpeteo de válvulas, y deterioro de la capacidad de alivio.

j. Pinturas para tuberías aéreas

Toda la tubería de las instalaciones superficiales será sometida a un arenado suave y la aplicación de un sistema de recubrimiento protector externo de poliuretano 80% sólidos, para prevenir la corrosión atmosférica.

k. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico, estructural y de las obras civiles asociadas, tales como la estructura metálica, se ejecutarán de conformidad con las siguientes premisas:

1. El diseño arquitectónico de elementos no estructurales se realizará teniendo en cuenta lo estipulado en la Norma NSR-10.
2. Los planos arquitectónicos y de elementos no estructurales, cumplirán con los requisitos exigidos por las normas aplicadas según norma NTC 5897.
3. Los materiales que se especifiquen garantizarán la estabilidad, armonía y confort de la obra.

I. Diseño eléctrico

El diseño eléctrico de la estación cuenta con un SPT que garantice el aterrizaje y protección de los equipos y corrientes de Eddy que pueda generar la tubería.

m. Pruebas e inspecciones

La estación debe someterse satisfactoriamente a las siguientes pruebas e análisis antes de entrar en servicio:

1. Radiografías al 100% de las juntas y/o tintas penetrantes en las que aplique.
2. Prueba de resistencia mecánica con agua y/o neumática a 5400, 1500 y 90 psi, respectivamente.
3. Prueba de hermeticidad a 60 psig (4 bar-g) después del montaje.
4. Limpieza interior de las líneas después de las pruebas.

n. Clasificación eléctrica

En caso de usar equipos eléctricos y electrónicos se instalarán conforme a la clasificación de áreas eléctricas definidas en la NORMA API-500 "RECOMMENDED PRACTICE FOR CLASSIFICATION OF LOCATION FOR ELECTRICAL INSTALLATION AT PETROLEUM FACILITIES, CLASSIFIED AS CLASS 1, DIVISION 1 AND DIVISION 2", y en concordancia con la NTC-2050.

La estación contará con un sistema de puesta a tierra (SPT) que garantice el aterrizaje y protección de los equipos eléctricos y electrónicos.

5.2 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO

Para determinar el caudal de gas requerido para el diseño de la estación descompresora de GNC en San Luis de Gaceno, se calcula la demanda de gas estimada, basándose en datos de crecimiento por tipo de vivienda del último censo del DANE, y datos de consumo de gas de municipios similares obtenidos de Publiservicios S.A E.S.P, también por tipo de uso a la vivienda (residencial, comercial, oficial e industrial).

Para el cálculo de usuarios potenciales y el crecimiento de los mismos en casco urbano del municipio de San Luis de Gaceno se utilizó la información suministrado por la empresa de servicios públicos de San Luis Gaceno evidenciando los usuarios urbanos actuales que acceden al servicio público de acueducto y que se convierten en la base de las proyecciones para el consumo de gas natural a 20 años tal como lo establece la CREG en la Resolución N° 202 de 2013.

Utilizando el método de Porcentaje Uniforme de Crecimiento para el cálculo del crecimiento poblacional, se calcularon tres casos posibles desde el año 2015 hasta el año 2035, Caso base, caso bajo y caso alto tomando porcentaje base la evaluación realizada al crecimiento de vivienda en cabeceras urbanas que se ha asimilado a los usuarios con potencial para acceder a los servicios públicos.

Porcentaje uniforme de crecimiento.

$$P_f = Pa(1 + r)^n$$


Fuente: Diseño y operación de redes de distribución de gas.⁵⁷

Como base para cada caso se tomaron los usuarios informados por la empresa de servicios públicos de San Luis de Gaceno y se calculó el porcentaje de crecimiento de viviendas para cada año de la información reportada por el DANE “ESTIMACIONES 1993-2005 Y PROYECCIONES 2005-2020 DE VIVIENDAS OCUPADAS, NACIONAL Y DEPARTAMENTAL POR ÁREA” tomando como tasa de crecimiento poblacional el porcentaje entre el año 2010 y 2020, no se tomó los datos de población teniendo en cuenta que el servicio se presta a viviendas construidas y a que según el DANE esta población presenta un decrecimiento lo cual no corresponde a la realidad informada por la administración municipal ni a lo observado en visita de campo donde podemos observar viviendas nuevas en construcción con lo que se concluye un crecimiento poblacional que puede estar ligado a la construcción de la vía 4G El Sisga-El Secreto.

5.2.1 Caso base (P50).

Para este caso base se toma las estimaciones realizadas por el DANE de viviendas en el departamento de Boyacá teniendo en cuenta que es donde está ubicado el municipio de San Luis de Gaceno objeto de este estudio.

Tabla 4. Estimación y proyección de viviendas ocupadas⁵⁸ - Caso base.



ESTIMACIONES 1993-2005 Y PROYECCIONES 2005-2020 DE VIVIENDAS OCUPADAS, NACIONAL Y DEPARTAMENTAL POR ÁREA

A junio 30

DP	Departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Promedio
15	Boyacá	199.148	204.678	210.073	215.335	220.401	225.286	230.651	235.685	240.353	244.728	248.794	225.012
	Crecimiento Anual	5.755	5.530	5.395	5.262	5.066	4.885	5.365	5.034	4.668	4.375	4.066	5.036
	Porcentaje	3%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2,3%

Fuente: DANE - Cálculos el Autor

Fuente: Dane. – Cálculos el autor

⁵⁷ DELVASTO. Gustavo. Diseño y Operaciones de Redes de Distribución de Gas. Especialización de Ingeniería del Gas. 2014. 81 P.

⁵⁸ <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>.

Calculado el promedio de crecimiento del año 2010-2020 se concluye para el caso base una tasa de crecimiento de 2,3% anual.

De acuerdo a las estimaciones del DANE y el análisis realizado se procedió a calcular el crecimiento de usuarios del año 2015 al 2035 con los siguientes resultados.

Tabla 5. Proyección de crecimiento de usuarios año 2015-2035 – Caso base

Año	AÑO	RESIDENCIAL	COMERCIAL	OFICIAL	INDUSTRIAL	TOTAL
0	2015	916	35	23	9	983
1	2016	937	36	24	9	1.006
2	2017	959	37	24	9	1.029
3	2018	981	37	25	10	1.053
4	2019	1003	38	25	10	1.076
5	2020	1026	39	26	10	1.101
6	2021	1050	40	26	10	1.126
7	2022	1074	41	27	11	1.153
8	2023	1099	42	28	11	1.180
9	2024	1124	43	28	11	1.206
10	2025	1150	44	29	11	1.234
11	2026	1176	45	30	12	1.263
12	2027	1203	46	30	12	1.291
13	2028	1231	47	31	12	1.321
14	2029	1259	48	32	12	1.351
15	2030	1288	49	32	13	1.382
16	2031	1318	50	33	13	1.414
17	2032	1348	52	34	13	1.447
18	2033	1379	53	35	14	1.481
19	2034	1411	54	35	14	1.514
20	2035	1443	55	36	14	1.548

Para el caso base, el resultado es una población que inicia en el año 2015 con 983 usuarios, finaliza en año 2035 con 1548 usuarios.

5.2.2 Caso bajo (P90).

Para el caso bajo se toma las estimaciones realizadas por el DANE de viviendas en el departamento del Quindío, departamento que reporta el promedio más bajo en Colombia en cuanto la proyección de viviendas ocupadas.

Tabla 6. Estimación y proyección de viviendas ocupadas⁵⁹ - Caso bajo



ESTIMACIONES 1993-2005 Y PROYECCIONES 2005-2020 DE VIVIENDAS OCUPADAS, NACIONAL Y DEPARTAMENTAL POR ÁREA

A junio 30

DP	Departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Promedio
63	Quindío	138.891	141.185	143.472	145.770	148.052	150.298	152.580	154.817	157.042	159.233	161.438	150.253
Crecimiento Anual		2.461	2.294	2.287	2.298	2.282	2.246	2.282	2.237	2.225	2.191	2.205	2.273
Porcentaje		2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1,5%

Fuente: DANE - Cálculos el Autor

Fuente: DANE-Cálculos el autor

Calculado el promedio de crecimiento del año 2010-2020 se concluye para el caso bajo una tasa de crecimiento de 1,5% anual.

De acuerdo a las estimaciones del DANE y el análisis realizado se procedió a calcular el crecimiento de usuarios del año 2015 al 2035 para el caso bajo con los siguientes resultados.

Tabla 7. Proyección de crecimiento de usuarios año 2015-2035 – Caso bajo

Año	AÑO	RESIDENCIAL	COMERCIAL	OFICIAL	INDUSTRIAL	TOTAL
0	2015	916	35	23	9	983
1	2016	930	36	23	9	998
2	2017	944	36	24	9	1.013
3	2018	958	37	24	9	1.028
4	2019	972	37	24	10	1.043
5	2020	987	38	25	10	1.060
6	2021	1002	38	25	10	1.075
7	2022	1017	39	26	10	1.092
8	2023	1032	39	26	10	1.107
9	2024	1047	40	26	10	1.123
10	2025	1063	41	27	10	1.141
11	2026	1079	41	27	11	1.158
12	2027	1095	42	27	11	1.175
13	2028	1112	42	28	11	1.193
14	2029	1128	43	28	11	1.210
15	2030	1145	44	29	11	1.229
16	2031	1162	44	29	11	1.246
17	2032	1180	45	30	12	1.267
18	2033	1198	46	30	12	1.286
19	2034	1215	46	31	12	1.304
20	2035	1234	47	31	12	1.324

El resultado para el caso bajo es de 1.324 usuarios para el año 2035.

5.2.3 Caso alto (P10)

Para el caso alto se tomaron las estimaciones realizadas por el DANE de viviendas en el departamento del Putumayo, departamento que reporta el promedio más alto en Colombia en la proyección de viviendas ocupadas.

⁵⁹ <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>.

Tabla 8. Estimación y proyección de viviendas ocupadas⁶⁰ - Caso alto



INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

ESTIMACIONES 1993-2005 Y PROYECCIONES 2005-2020 DE VIVIENDAS OCUPADAS, NACIONAL Y DEPARTAMENTAL POR ÁREA

A junio 30

DP	Departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Promedio
66	Putumayo	40.507	42.184	43.892	45.651	47.463	49.335	51.240	53.178	55.161	57.193	59.267	49.552
	Crecimiento Anual	1.736	1.677	1.708	1.759	1.812	1.872	1.905	1.938	1.983	2.032	2.074	1.863
	Porcentaje	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	3,9%

Fuente: DANE - Cálculos el Autor

Fuente: DANE

Calculado el promedio de crecimiento del año 2010-2020 se concluye para el caso alto una tasa de crecimiento de 3,9% anual.

