

**DISEÑO PRELIMINAR PARA LA CONSTRUCCION DEL GASODUCTO TRAMO
FUNDACION-MAGDALENA A BOSCONIA-CESAR**

**MIGUEL ANGEL FLOREZ LOPEZ
JOSE DANIEL MARTINEZ PABON**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2011

**DISEÑO PRELIMINAR PARA LA CONSTRUCCION DEL GASODUCTO TRAMO
FUNDACION-MAGDALENA A BOSCONIA-CESAR**

**MIGUEL ANGEL FLOREZ LOPEZ
JOSE DANIEL MARTINEZ PABON**

Trabajo de Grado para optar al Título de Ingeniero de Petróleos

**Director
Ing. JULIO CESAR PÉREZ ANGULO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2011

AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios por todas esas energias que me diste y por estas siempre con migo.

Gracias a todas a quellas personas que de una u otra forma incidieron y aportaron un granito de arena, para que hoy se diera y se viera el resultado de tanto esfuerzo.

a Alix Pabon mi querida madre, Jose Antonio Martinez mi padre, y mis queridos hermanos Fabian Antonio Martinez y Madeline martinez. Familia Linda y Bella.

A todos mis amigos en especial a Nestor Cardozo, Andres Romero, Henry Castro y Leonardo Beltran.

A personajes que me patrocinaron como Carlos Alfonso Cote y Jaime Alonso muchas gracias.

A ti Edith Cañas te quiero Mucho.

Gracias.

José Daniel Martínez Pabón

Gracias Dios por acompañarme en cada instante de este proceso

A tía Berta López por Colaborarme y Darme el gusto de hoy ser Ingeniero de Petroleos

A tía Teresa López por su apoyo

A mi Madre Mercedes López que en paz descansa

A todos los Compañeros que me colaboraron en especial a Luis Uyasaba y Gustavo Rojas

A la familia Martínez Pabón: Alix pabón, José Antonio Martínez y José Daniel Martínez

Muchas Gracias por esta Felicidad.

Miguel Ángel Flórez López

AGRADECIMIENTOS

Los Autores expresan lo más sinceros agradecimientos a:

A la universidad Industrial de Santander y la Escuela de Ingeniería de Petróleos por brindarnos su espacio para nuestra formación académica, personal y profesional.

Al ingeniero Julio Cesar Pérez Angulo, director de este proyecto por brindarnos esta oportunidad y enseñanzas durante nuestra formación profesional.

Al Ingeniero Nicolás Santos Santos, Calificador de este proyecto por su gran gestión en la escuela y su guía durante nuestra formación profesional.

A la Ingeniera Helena Margarita Ribon, Calificadora de este proyecto y por su permanente guía y recomendaciones.

A todos los Profesores de la Escuela de Ingeniería de Petróleos, por su valiosa contribución a nuestra formación tanto integral como profesional.

A todas las amistades que durante el transcurso, tuvimos la oportunidad de compartir, nunca se les olvidará, Hoy después de tantos momentos de alegrías y tristezas podemos decir con corazón pleno: se les quiere mucho y cuenten con nosotros.

A la familia Martínez Pabón y la Familia Flórez López muchas gracias por todo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	19
1. GENERALIDADES DEL GAS NATURAL.....	20
1.1 PLAN DE MASIFICACION DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA	23
1.2 MARCO LEGAL Y NORMATIVIDAD DE LA INDUSTRIA DEL GAS	25
1.2.1 Entidades vinculadas al manejo del gas en Colombia y sus funciones	27
1.3 OFERTA DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA.....	32
1.4 DEMANDA DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA	32
2. GASODUCTOS	34
2.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	34
2.1.1 Clases de Localidad para Diseño y Construcción	34
2.1.2 Presión de Diseño.....	35
2.1.3 Cálculo del Flujo de Gas	38
2.2 RED NACIONAL DE GASODUCTOS.....	41
2.3 GASODUCTO BALLENA-CARATAGENA-JOBO	43
2.3.1 Sistema de gasoductos de Promigas S.A E.S.P. PROMIGAS S.A E.S.P.....	43
2.3.2 Estaciones del gasoducto	44
2.3.3 Sistemas de compresión.....	44
3. DESCRIPCION DE LAS REGIONES BENEFICIADAS CON EL PROYECTO..	46
3.1 DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	46
3.2 CORREGIMIENTO DE SANTA ROSA DE LIMA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA	57
3.2.1 Geografía.....	57
3.2.2 Economía.	58