De acuerdo a las estimaciones del DANE y el análisis realizado se procedió a calcular el crecimiento de usuarios del año 2015 al 2035 para el caso alto con los siguientes resultados.

Tabla 9. Proyección de crecimiento de usuarios año 2015-2035 – Caso alto

Año	AÑO	RESIDENCIAL	COMERCIAL	OFICIAL	INDUSTRIAL	TOTAL
0	2015	916	35	23	9	983
1	2016	952	36	24	9	1.021
2	2017	989	38	25	10	1.062
3	2018	1027	39	26	10	1.102
4	2019	1067	41	27	10	1.145
5	2020	1109	42	28	11	1.190
6	2021	1152	44	29	11	1.236
7	2022	1197	46	30	12	1.285
8	2023	1244	48	31	12	1.335
9	2024	1293	49	32	13	1.387
10	2025	1343	51	34	13	1.441
11	2026	1395	53	35	14	1.497
12	2027	1450	55	36	14	1.555
13	2028	1506	58	38	15	1.617
14	2029	1565	60	39	15	1.679
15	2030	1626	62	41	16	1.745
16	2031	1689	65	42	17	1.813
17	2032	1755	67	44	17	1.883
18	2033	1824	70	46	18	1.958
19	2034	1895	72	48	19	2.034
20	2035	1969	75	49	19	2.112

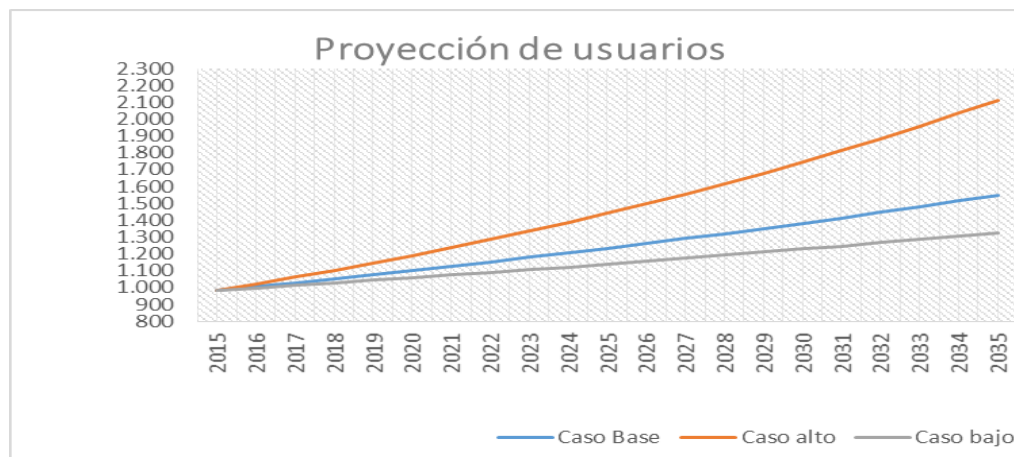
El resultado para el caso alto es de 2.112 usuarios para el año 2035.

Evaluando los tres casos de proyección se determina la utilización del caso alto teniendo en cuenta dos factores, primero se encuentra en marcha el proyecto de la vía 4G cuyo objetivo es conectar el sector Sisga con el sector el “Secreto” esto genera una proyección turística y una conexión con la capital de la nación con lo que las poblaciones aumentan sus oportunidades de comercialización logrando que

⁶⁰ <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>.

las generaciones poblacionales permanezcan y se aumenten; como segundo factor determinantes hablamos de una proyección con responsabilidad para estos diseños por lo que es importante recurrir al caso alto a fin evitar que de no darse el caso base o caso bajo se disminuya la vida útil de la estación descompresora caso en el que sería necesario repotenciar la estación en un corto tiempo vida útil del gasoducto; sí se estima el caso base para el año 2035 los usuarios llegarían a 1548 y se cruzaría con la misma cantidad de población del caso alto en año 2027 con lo que se tendría que repotenciar la estación 8 años antes de lo proyectado; por otra parte si se estima el caso bajo para el año 2035 los usuarios llegaría a 1324 y se cruzaría con la misma cantidad de población del caso alto en el año 2023 caso en el que sería necesario repotenciar la estación sin haber cumplido la mitad de vida para la cual fue proyectada.

Gráfica 23. Crecimiento de usuarios en los tres escenarios planteados.



De acuerdo a al caso alto los usuarios esperados para el año 2035 son de 2112, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 10. Proyección de usuarios año 2035.

USO	USUARIOS
RESIDENCIAL	1.969
COMERCIAL	75
OFICIAL	49
INDUSTRIAL	19
TOTAL	2.112

La anterior proyección de usuarios para el municipio de San Luis de Gaceno arroja un total de 2112 usuarios para el año 2035, que consumirán cierta cantidad de gas natural, lo que arrojará el caudal de diseño para la estación. Para ello se multiplicó el consumo promedio mensual por suscriptor obtenido de información de Publiservicios S.A E.S.P por el número de suscriptores de cada categoría.

Así se proyecta el consumo promedio esperado en metros cúbicos mensuales. Debido a que el pico de consumo típicamente se presenta a la hora del almuerzo, del caudal diario promedio requerido se debe destinar alrededor del 14% del total para atender dicha demanda⁶¹.

Tabla 11: Consumo potencial año 2035 en el caso alto

CONSUMO POTENCIAL AÑO 2035 EN EL CASO ALTO					
USO	USUARIOS	Promedio consumo mensual en m³	Total metros cúbicos	Total en Píe cubico	CONVERSIÓN A BTU CON FACTOR DE 1000 BTU
RESIDENCIAL	1.969	20	39.380	1.390.692	39.380.000
COMERCIAL	75	142	10.650	376.101	10.650.000
OFICIAL	49	57	2.793	98.634	2.793.000
INDUSTRIAL	19	318	6.042	213.371	6.042.000
TOTAL	2.112	-	58.865	2.078.798	58.865.000

Según la proyección se requerirán en promedio 1962 m³ de gas diariamente en San Luis de Gaceno, de los que el 14%, 275 m³ utilizado como factor de hora pico en el consumo serán la máxima demanda de gas esperada, y se toma como caudal de diseño para que la estación entregue a la red 275 m³/h.

5.3 NORMATIVIDAD APLICABLE

Comprende las diferentes leyes, normas y estándares que sirven de referente en el proyecto “DISEÑO ESTACIÓN DESCOMPRESORA DE GAS NATURAL, MUNICIPIO SAN LUIS DE GACENO”.

⁶¹ DELVASTO JAIMES, Gustavo. Diseño y operación de redes de distribución. Bogotá: Escuela de Ingeniería de Petróleos UIS, 2014. 3p

5.3.1 Normas de proceso

Tabla 12. Normas de proceso

Organización	Norma	Versión	Título
ICONTEC	NTC 5897	2011	Estaciones de carga y descarga de gas natural comprimido.

5.3.2 Normas civiles.

Tabla 13. Normas civiles

Organización	Norma	Versión	Título
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial	NSR-10	1997	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente

5.3.3 Normas mecánicas.

Tabla14. Normas mecánicas

Organización	Norma	Versión	Título
ASME	ASME Sec. 9	2010	Welding and Brazing Qualifications
ASME	ASME Sec. 8 Div 1	2010	Boiler and Pressure Vessel Code

5.3.4 Normas de tubería.

Tabla 15. Normas de tubería

Organización	Norma	Versión	Título
ASME	B31.8	2010	Gas transmission and distribution piping systems
ASME	ANSI/ASME B 16.5	2009	Steel Pipe Flanges and Flanged Fitting
ASME	ANSI/ASME B 16.9	2007	Factory Made Wrought Steel but Welding Fitting
ASME	ANSI/ASME 16.47	B 2011	Large Diameter Steel Flanges
ASME	ANSI/ASME 16.11	B 2009	Forged Steel Fittings, Socket. Welding and Threaded

ASME	ANSI/ASME B36.10	2004	Welded and Seamless Wrought Steel Pipe
ASME	ANSI/ASME B16.36	2009	Steel Orifice Flange
API	API 1104	2005 R2010	Welding of Pipelines and related facilities
API	API RP1107	1991	Pipeline Maintenance Welding Practices
API	API 5L	2007	Specifications For Line Pipes
API	API 600	2009	Steel Gate Valves, flanged and butt-welding ends, Bolted Bonnets
API	API Spec 6D	2008	Specification for Pipeline Valves
MSS	MSS-SP-75	2009	Specifications for High Test Wrought Butt-Welding Fittings
MSS	MSS-SP-44	2010	Steel Pipe Line Flange
ICONTEC	NTC 3949	2002	Estaciones de Regulación de Presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible.

5.3.5 Normas eléctricas.

Tabla 16. Normas eléctricas

Organización	Norma	Versión	Título
ICONTEC	NTC 2050	1998 1ª Actualización	Código Eléctrico Colombiano
IEEE	ANSI/IEEE C37.13.1	2006	IEEE Standard for Definite Purpose Switching Devices for Use in Metal-Enclosed Low-Voltage
NEMA	ANSI/NEMA C84.1	2006	Electric Power Systems and Equipment –Voltage Ratings
NEMA	WC 50-1976/ ICEA P-53-426	1999	Ampacities, Including Effect of Shield Losses for Single Conductor Solid Dielectric Power Cable 15 Kv through 69 Kv

5.3.6 Normas de instrumentación.

Tabla 17. Normas de instrumentación

Organización	Norma	Versión	Título
ISA	ISA COMPLETE SET	2008	ISA Standards Library for Automation and Control

5.3.7 Códigos de seguridad.

Tabla 18. Normas de seguridad

Organización	Norma	Versión	Título
NFPA	NFPA 54	2011	National Fuel Gas Code
NFPA	NFPA – 70	2010	Standard for Electrical Safety in the Workplace
NFPA	NFPA – 10	2009	Portable Fire Extinguishers

5.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN REQUERIDAS

La estación será ubicada sobre la vía que de San Luis de Gaceno conduce al El Secreto en el departamento de Boyacá, donde por vía carretable se puede disponer de gas natural comprimido, la estación tendrá una válvula de corte, filtración, calentamiento, regulación, medición, protección a la sobrepresión.

La estación contará con válvulas de bloque en cada uno de sus sistemas y su instrumentación asociada requerida para visualizar el proceso.

Para el diseño de las instalaciones se consideró que el gas recibido cumple con las especificaciones legales de calidad, como se establece el Reglamento de transporte RUT, cumplimiento que será responsabilidad del transportador.

5.4.1 Condiciones de operación

A continuación se describen las condiciones con las cuales operarán las estaciones.

Tabla 19. Flujo de diseño

Modelo	Caudal (m ³ /h)	Caudales
Aguas Abajo F/S-01	275	Determinado por el equipo crítico *
Agua Abajo PC-01	275	Determinado por el equipo crítico *
Aguas Abajo PC-03	275	Determinado por el equipo crítico *

*Aunque se cumplirá con los requisitos de velocidades máximas (exigidas en NTC3949) en diámetros de tuberías seleccionadas, la capacidad total de la ERM estará determinada por el equipo con menor capacidad de proceso (ya sea filtro, regulador, medidor u otro).

5.4.2 Condiciones de presión

Tabla 20. Presiones de diseño

Modelo	Max (psi)	Prom. (psi)	Min (psi)	Diseño Entrada(psi)	Diseño Salida(psi)
Aguas Abajo F/S-01	3600	1000	60	3600	60
Agua Abajo PC-01	1000	1000	900	1480	60
Aguas Abajo PC-03	60	60	55	285	60

5.4.3 Condiciones de temperatura

Se establecieron para propósito de diseño las temperaturas de operación mostradas en la tabla 3. Estos valores se encuentran dentro del rango establecido por el RUT.

Tabla 21. Temperaturas de diseño

Modelo	Max (°F)	Prom (°F)	Min (°F)
Aguas Abajo F/S-01	120	70	45
Agua Abajo PC-01	120	70	45
Aguas Abajo PC-03	120	70	45

5.4.4 Niveles de presión sónica permisible

No obstante artículo 42 de la resolución 8321 del 4 de agosto de 1983 del Ministerio de Salud establece como máximo permisible 115 dB (A) de presión sonora en el nivel de ruido generado por los equipos de la Estación, el diseño evitará niveles superiores a 85 dB y frecuencias mayores a 500 Hz medidas a 1 m de la fuente, de conformidad con la NTC-3949.

De conformidad con la resolución mencionada, en su capítulo V, artículo 41, tabla No. 3, este nivel de ruido (85dB) es inferior a los límites permisibles para ruido continuo o intermitente en lugares de trabajo para exposición de 8 horas.

5.5 ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS EN LA ESTACIÓN DESCOMPRESORA

Típicamente los equipos y/o elementos requeridos en estaciones de éste tipo presentados en el presente numeral son los siguientes:

- Filtro F/S-01.
- Calentador MOC-01-02 (Calentador catalítico).
- Reguladores PC-01, 02, 03 y 04 (Top entry).
- Medidor FER-01.
- Computador de flujo FY-01.
- Platina limitadora de caudal FO-01 al 120%.

5.5.1 Filtro F/S-01

- Caudal = 275 m³/h
- Presión máxima de operación = 3600 PSI
- Rating = ANSI 1500
- Equipo para retención de sólidos, grado de retención del elemento filtrante = 5 μ
- Válvula de drenaje
- Facilidades para indicador diferencial de presión

5.5.2 Calentador MOC-01 (calentador catalítico)

- Diámetro = 2"
- Unidades catalíticas = 4
- Presión máxima de entrada = 200 PSI
- Presión máxima de operación = 0.5 PSI
- Poder calorífico = 24000 BTU
- Filtro separador
- Válvulas de seguridad
- Válvulas de bola para bloqueo
- Termocuplas de bloqueo
- Termostato de regulación

5.5.3 Reguladores PC-01 y 02 (top entry)

El modelo seleccionado es STAFLEX 187 de 2" ANSI 1500, RJ. De acuerdo las presiones máximas y mínimas de entrada y salida, se observa que el equipo va a operar en el régimen crítico.

Gráfica 24: formula característica del regulador⁶².

En régimen crítico $P1 \geq 2P2$

Critical condition $P1 \geq 2P2$

$$Cg = \frac{Q}{6.97 \cdot P1} \sqrt{d (273.15 + t)}$$

Q= Caudal en Sm³/h | Flow measured in Sm³/h

P1= Presión absoluta de Entrada | Absolute inlet pressure

P2= Presión absoluta de Salida | Absolute outlet pressure

d= Gravedad específica | Specific gravity

t= Temperatura en °C | Temperature measured in °C

Fuente: Pietro Fiorentini.

Para la presión máxima de entrada el regulador ofrece una capacidad de 1 MMSCFH.

El sistema será montado en un arreglo monitor trabajador en paralelo.

5.5.4 Medidor FER-01

Datos de entrada:

- Caudal máximo = 10.000 SCFH (275 m³/h).
- Caudal mínimo = Este caudal está determinado por la capacidad del medidor o rangeabilidad del mismo.
- Presión mínima de operación = 40 PSI.
- Presión promedio de operación = 60 PSI.
- Rating del equipo= ANSI 150, RF

⁶² https://www.fiorentini.com/media/files/143_187_staflex_187_ct-s516-e_february_2011.pdf

Tabla 22. Parámetros de cálculo para la selección de medidor.

$P_{e\min}$	Mínima presión manométrica de entrada en el medidor, en bar - cond. Opertva.
T	Temperatura a las condiciones de operación, °C
P_{atm}	Presión barométrica del sitio, bar
111	Volumen estándar requerido para la instalación, m ³ /h
T_{st}	Temperatura a las condiciones estándar, °C
P_{st}	Presión a las condiciones estándar, bar
273,15	Temperatura absoluta en °K (igual a 0°C)
V_a	Volumen actual o real, m ³ /h

Fuente: Boyle- Gay Lussac⁶³

Utilizando las ecuaciones de Boyle y Gay-Lussac, utilizando los parámetros referidos, se halla el volumen máximo para el medidor, y se escoge de acuerdo a las referencias comerciales existentes.

$$V_a = \frac{(Q_{st} * P_{st}) * (T + 273,15)}{(T_{st} + 273,15) * (P_{e\min} + P_{atm})}$$

Por lo tanto, se selecciona un medidor 2" de diámetro, G40, ANSI 150, RF. La capacidad máxima de este medidor es 60 Am3/h. El medidor operaría al 58% de su capacidad máxima.

⁶³ BENEDIC. Robert. Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurements. Canadá. 1984.

5.5.5. Computador de flujo FY-01⁶⁴

Las especificaciones técnicas requeridas son las siguientes:

Tabla 23. Computador de flujo seleccionado.

1	FABRICANTE	Eagle
2	MODELO	MMPLUS EAGLE
3	SENSOR INTEGRADO EN EL ENSAMBLE DP/P	0 - 200 PSIG
4	UBICACIÓN DE LA TOMA DEL SENSOR DE PRESION DP/P	Aguas arriba del medidor
5	GABINETE, PANTALLA Y TECLADO	7-1/2 X 11 3/4 LEXAN, LCD Y 2 BOTONES
6	MONTAJE DE HARDWARE	POLE MOUNT - INCLUDES WALL-MOUNT AND 2" POLE-MOUNT HARDWARE
7	PROCESADOR Y ELECTRONICA DEL TABLERO	STANDARD
8	PROGRAMA DE APLICACIÓN	STANDARD (UNO A DOS RUNS)
9	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	12V, 7AH, LEAD ACID CELL BATTERY AND 12V, 45W SOLAR PANEL SYSTEM
10	CERTIFICACIÓN PARA ÁREAS PELIGROSAS	CLASE I, DIVISION 2 (SIN PELIGRO DE INCENDIO)
11	SELECCIÓN DE RTD	CON RTD Y CABLE DE 6 FT DE LONGITUD
12	TERMOPOZO Y OPCIONES PARA RTD	CON TERMOPOZO E INSERCIÓN DE 2-1/2" DE LONGITUD
13	CONFIGURACIÓN DE I/O	BASE+ 2DI/DO, 4DI, 2 DO, 2HSC+3AL
14	OPCIÓN DE POLYPHASER / RADIO	CON POLYPHASER

Fuente: Eagle.

La referencia del equipo con estas especificaciones es el siguiente:

BRISTOL BABCOCK: CWM-GFC-T4-025-021-116-111-22-000

Nota: No se especifica el equipo de comunicación debido a que los cambios anunciados por el Ministerio de las Tecnologías de Información y las Comunicaciones aún no se han oficializado, en tal sentido llegado el momento se deberá adquirir por aparte el equipo de comunicación correspondiente.

5.5.6 Platina restrictora RO-01 al 120%

Esta platina se calcula para restringir el flujo del medidor FER-01 al 120% de su capacidad.

Datos de entrada

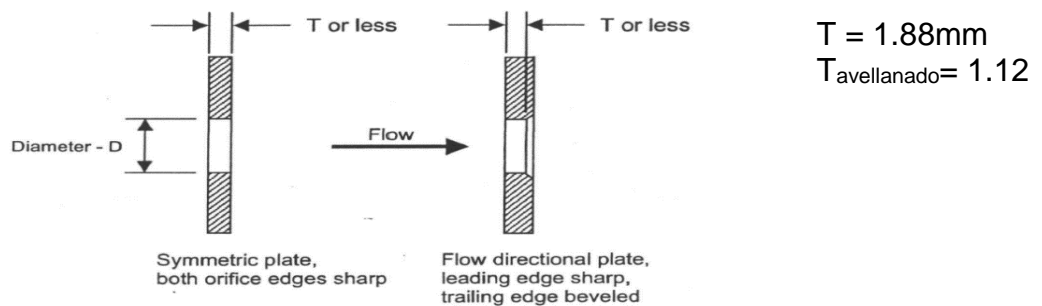
- Caudal máximo medidor FER-01: 10.000 SCFH.
- Caudal restringido al 120%: 12.000 SCFH.
- Presión mínima del flujo: 60 psig.
- Diámetro brida: 2"

⁶⁴ <http://www.cadsoftusa.com>

$$D_{orif}(mm) = (1.38809648) * \left(\sqrt{\text{capacidadcriticamedidor} \frac{(m)^3}{h}} \right)$$

AGA 8, DETALLADO

Por lo tanto, la platina restrictora es de orificio 12.02 mm y 1/8" de espesor, para brida de 2", ANSI 150.