3.3 CORREGIMIENTO DE CARACOLICITO EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	58
3.3.1 Reseña histórica	58
3.3.2 Geografía.....	59
3.3.3 Economía.	60
3.3.4 Servicios públicos.	60
3.4 MUNICIPIO DE EL COPEY	60
3.4.1 Reseña histórica	60
3.4.2 Geografía.....	60
3.4.3 Economía.	61
3.4.4 Servicios públicos.	62
3.5 MUNICIPIO DE BOSCONIA	62
3.5.1 Reseña histórica	62
3.5.2 Geografía.....	63
3.5.3 Economía	64
3.5.4 Servicios públicos	64
3.6 CONSIDERACIONES SISMICAS	65
4. DISEÑO DEL GASODUCTO	67
4.1 RUTA DEL GASODUCTO	67
4.1.1 Alternativa 1	67
4.1.2 Alternativa 2.....	68
4.1.3 Alternativa 3.....	69
4.2 MODELO DE SIMULACIÓN	73
4.2.1 Simulador de Proceso.....	73
4.2.2 Montaje del Modelo de Simulación.	74
4.2.3 Demanda	78
4.3 ANALISIS DE RESULTADOS.....	79
4.4 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LA CONDUCCIÓN	85
4.4.1 Tubería de Diseño	86
4.5 DERECHO DE VÍA Y ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS	89

4.5.1 Derecho de Vía.....	89
4.5.2 Cruces Especiales.....	90
4.5.3 Transporte y Tendido de Tubería.....	93
4.5.4 Almacenamiento.....	94
4.5.5 Predoblado y Doblado de la Tubería.....	95
4.5.6 Alineación y Soldadura.....	95
4.5.7 Apertura de la Zanja.....	103
4.5.8 Bajado de la Tubería.....	103
4.5.9 Prueba de presión.....	104
4.5.10 Prueba preliminar.....	104
4.5.11 Prueba definitiva.....	105
4.5.12 Tapado de la tubería.....	106
4.5.13 Cinta de Señalización.....	106
4.5.14 Limpieza de tubería (Barrido)	107
5. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA).....	108
5.1 ESTRATEGIAS PARA LA APLICACIÓN DEL PMA.....	108
5.1.1 Concertación en el Área del Proyecto.....	109
5.1.2 Acción Integrada entre los Programas del PMA	109
5.1.3 Relaciones con la Comunidad para el Apoyo al Área con Proyectos de Carácter Socio-Ambiental	109
5.1.4 Evaluación Periódica del Desarrollo del Proyecto	109
5.2 MEDIDAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	110
5.2.1 Prevención y Control.....	110
5.2.3 Movilización de Equipo, Manejo y Transporte de Tubería.....	115
5.3 MITIGACIÓN Y RESTAURACIÓN.....	118
5.3.1 Solicitud del Permiso de Aprovechamiento Forestal.....	118
5.3.2 Adecuación, Conformación y Manejo de Áreas Físicas.....	120
5.3.3 Apertura de Zanja y Tapado de Tubería.....	124
5.3.4 Cruce de Corrientes Superficiales.....	126
5.3.5 Cruce de Vías.....	128

5.3.6 INTERVENTORÍA AMBIENTAL.....	129
5.3.7 Manejo de residuos sólidos.....	132
6. ANALISIS ECONOMICO	145
6.1 VALOR DE LA INVERSIÓN.....	145
6.2 COSTOS DE ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	145
6.3 DEMANDA.....	147
6.4 COSTOS.	148
6.5 COMPARACIÓN COSTOS DEL GLP vs. GAS NATURAL	150
6.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA	151
CONCLUSIONES.....	154

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Composición típica del Gas Natural.	23
Figura 2: Cobertura de municipios atendidos, Kms de gasoducto.....	24
Figura 3. Consumo de Gas Natural Domiciliario (MPCD)-Junio 2010	32
Figura 4. Demanda de gas natural por sectores 2010	33
Figura 5. Mapa de la Red Nacional de Gasoducto.....	42
Figura 6. Mapa del Gasoducto Ballena-Cartagena-Jobo	44
Figura 7: Ubicación geográfica del corregimiento de Santa Rosa de Lima	57
Figura 8: Ubicación geográfica del corregimiento de Caracolcito	59
Figura 9: Ubicación geográfica del municipio de El Copey	61
Figura 10. Servicios con que cuentan las viviendas de El Copey-Censo DANE ...	62
Figura 11: Ubicación geográfica del municipio de Bosconia	63
Figura 12. Servicios con que cuentan las viviendas de Bosconia-Censo DANE ...	64
Figura 13. Mapa de amenazas sísmicas-Buscador geotécnico de INGEOMINAS	66
Figura 14: Esquema General Alternativa 1	68
Figurara 15: Esquema General Alternativa 2	69
Figura 16: Esquema General Alternativa 3	70
Figura 17. Perfil topográfico Fundación-Bosconia.....	76
Figura 18. Mapa de rangos de temperaturas en Colombia	77
Figura 19. Variación de la Presión VS. Perfil Topográfico del Gasoducto Fundación - Bosconia.....	80
Figura 20. Variación de la Temperatura VS. Perfil Topográfico del Gasoducto Fundación - Bosconia	80
Figura 21. Variación de la Fracción de Vapor VS. Perfil Topográfico del Gasoducto Fundación - Bosconia	81
Figura 22. Variación de la Presión Vs Temperatura.....	81

Figura 23. Grafica de simulación del tramo de Gasoducto Fundación-Bosconia...	84
Figura 24. Tubería de Polietileno de alta densidad (PEAD)	88
Figura 25. Cruce Subfluvial Típico en Corrientes Principales.....	93
Figura 26. Máquina para soldadura de Termofusión	96
Figura 27. Alineación del Tubo	98
Figura 28. Encadenamiento inicial	100
Figura 29. Estructura molecular	100
Figura 30. Uniones a tope-Errores usuales.....	101
Figura 31. Uniones a tope-Bien realizadas	102
Figura 32. Detalle de la soldadura en tubos de PEAD mediante Termofusión	102
Figura 33. Detalle de Colocación y Tapado de la Tubería	106

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cuadro Resumen Regulación de Gas Natural en Colombia.....	31
Tabla 2. Factores de Transmisión en Ecuaciones de Flujo en Tuberías	40
Tabla 3. Especies vegetales registradas en el área de influencia del proyecto	51
Tabla 4. Mastofauna registrada en el área de influencia del proyecto.....	55
Tabla 5. Ornitofauna registrada en el área de influencia del proyecto.....	55
Herpetofauna	56
Tabla 6. Herpetofauna registrada en el área de influencia del proyecto.....	56
Tabla 7. Distancia entre municipios	71
Tabla 8. Cromatografía de Diferentes Cargas del Gas Guajira	75
Tabla 9. Calidad del Gas Guajira	76
Tabla 10. Valores de temperatura ambiente para esta zona.....	78
Tabla 11. Estimación del Consumo de Gas Natural a partir del Número de Viviendas en la Cabecera Municipal	79
Tabla 12. Datos de presión y temperatura de llegada y salida en cada uno de los municipios y corregimientos arrojados por la simulación en hysys.....	82
Tabla 13. Costo Total de Construcción del Gasoducto Fundación-Bosconia	146
Tabla 14. Estimación del Número de Viviendas y Consumo de Gas Natural para la Totalidad de las viviendas de los Municipios y Corregimientos Beneficiados con el Proyecto.	147
Tabla 15. Estimación del Consumo de Gas Natural para la Totalidad de la Población Beneficiada con el Proyecto.	148
Tabla 16. Estimación de la inversión y AO&M para cada una de las alternativas	149
Tabla 17. Estimación Flujo de Caja del Proyecto (Alternativa 3).	152
Tabla 18. Estimación Resultados Flujo de Caja del Proyecto	153

RESUMEN

TITULO:

DISEÑO PRELIMINAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GASODUCTO TRAMO FUNDACION- MAGDALENA A BOSCONIA CESAR*

AUTORES:

JOSE DANIEL MARTINEZ PABON **
MIGUEL ANGEL FLOREZ LOPEZ

PALABRAS CLAVES:

Gas natural, Gasoductos, demanda, transporte, simulación, plan de manejo ambiental.

DESCRIPCIÓN

El gas natural y todas sus ventajas técnicas, económicas y ecológicas presentan una formidable oportunidad de desarrollo y mejor calidad de vida para cualquier región que tenga la suerte de recibirlo en forma adecuadamente planificada y orientada al beneficio general.