5.5.7 Tubería

Los parámetros de operación de la descompresora de municipio de San Luis de Gaceno, mostrados en la tabla ___ se utilizan para calcular espesores y diámetros de la tubería a utilizar.

Tabla 24. Descripción de puntos de operación y variables de proceso respectivas

Etapa	Localidad	Ubicación Del Punto de dentro de la Localidad	Presión			Temperatura			Caudal
			Máx. (PSIG)	Prom. (PSIG)	Mín. (PSIG)	Máx. (°F)	Prom. (°F)	Mín. (°F)	Máx. (MMSCFD)
2	Estación	Aguas arriba F/S -01	3600	3600	3600	120	70	45	0.002
3	Estación	Aguas abajo PC-01	1000	1000	1000	120	70	45	0.002
4	Estación	Aguas abajo PC-03	70	60	50	100	68.5	45	0.002
5	Estación	Aguas abajo FER-01	70	60	50	100	68.5	45	0.002

Para el cálculo, selección y especificación de la tubería se calculó el flujo máximo que cumpliera con los requisitos de velocidades máximas (exigidas en NTC 3949) en el diámetro de la tubería seleccionada con las condiciones más críticas, pero la capacidad total de la ERM estará determinada por el equipo con menor capacidad de proceso (ya sea filtro, regulador, medidor u otro).

5.5.8 Clase de localización

Para la determinación del espesor de pared de la tubería, según el código ASME B 31.8 y la normativa colombiana (NTC 3728, Numeral 3.2.2.2.d), se consideró la clasificación de las áreas atravesadas de conformidad con la información recibida de municipio. Según la clase, se tiene un factor “F”, útil en la determinación del espesor. Los factores de diseño básico según la clase de localidad, son los siguientes:

Tabla 25. Factores de diseño básico.

Clase de Localidad	Factor de Diseño
I	0.72
II	0.60
III	0.50
IV	0.40

Fuente: Código ASME B 31.8

5.5.9 Restricciones

Toda la tubería diseñada deberá cumplir el límite de velocidad máxima de 65 ft/s y la velocidad de erosión en ft/s será:

$$V_e = C / \sqrt{\rho m}$$

Donde C es una constante empírica y pm es la densidad de mezcla de gas.

La selección de las tuberías en esta ingeniería se hará de conformidad con el piping class.

5.5.10 Velocidad de flujo en tuberías

El dimensionamiento de la tubería, es tal que la velocidad del gas no supera los 65 ft/s [20 m/s]. Para realizar el cálculo del diámetro interno de la tubería se empleó la siguiente fórmula, de la que se despeja el diámetro:

$$V = \frac{1440 * Z * Q * T}{P * D_{int}^2}$$

Donde,

V = Velocidad del gas, ft/s

Z = factor de Comprensibilidad 0,88

Q = Volumen, MMSCFH

T = Temperatura de operación, °R 550

D_{int} = Diámetro interno del tubo, in

P = Presión de Operación, psia

$$D[in] = \sqrt{\frac{1440 * Z * Q * T}{P * V}}$$

El flujo calculado de 275 m³/h equivalente a 0,069 MMSCFD, un factor de compresibilidad z de 0,88 y una temperatura de 550 °R, bajo la velocidad de diseño de 60 ft/s.

Tabla 26. Calculo de velocidades en las tuberías para los diferentes puntos de operación.

Etapa	Flujo*	P min	Velocidad [f/s]		Diámetro min. [in]		Dia ext.	Espesor
	[mmscfd]		[psia]	límite	selecc.	calculado		
Aguas Arriba F/S -01	0,070	3600	60	6	0,759	1" SCH 160	1,315	0,25
Aguas Abajo PC-01	0,070	1000	60	4	0,928	2" SCH 80	2,374	0,218
Aguas abajo PC-03	0,070	60	60	26	2,440	3" SCH 40	3,5	0,216
Aguas Abajo FET-01	0,070	60	60	26	2,440	3" SCH 40	3,5	0,216

5.5.11 Espesor de pared de tuberías

El espesor mínimo de la tubería, se calcula de acuerdo a lo indicado en el Código ASME B-31.8 (Gas Transmission and Distribution Piping Systems). La fórmula a usar es:

$$t = \frac{P * D}{2 * S * F * E * T}$$

Donde,

t = Espesor de pared; in.

P = Presión de trabajo; psig.

S = límite de fluencia mínimo, especificado para el material de la tubería; psig.

D = diámetro nominal exterior de la tubería; in.

F = factor de diseño; adimensional.

E = factor de junta longitudinal; adimensional.

T = factor de degradación por temperatura de las tuberías; adimensional. (*T*=1 si <121 °C).

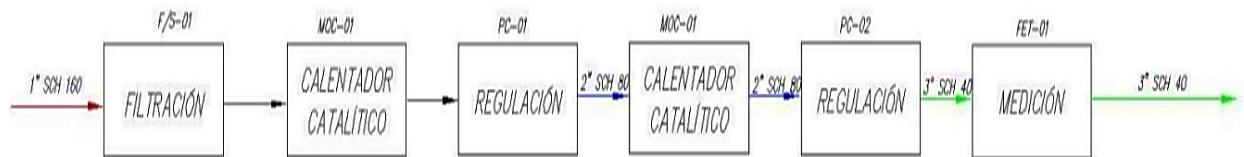
Tabla 27. Calculo de espesores en las tuberías seleccionadas para los diferentes puntos de operación

Etapa	Material Tubería Seleccionada	S (psi)	D (in)	P (psi)	F	E	T	t (in)	t (sel.)
Aguas Arriba F/S -01	API 5L GrB	42000	1	3600	0,4	1	1	0,1071	0,250
Aguas abajo PC-01	API 5L GrB	42000	2	1000	0,4	1	1	0,0595	0,218
Aguas abajo PC-03	API 5L GrB	42000	3	60	0,4	1	1	0,0054	0,216
Aguas Abajo FE R-01	API 5L GrB	42000	3	60	0,4	1	1	0,0054	0,216

La tubería seleccionada a partir de los cálculos de diámetro y espesor dan como resultado escoger tubería especificada bajo API 5L grado B, con límite de fluencia de 42000 psi, diámetro de 1" SCH 160 aguas arriba del filtro F/S-01, diámetro de 2" SCH 80 aguas abajo del regulador PC-01, y de diámetro de 3" SCH 40 aguas abajo del regulador de presión PC-03 y del medidor FET-01.

Dicha selección y uso de las tuberías puede verse reflejada en el siguiente diagrama:

Gráfica 25. Diagrama de procesos selección y uso de tubería.



5.5.12 Válvulas y otros accesorios

Las válvulas son elementos críticos para el control y la operación de la estación, por lo que su adecuada selección es importante para que, desde el diseño, la estación de descompresión para San Luis de Gaceno garantice fiabilidad y cumplimiento de los requerimientos a los que se somete la instalación.

La relación de equipos a utilizar en la estación, dada la selección de equipamiento requerido en el numeral 5.2 es la siguiente:

Tabla 28. Listado de materiales requeridos en la estación de descompresión.

Accesorio	Cantidad	Unidad
Tubería 1" Especificación: API 5L Grado: B Tipo: Sin Costura Espesor de pared: 0,25 in Schedule: STD Acabado: Plano Revestimiento: Para ERM El tubo debe estar certificado bajo especificación SR15 o API 5L	12	m

Tubería 2" Especificación: API 5L Grado: B Tipo: Sin Costura Espesor de pared: 0,218 in Schedule: STD Acabado: Plano Revestimiento: Para ERM El tubo debe estar certificado bajo especificación SR15 o API 5L	6	m
Brida WN 1" Clasificación: 450 PSI @ 100 °F Material: CS, ASTM A105 GR II Acabado: RJT Dimensiones bajo ANSI B16.5	21	<u>un.</u>
Brida WN 2" Clasificación: 450 PSI @ 100 °F Material: CS, ASTM A105 GR II Acabado: RF Dimensiones bajo ANSI B16.5	4	<u>un.</u>
Brida WN 3" Clasificación: 450 PSI @ 100 °F Material: CS, ASTM A105 GR II Acabado: RF Dimensiones bajo ANSI B16.5	13	<u>un.</u>
Espárrago Ø5/8" x 4 - 1/4" LG	52	<u>un.</u>
Espárrago Ø5/8" x 3 - 1/4" LG	84	<u>un.</u>
Empaque en espiral 1" Clasificación: 3600 PSI @ 100 °F Acabado: RJT Dimensiones bajo ANSI B16.5 Espesor: 1/8 "	21	<u>un.</u>
Empaque en espiral 2" Clasificación: 1200 PSI @ 100 °F Acabado: RF Dimensiones bajo ANSI B16.5 Espesor: 1/8 "	14	<u>un.</u>
Empaque en espiral 2" Clasificación: 450 PSI @ 100 °F Acabado: RF Dimensiones bajo ANSI B16.5 Tipo E	4	<u>un.</u>
Empaque en espiral 2" Clasificación: 450 PSI @ 100 °F Acabado: RF Dimensiones bajo ANSI B16.5 Tipo E	13	<u>un.</u>
Soporte para tubo 8"	6	<u>un.</u>
Soporte para computador de flujo	1	<u>un.</u>

Tubería 3" Especificación: API 5L Grado: B Tipo: Sin Costura Espesor de pared: 0,216 in Schedule: STD Acabado: Plano Revestimiento: Para ERM El tubo debe estar certificado bajo especificación SR15 o API 5L	6	m
Codo 90° 1" Material: CS, ASTM A234 WPB Espesor de pared: 0,179" Dimensiones bajo ANSI B16.9	3	<u>un.</u>
Codo 90° 3" Material: CS, ASTM A234 WPB Espesor de pared: 0,216" Dimensiones bajo ANSI B16.9	2	<u>un.</u>
Tee de reducción 3"x2" Material: CS, ASTM A234 WPB Espesor de pared: 0,216" Dimensiones bajo ANSI B16.9	2	<u>un.</u>

La estación de descompresión de GNC para el municipio de San Luis de Gaceno está diseñada bajo las consideraciones típicas y de conformidad con los requisitos especificados para éste tipo de instalaciones por normas técnicas nacionales y estándares internacionales.

Realizará la descompresión en dos etapas, después de haber hecho una filtración del gas de entrada, y medición del flujo de salida de la estación.

Gráfica 26. Diagrama de distribución.



En los siguientes numerales se mostrará en detalle el resultado del diseño de la estación descompresora de GNC para el municipio de San Luis de Gaceno.

5.7 PLANOS DEL DISEÑO DETALLADO

Los equipos y materiales enlistados anteriormente se ajustan a los cálculos y selección de tubería realizados, por lo que válvulas, juntas, manómetros y otros accesorios deben ajustarse en medida y cantidad a dichas especificaciones.

Siguiendo el flujo del gas por la estación de descompresión se procederá a explicar los componentes y el funcionamiento de la estación.

Dado el cálculo hecho, la tubería de entrada a la estación desde la conexión a los cilindros de GNC es de diámetro de 1" SCH 160 sin costuras. A ésta sección aguas arriba del filtro F/S-01 se le añade un manómetro hasta 5000 psi para verificar y controlar la presión de entrada. A continuación se encuentra una derivación para realizar el mantenimiento del filtro cuando sea necesario sin interrumpir el suministro, con válvulas de bola para el control. El filtro también se encuentra controlado por válvulas de bola.

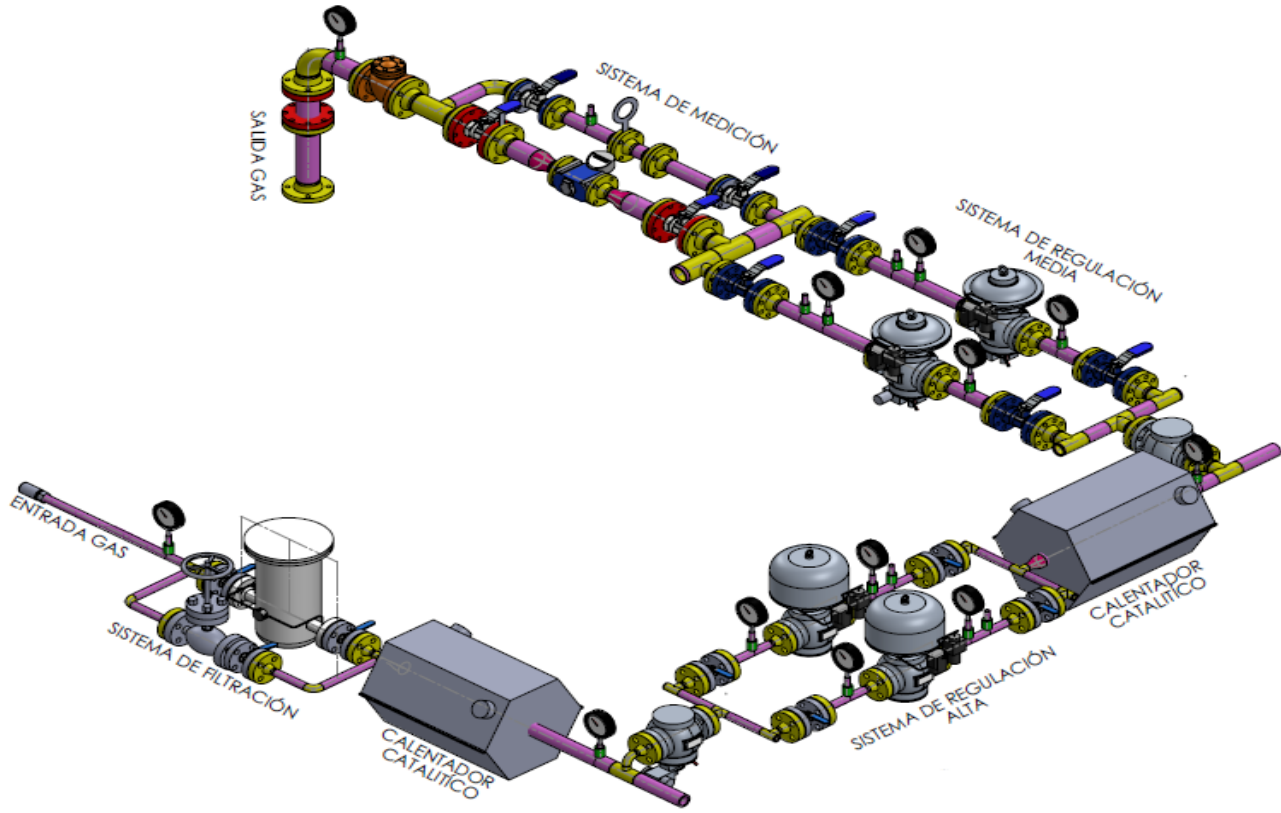
Las corrientes se unen aguas abajo, para ingresar al calentador catalítico, y dado que el aumento de temperatura aumenta así mismo la presión del gas, éste es medido nuevamente por un manómetro. La entrada a la etapa de regulación primaria está controlada por una válvula Slam Shut, de donde parten dos corrientes de gas hacia dos reguladores en paralelo controlados por válvulas de bola en sus extremos para realizar labores de mantenimiento y garantizar el flujo de gas. La presión es medida nuevamente aguas arriba y debajo de ambos reguladores.

Las corrientes, ahora a menor presión y mayor diámetro (2" SCH 80) entran al calentador catalítico, después del cual hay otro manómetro para verificar el aumento de presión debido al calentamiento. La segunda etapa de descompresión es exactamente igual a la primera, con la diferencia del diámetro y la tubería utilizada. Aguas abajo del regulador se utilizará tubería de 3" SCH 40. Las corrientes de ambos reguladores no se unen, sino continúan el flujo. En uno de los brazos se instala el medidor de volumen de gas y la platina restrictora de caudal junto con las válvulas de control requeridas, para finalmente unir los canales y suministrar el gas por red a 60 psi hacia el municipio de San Luis de Gaceno.

Los planos de los diseños de la estación descompresora de gas natural para el municipio de San Luis de Gaceno se encuentran anexos al presente documento e incluyen vistas isométricas, en planta, frontal y de especificación de juntas de toda la estación. En dichas se pueden apreciar todos los elementos calculados y nombrados para la estación. A continuación se aprecian las distintas perspectivas del funcionamiento de la estación descompresora de gas natural:

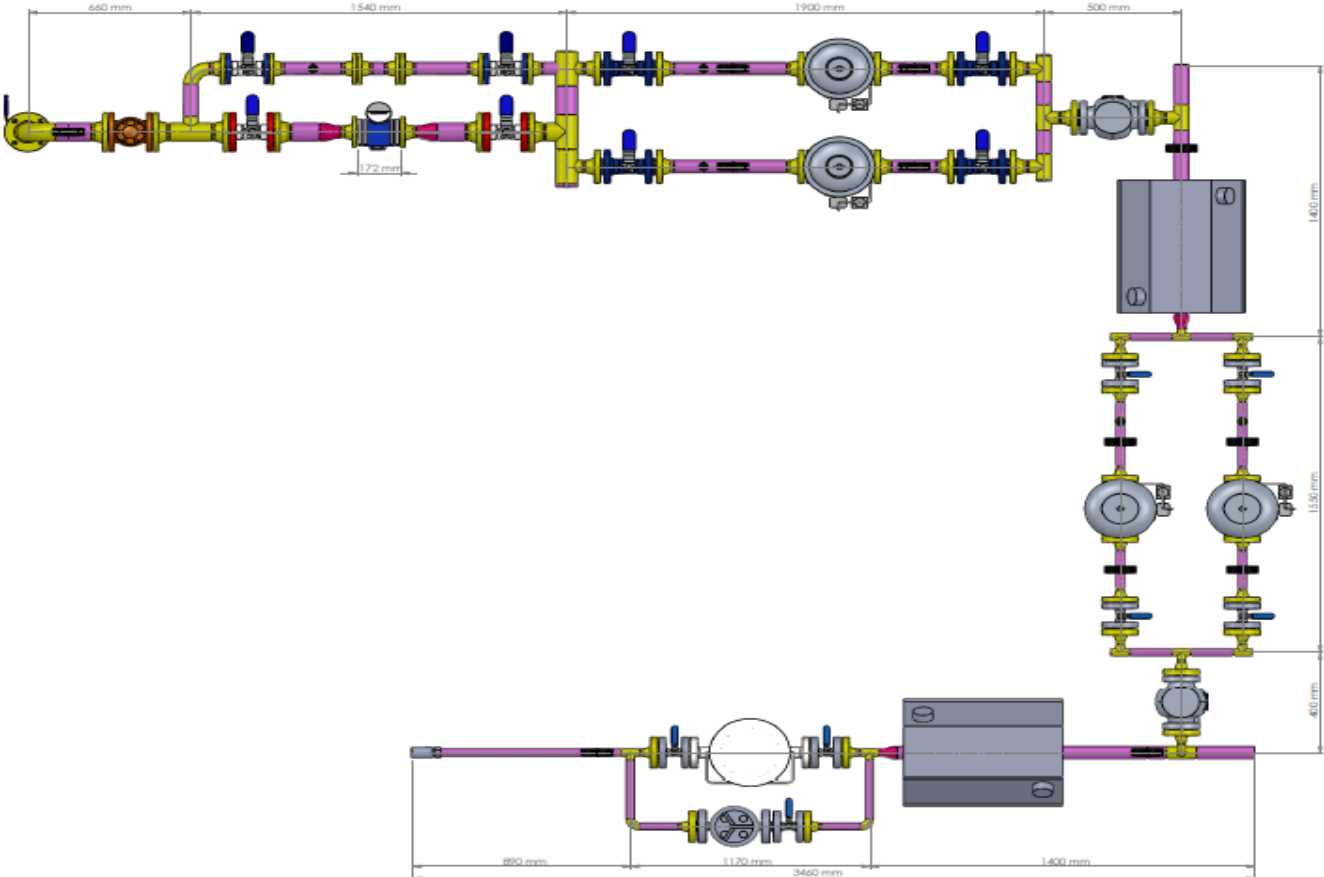
5.7.1 Vista Isométrica

Gráfica 27. Diseño vista isométrica.