Por otro lado las ventajas del consumo del gas natural como combustible son las siguientes: combustión más limpia que otros combustibles, lo que facilita la exigencia de las normas ambientales, presentando precios competitivos y ventajas operacionales.

Siguiendo con el plan de masificación del gas natural fue necesario realizar la aplicación de un nuevo gasoducto regional, para ampliar la cobertura de población beneficiada con este recurso. Se diseñó un gasoducto desde fundación Magdalena a Bosconia Cesar, con el objetivo de suministrar el gas natural a los municipios aledaños al tramo, Los cuales son: los corregimientos de Santarosa de lima y Caracolcito, junto con los municipios copey y Bosconia cesar. El proyecto inicialmente presenta generalidades del gas natural, gasoductos y descripción de las regiones beneficiadas con el mismo.

Para el gasoducto se realizó un análisis técnico, donde se plantea las alternativas para el posible trazado y posteriormente se desarrolló un plan de manejo ambiental, con el fin de minimizar y mitigar los posibles impactos ambientales. Se analizó la viabilidad a una de las alternativas del proyecto. Por último se realizó un análisis económico teniendo en cuenta los parámetros financieros TIR, VPN.

Basados en los resultados técnicos y Ambientales se da un concepto de viabilidad a la alternativa contemplada en el proyecto, pero económicamente el proyecto no es viable para la ejecución del gasoducto, el cual se conecta desde fundación hasta el municipio de Bosconia; por lo tanto se recomienda a los respectivos inversionistas manejar una tasa de descuento menor al valor de la TIR, para que el proyecto sea económicamente viable.

* Proyecto de grado

** Facultad de Físico-Químicas. Escuela Ingeniería de Petróleos. Director: Ingeniero Julio Cesar Pérez Ángulo.

SUMMARY

TITLE:

PRELIMINARY DESIGN FOR PIPELINE CONSTRUCTION, MAGDALENA A FOUNDATION SECTION BOSCONI CESAR.*

AUTHORS:

JOSE DANIEL MARTINEZ PABON**
LOPEZ MIGUEL ANGEL FLOREZ

KEYWORDS:

Natural gas pipelines, demand, transportation, simulation, environmental management plan.

DESCRIPTION

The natural gas and all its technical advantages, economic and ecological present a good opportunity for development and improved quality of life for any region that has the lucky enough to receive it, properly planned and directed for overall benefit.

On the other hand the advantages of natural gas consumption as fuel are: burns cleaner than other fuels, which makes easy the requirement of environmental standards, introducing competitive pricing and operational advantages.

Following the plan of massing of natural gas, it was necessary the application of a new regional pipeline to expand the coverage of the population that have benefited this resource. Was designed a pipeline from Cesar Bosconia to Magdalena foundation with the objective of supplying natural gas to municipalities bordering the stretch, they are: the villages of Santarosa and Caracolicito, together with municipalities and Bosconia Cesar and the Copey. The project initially presented an overview of natural gas pipelines and description of the regions that benefit from it.

For pipeline was elaborated technical analysis, which raises the possible alternatives for layout and later was developed an environmental management plan, in order to minimize and mitigate potential environmental impacts. We analyzed the viability of the project alternatives. Finally, we performed an economic analysis taking into account the parameters financial IRR, NPV. based on the technical and environmental was feasibility concept gives the alternative provided for in the project but the project economically not feasible to implement in the gas pipeline, which foundation connects to municipality with Bosconia; so is recommended to the respective investors handle a lower discount to the rate to the value of the IRR, for that project be economically viable.

* Grade Project

** Physiochemical Engineering College. Petroleum Engineering School. Director: Engineer Julio Cesar Pérez Ángulo

INTRODUCCION

Este estudio se enmarca dentro de los grandes objetivos del Plan de Masificación del Gas Natural en Colombia, de introducción del gas natural y desarrollo de la gasificación de regiones que están dotadas de forma insuficiente de este recurso energético. Esta energía supone un agente de calidad en el control de la contaminación atmosférica, ya que tanto su generación como el transporte y distribución, apenas causan afecciones de consideración.

En este sentido, el gas natural supone una herramienta para el desarrollo de la actividad comercial, agrícola e industrial, que hará más eficaces, desde el punto de vista energético, a los agentes productivos y promoverá una nueva dinámica industrial.