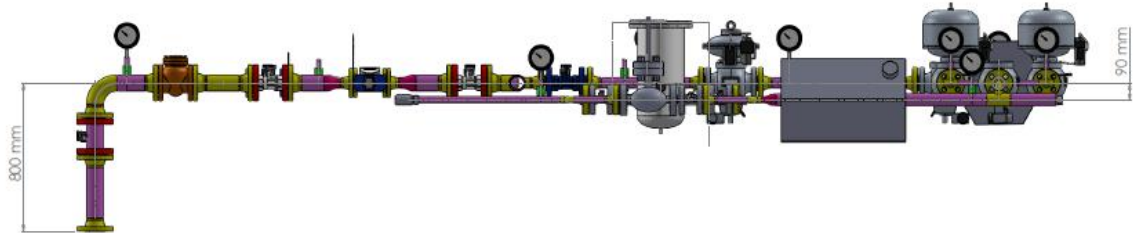
5.7.2 Vista de planta

Gráfica 28. Diseño vista en planta



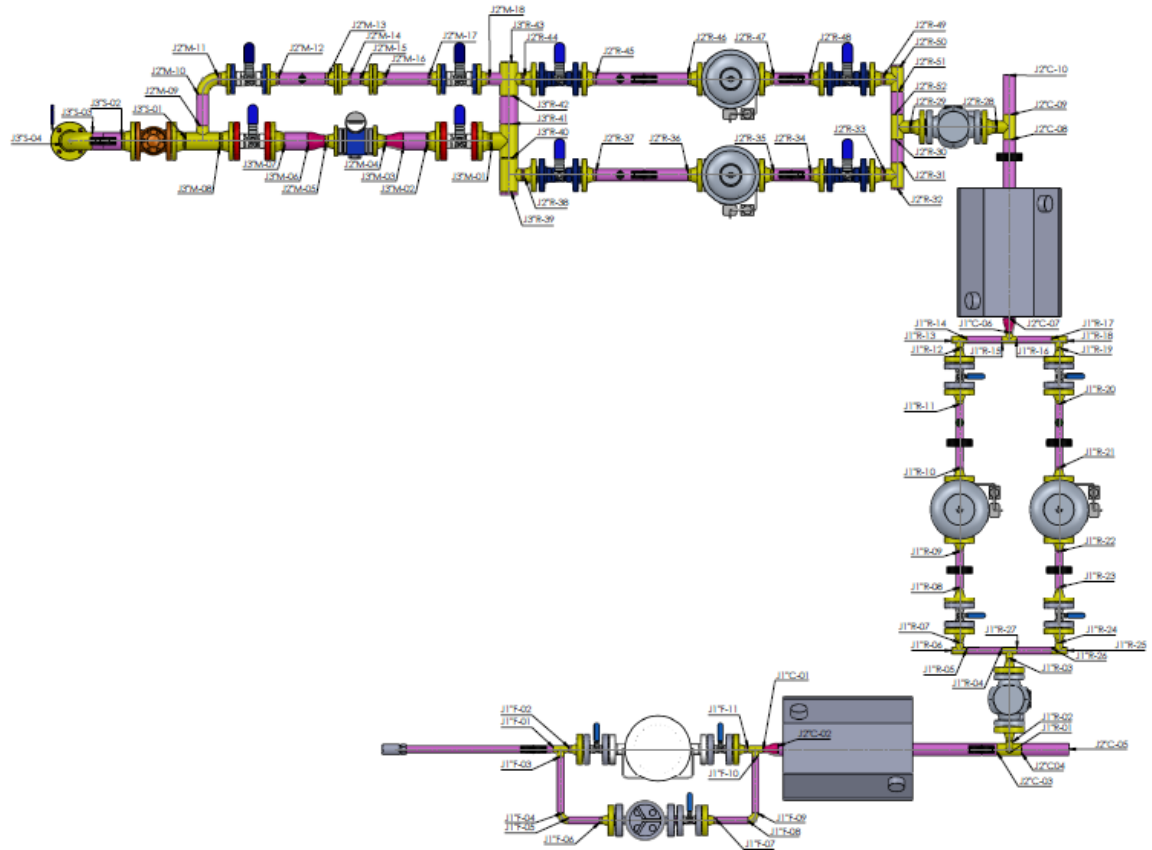
5.7.3 Vista Frontal

Gráfica 29. Diseño vista frontal



5.7.4 Vista de identificación de juntas

Gráfica 30. Diseño de identificación de juntas



5.8 ANÁLISIS PVT

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos compuesto principalmente por metano, constituyendo más de 85% en peso ⁶⁵, y otros compuestos como etano, propano, butano y otros alcanos más pesados. El gas natural está compuesto además por pequeñas cantidades de nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico.

El gas en un yacimiento puede estar asociado o no asociado a la existencia de crudo⁶⁶, y clasificarse en gas pobre o seco, compuesto principalmente por metano y es pobre en fracciones condensables, y utilizable directamente como combustible, gas húmedo, rico en alcanos pesados, por lo que el gas al extraerse y bajar su temperatura llega a estar en dos fases, formándose hidrocarburos líquidos, gas ácido, con concentraciones de ácido sulfhídrico, sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y otros compuestos en cantidad apreciable, y gas dulce, que contiene una concentración de sulfuro de hidrógeno menor a 4 partes por millón (ppm)⁶⁷.

Todos los tipos de gas extraídos, al encontrarse en los yacimientos a gran profundidad en el subsuelo se encuentran a elevadas presiones y temperaturas, lo que necesariamente los mantiene en estado gaseoso, pero al salir a la superficie dichas condiciones cambian, bajando la presión y temperatura del gas, por lo que sus propiedades físicas se ven afectadas para consideraciones como el transporte, el uso y el manejo de los hidrocarburos extraídos. Debido a la importancia comercial del gas natural, en su procesamiento es importante conocer su comportamiento de fases y estimar su punto crítico y otras propiedades⁶⁸.

Debido a que el proyecto de instalación operará con gas que debe cumplir con el Reglamento Único de Transporte, las condiciones de humedad e impurezas están bajo parámetros, y dado que el comportamiento de fases del gas es distinto en función de su composición molar, el gas natural tratado en la estación descompresora para San Luis de Gaceno tiene la siguiente composición.

⁶⁵ GUERRERO MALDONADO, Ramiro. Diseño y operación de sistemas de compresión de gas. Bogotá: Escuela de Ingeniería de Petróleos UIS, 2013. 3p.

⁶⁶ SÁNCHEZ MARES, Francisco, ALONSO DÁVILA, Pedro. Predicción de puntos críticos en mezclas de gas natural. En: Conciencia Tecnológica. No 34 (Julio,2007); p. ISSN: 1405-5597

⁶⁷ MURILLO JIMÉNEZ, Marcela. Metodología para el diseño conceptual de plantas de endulzamiento de gas natural empleando membranas permeables. Bucaramanga, 2010. 150p. Trabajo de grado (Ingeniero de petróleo). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas.

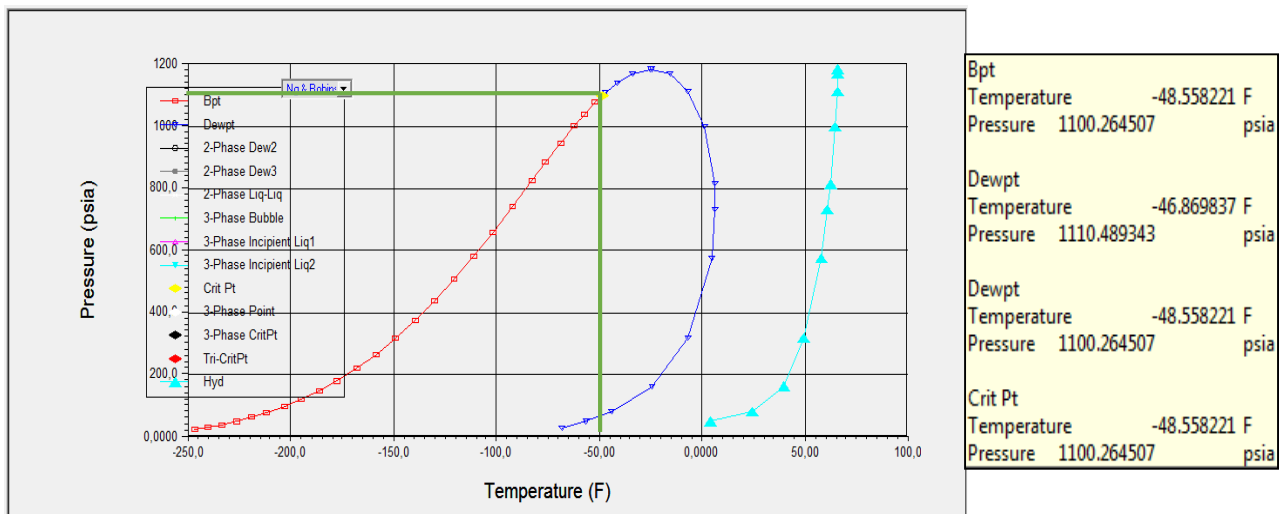
⁶⁸ SÁNCHEZ, et al, Op. cit, ppX

Tabla 29. Composición del gas a tratar.

Compuesto	Fracción Molar
Metano	0,8264125
Nitrógeno	0,0069019
CO2	0,0182778
Etano	0,0995811
Propano	0,0363771
I-Butano	0,0053555
N-Butano	0,0054340
I-Pentano	0,0008927
N-Pentano	0,0004781
Hexano	0,0002893
Total	1

Utilizando el software especializado Aspen HYSYS® se puede simular el diagrama presión-temperatura del gas de entrada a la estación, hallar su punto crítico, y obtener una importante fuente de información para el análisis de las propiedades físicas del gas cuando éste se descomprima.

Gráfica 31. Diagrama PT de la mezcla.



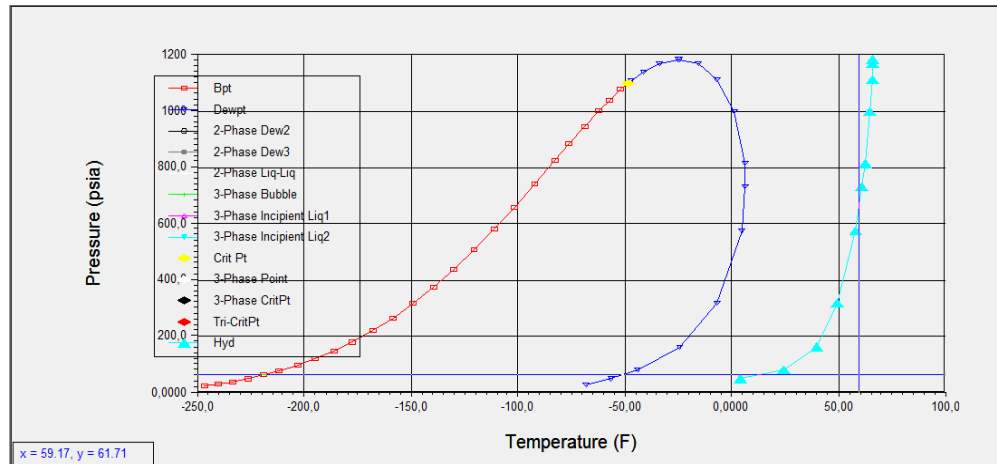
Fuente: HYSYS® adaptado por el autor.

El punto crítico de la mezcla se encuentra a una presión de 1097 psi con una temperatura de -50°F.

5.8.1 Condiciones PVT

Para verificar las condiciones PVT del gas se uso como fuente de gráfico el programa HYSYS, a continuación podemos observar la envolvente en tres etaoas analizadas:

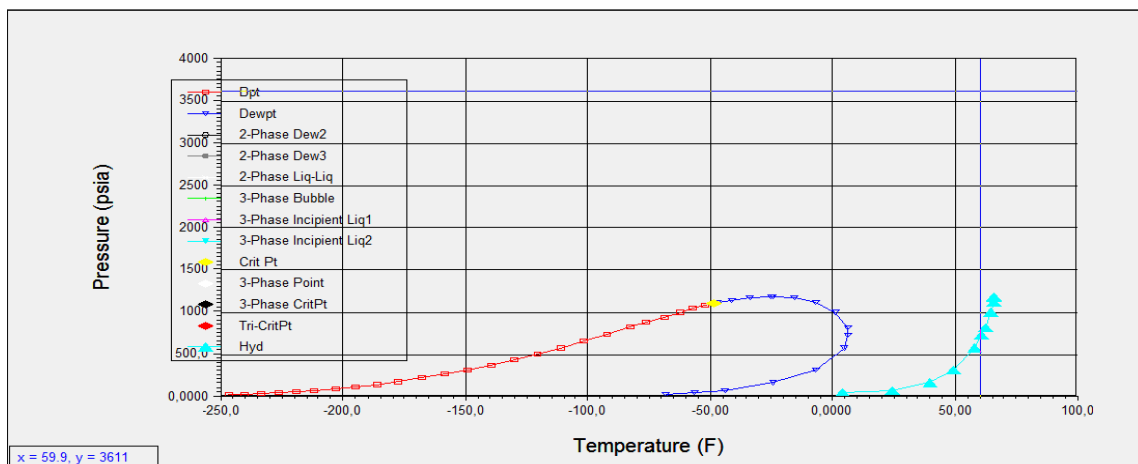
Gráfica 32. Envoltentes para gas de diseño



Fuente: HYSYS

El gas cumple condiciones RUT y con el acercamiento realizado a la gráfica podemos verificar que se encuentra alejado de la envolvente y no llega tampoco a la línea de formación de hidratos

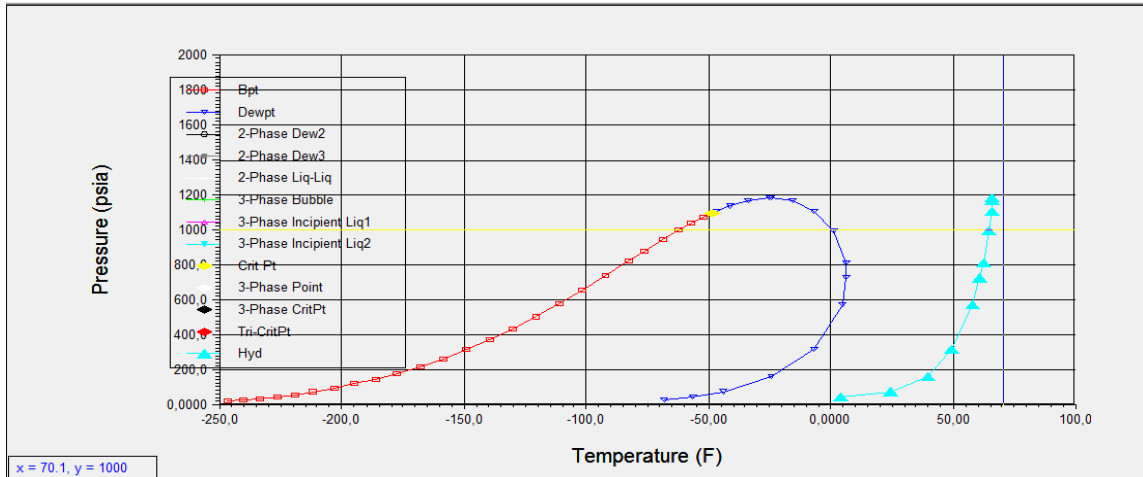
Gráfica 33. Condiciones de entrada a la estación.



Fuente: HYSYS.

En la primera etapa con condiciones de 3600psi y 60°F, concluimos que el gas se encuentra fuera de la envoltente y alejada de la línea de formación de hidratos.

Gráfica 34. Condiciones de salida de la primera etapa de regulación.

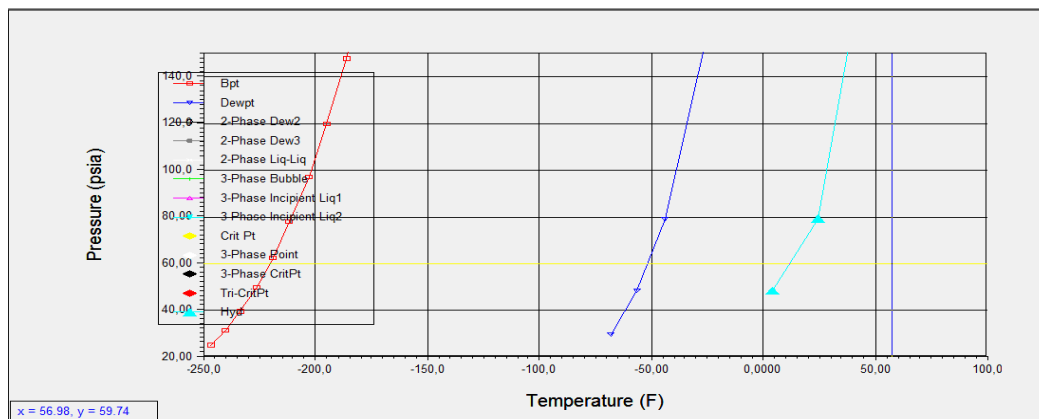


Fuente: HYSYS

En ella concluimos que el gas se encuentra fuera de la envoltente y alejada de la línea de formación de hidratos.

Al pasar por la primera válvula reguladora las nuevas condiciones del gas son 1000 psi y 70°F

Gráfica 35. Condiciones de salida a consumo de usuario.



Fuente: HYSYS

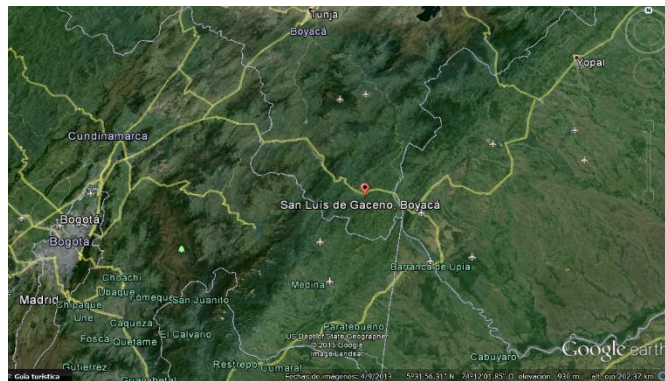
En este caso si bien es cierto las condiciones se acercan a la formación de hidratos, aún se mantiene alejada de este estado y alejado de la envoltente

En la última fase para salir al consumo de usuario el gas se encuentra a 60psi y a 60°F

6. UBICACIÓN E IMPLANTACIÓN DE LA ESTACIÓN DESCOMPRESORA

Se observa que el municipio de San Luis de Gaceno se encuentra la vía nacional que de Bogotá conduce hacia Yopal y que a la vez conecta Yopal con Tunja, esta ubicación estratégica a generado la construcción de vía 4G denomina “El Sisga – El Secreto – Aguaclara” esto genera un fácil acceso a la población y posibilita ubicar la estación de descompresión sobre dicho corredor.

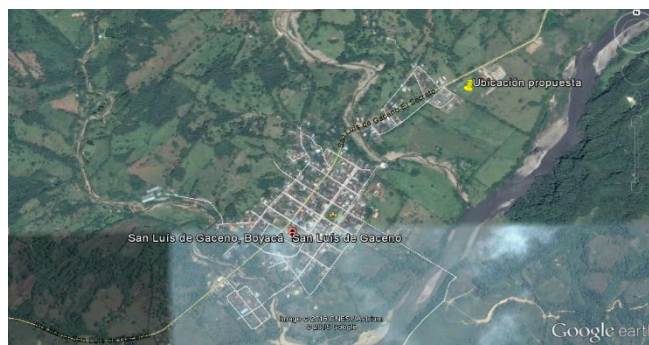
Gráfica 36. Plano 1 ubicación Municipio San Luis de Gaceno.



Fuente: Google Earth⁶⁹

Se propone ubicar la estación en el sector nororiental en la salida hacia El Secreto sobre la vía principal y alejada del centro del municipio; en cumplimiento de la norma el terreno es plano y se encuentra en sector no inundable, con una extensión que permite la implantación de la estación con los aislamientos de seguridad requeridos.

Gráfica 37. Plano 2 ubicación Municipio San Luis de Gaceno.