La construcción de este gasoductos contribuye también a la calidad del medio ambiente porque facilita la disponibilidad de combustibles más limpios para producir energía o para uso industrial en esta población Cesarense.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente estudio tiene como finalidad fundamentar las bases para la identificación de la viabilidad financiera para un futuro desarrollo de este proyecto para el municipio de Bosconia en el departamento del Cesar.

1. GENERALIDADES DEL GAS NATURAL

¿Qué es el gas natural?

Mezcla de hidrocarburos livianos en estado gaseoso, conformada principalmente por metano y etano y en menor proporción por propano, butano, pentano, y otros hidrocarburos más pesados.

Se puede medir en unidades de volumen (metros cúbicos m³ ó pies cúbicos ft³) o de energía (kilovatio hora kWh o unidades caloríficas BTU).

Propiedades del gas natural

Es incoloro, inodoro, inflamable y no es tóxico, es un excelente combustible debido a que se quema fácil y completamente produciendo poca contaminación.

Principales usos del gas natural

- **Materia prima**
 - Industria petroquímica
 - Industria de fertilizantes y químicos inorgánicos.

- **Combustible**
 - Generación térmica
 - Doméstico y comercial
 - Transporte GNV.

Estructura de la Industria

Los diferentes sectores consumidores de gas natural se pueden agrupar de la siguiente manera:

- **Producción**

La producción de gas incluye las actividades de exploración y explotación. La exploración es la primera actividad en la cadena del gas natural y se desarrolla simultáneamente tanto para gas como para el petróleo. La exploración es realizada por empresas petroleras públicas y privadas.

- **Transporte**

El gas natural es recibido en boca de pozo y transportado por los gasoductos hacia los centros de consumo en donde es recibido a “entrada de ciudad”. Los costos del transporte de gas están asociados a costos por capacidad – costos fijos- y cargos por volumen transportado -costos variables.

- **Distribución**

Una vez el gas llega a la entrada de las ciudades desde los yacimientos a través de las redes troncales, es distribuido a los consumidores finales (residenciales, industriales, comerciales e institucionales) a través de redes urbanas.

Todas las anteriores son etapas por las que pasa el gas natural para llegar desde un pozo productor hasta un consumidor final.

- **Comercialización**

Los usuarios, quienes finalmente demandan el gas, no acuden al productor o al transportador para hacer compras de gas. Se requiere entonces de un cuarto agente que coordine las acciones entre los usuarios finales y los agentes en la producción, el transporte y la distribución. Este agente se denomina Comercializador. El comercializador puede aparecer en todas las etapas de la cadena. Por ejemplo, aparece en la etapa de producción cuando compra gas de los productores, aparece en el transporte cuando alquila la red de gasoductos troncales pagando un “cargo por transporte” y aparece en la distribución cuando alquila redes urbanas para llevarle el servicio a un consumidor final.

Marco regulatorio

La ley 143 y 142 de 1.994 asignó a la CREG, en relación con los sectores eléctricos y gas combustible, las funciones de regulación orientadas a crear las condiciones que garanticen una oferta energética, liberar el mercado hacia la libre competencia, definir metodologías para cálculos tarifarios a usuarios regulados y finales, bajo criterios económicos, sociales, ambientales y de competencia.

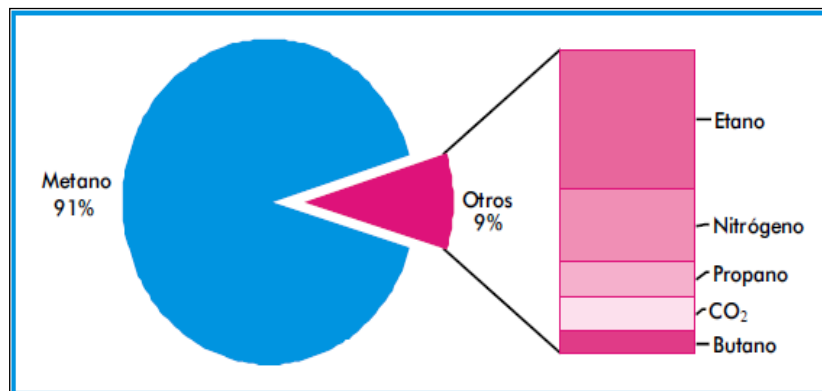
El mercado mundial del gas natural, se caracteriza por la existencia de centros de alta demanda de gas los cuales en su mayoría se encuentran alejados de los campos de producción, por lo tanto, el mayor reto en la actualidad, consiste en poder llevar el gas a los centros de consumo, para lo cual además de los medios tradicionales (gasoductos), se han desarrollado nuevas tecnologías que han permitido transportar el gas de manera económica, a centros de consumo distantes de los campos productores, como es el caso del GNL, que permite el transporte de gas en grandes buques cisternas.