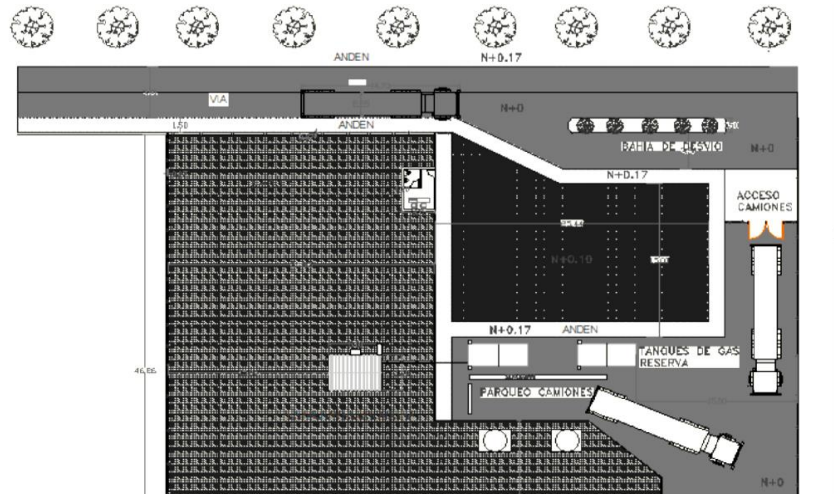
Fuente: Google Earth⁶⁵

⁶⁹ ⁶⁹ Google Earth

6.1 IMPLANTACIÓN

La implantación de la estación en el lote requiere tener en cuenta las condiciones de seguridad normativas y consideraciones de movilidad que garanticen el desempeño esperado tanto de la planta como de las actividades conexas y de la población.

Grafica 38. Planta de implantación



Para la implantación se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Disponer de una bahía de desvío sobre la vía principal de manera que el vehículo que transporta el gas no tiene que estacionar sobre la vía principal y así se disminuye el riesgo de accidente en el acceso al cargue o descargue.

Gráfica 39. Bahía 1

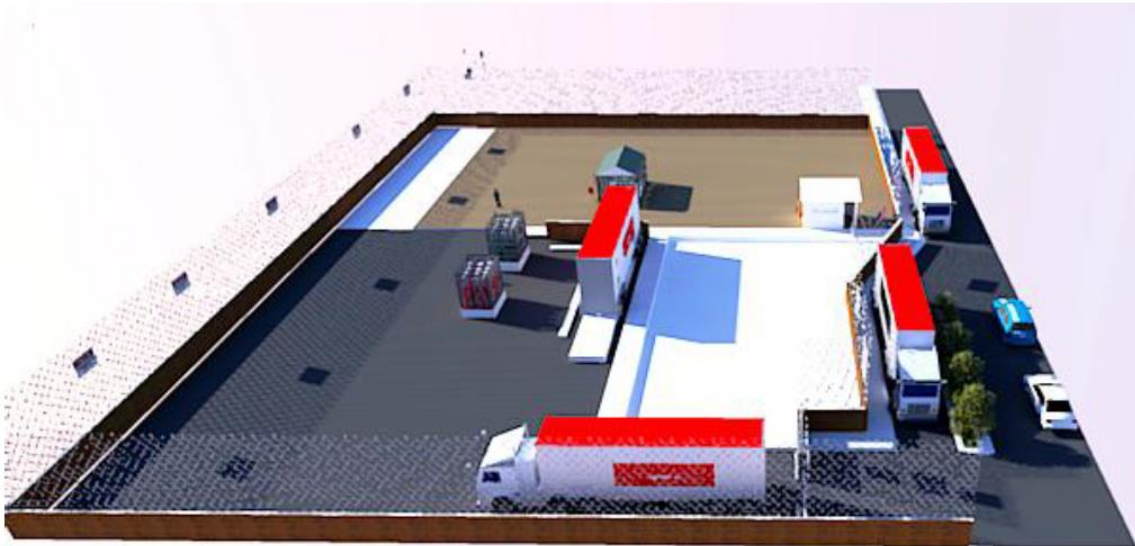


Gráfica 40. Bahía 2



- El patio de maniobras es suficientemente amplio para garantizar movilidad interna.

Gráfica 41. 3D general



- Ajustado a la norma la estación descompresora se ubica con aislamientos mínimos de 15 metros brindando seguridad a los habitantes de la población. La estación descompresora se ubica hacia el centro del lote garantizando las condiciones de ventilación y acceso requeridos.

Gráfica 42. Cerramiento y aislamiento



7. CONCLUSIONES

El municipio de San Luis de Gaceno, cuenta con características económicas y geográficas, que lo distancian de los puntos de conexión de gas natural por tuberías, se considera viable y posible la opción de desarrollar una estación descompresora de gas natural comprimido (GNC) que permita la implementación de un sistema de gas por redes hacia las residencias, comercios e instituciones del municipio, mejorando la calidad de vida y potenciando el desarrollo de la comunidad.

El diseño de la estación descompresora proyectada para el municipio de San Luis de Gaceno, garantiza el adecuado flujo y las condiciones RUT en el punto de salida a la red de distribución a los usuarios.

El diseño propuesto cumple con los objetivos planteados para el proyecto, y está en conformidad con todas las normas técnicas aplicables a estaciones de gas natural comprimido de ésta naturaleza.

8. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio financiero para evaluar la factibilidad del proyecto con una proyección a largo plazo.
2. Gestionar con los entes municipales y nacionales la posibilidad de la ejecución del proyecto para el municipio.
3. Desarrollar el proyecto pertinente para la extensión de redes urbanas en el municipio a la conexión de la estación descompresora.

BIBLIOGRAFÍA

- Normas técnicas.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistema de gestión de la calidad fundamentos y vocabulario. NTC-ISO 9001. Bogotá D.C.: El Instituto, 2005. 36 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Estaciones de carga y descarga de gas natural comprimido. NTC-5897. Bogotá D.C.: El Instituto, 2011. 1-23 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Líneas de transporte y redes de distribución NTC-3728. Bogotá D.C: El Instituto, 2001.p .73.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Estaciones de carga y descarga de gas natural comprimido. NTC-5897. Bogotá D.C.: El Instituto, 2011. 1 -30p. En:
<http://www.sipg.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=LvhGrMv%2Bt3E%3D&tabid=38&language=es-CO>

NACIONAL REGULADOR DE GAS. Norma Argentina para el proyecto, Construcción, operación y mantenimiento de Plantas de Carga y Descarga de GNC y GNP a granel. NAG-443

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. Gas Transmission and Distribution Piping Systems. ASME B31.8-2010 212p.

UPME. Plan indicativo de abastecimiento de gas natural. Subdirección de Hidrocarburos. Versión marzo de 2015. 18-26p. En:
http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/Plan_Indicativo_Gas_Natural_2015.pdf

UPME. Balance de gas natural en Colombia. Unidad de Planeación Minero Energética. Versión febrero de 2015-2023. P. 01-29. En:
http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/BALANCE_GAS_NATURAL_FINAL.pdf

UPME. Balance de gas natural en Colombia 2015-2024. Versión agosto de 2015 p1-26. En:
http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/BALANCE_GAS%20NATURAL_Agosto_2015.pdf.

- Normas Jurídicas Leyes, decretos, resoluciones:

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA Ley 142. (11, julio, 1994). Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D.C., 1994. Art. 14, núm. 14.28.

COLOMBIA. COMISION DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución 057. (30, julio, 1996). Por la cual se establece el marco regulatorio para el servicio público de gas combustible por red y para sus actividades complementarias. Bogotá, D.C., 1996. Cap. I. Art. 1.

POT. Plan de Ordenamiento Territorial. *Tiempo de integración con visión de progreso 2012-2015*. Municipio de san luis de Gaceno-Boyacá. Pág. 28-50.

- Artículos y libros:

BENEDIC. Robert. *Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurements*. Canadá. 1984.

BENJUMEA CANO, Walter Eusebio, Trabajo de Investigación llamado “Análisis de factibilidad técnico Económica y Diseño de la red de gas domiciliario en el municipio de Chinacota (Norte de Santander)”. Universidad Industrial de Santander. 2007.

CEBALLOS, Omar. Samuel. Propuesta de solución al problema de suministro de gas natural. Trabajo de posgrado especialización en gerencia de producción y operaciones. Colombia. Universidad de la Sabana 2012. P. 27-39.

CADENA. Ángela. HERRERA, Beatriz. GONZALEZ. Guillermo. *ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL EN COLOMBIA*. Colombia. UPME-MinMinas. 2012. P. 20.

CUERVO. Luis, *Introducción al derecho y l apolítica de petróleos*. Bogotá. D.C, Colombia. 1 a edición. Pontificia Universidad Javeriana. 2003. 33-35p.

DELVAST. Gustavo. *Diseño y Operaciones de Redes de Distribución de Gas. Especialización de Ingeniería del Gas*. 2014. 81 P.

ESCOBAR Garcia, Diego A.; Orozco García, Francisco J. Análisis de accesibilidad aplicado a la distribución de gas natural comprimido *Revista de Ingeniería*, núm. 37, julio-diciembre, 2012, pp. 19-25 Universidad de Los Andes Bogotá, Colombia.

GUERRERO. Fernando, LLANO. Antonio. *Gas Natural en Colombia-GAS e.s.p.* Cali. Colombia. Estudios gerenciales. 2003. 115-146.P.

MATEUS, Henry. Proyecto de masificación del gas natural domiciliario para algunos municipios del sur de Santander. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Universidad Industrial de Santander. Colombia. 2004. P 69-75.

MUÑOZ. Samuel. FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA DE YACIMIENTOS DE GAS. Colombia. Especialización de Ingeniería del Gas. 2013. P. 38-45.

PARRA. Enrique. PETROLEO Y GAS NATURAL: INDUSTRIA MERCADOS Y PRECIOS. España: Akal, 2003. 327 p

TABARQUINO, Raúl. LOS SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS EN COLOMBIA: UNA MIRADA DESDE LA CIENCIA DE LA POLÍTICA PÚBLICA Y LA REGULACIÓN. Colombia 2011. Ed: EUMED.NET (SEJ 309) ISBN: 978-84-694-5338-4 v. 1 pág. 212.

- Infografía:

DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística en: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>.

http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/Abastecimiento_Energetico_Surtigas_Voct26m.pdf

http://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/ASIS_2013/ASIS%20SAN%20LUIS%20DE%20GACENO%202013.pdf

<http://businessnews.com.ng/business/releases>

Distribuidor Eagle en: <http://www.cadsoftusa.com>

Distribuidor Fiorentini en: <http://www.fiorentini.com/ww/es>
<http://www.fiorentini.com/ww/es/product/components/pilot-operated-pressure-regulators/reflux819>

https://www.fiorentini.com/media/files/143_187_staflux_187_ct-s516-e_february_2011.pdf

Distribuidor Itron en: <https://www.itron.com/Pages/localization.html>

<http://www.superservicios.gov.co/content/download/4717/45522/file/Glosario-general-jul-14.pdf>.

<http://www.tecnogas.net/es/products/filtro-flangiato-per-gas-metano-pn16>

http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/BALANCE_GAS_NATURAL_FINAL.pdf