El Gas Natural es una fuente de energía no renovable, ya que se trata de un gas combustible que proviene de formaciones ecológicas que se encuentra conformado por una mezcla de gases que mayormente suelen encontrarse en yacimientos de petróleo, solo, disuelto o asociado (cuando al ser extraído del yacimiento está mezclado con el crudo) con el mismo petróleo y en depósitos de carbón.

Si bien dependiendo del yacimiento del cual se extrae variará su composición, el metano resulta ser su mayor composición (Figura 1), pudiendo superar estas cantidades de entre 90 o 95%¹. Pero también, el gas natural suele contener otros gases como ser CO₂, Nitrógeno, H₂S y Helio, en tanto, son estos componentes los que hacen que el uso del gas natural sea altamente contaminante.

¹ <http://www.definicionabc.com/general/gas-natural.php>

Figura 1. Composición típica del Gas Natural.



Fuente: Boletín Energético N° 19- Aspectos Técnico económicos del GNL

Además de cómo mencionamos se obtiene en yacimientos fósiles, el gas natural puede obtenerse a través de la descomposición de restos orgánicos, como ser basurales, vegetales o hasta gas de pantanos.

1.1 PLAN DE MASIFICACION DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA²

El transporte del gas natural en Colombia se inició en los años 60 en la Costa Atlántica a partir de una iniciativa gubernamental que rápidamente llamó la atención del sector privado.

Inicialmente se atendió el sector térmico y luego se incursionó en los mercados residencial, comercial y de la pequeña industria. La penetración del mercado se dio mediante la implementación de estrategias que impulsaran el uso de este combustible como servicio público.

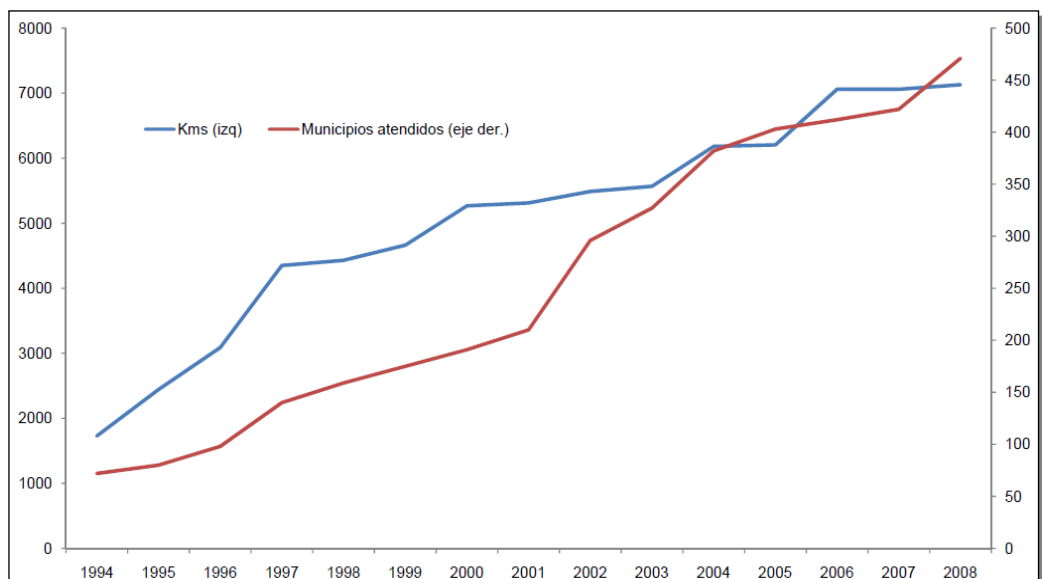
En 1986 se inició el Plan de Masificación del Gas Natural en Colombia, el cual fomentó la construcción de una infraestructura de transporte que conectó a Bogotá, la capital, y otros importantes mercados de la zona central del país, con los grandes yacimientos de gas natural de la costa Caribe Colombiana.

² <http://www.promigas.com/wps/wcm/connect/Promigas/Otros+Vinculos/El+Sector+Gas+Natural/>

Entre los factores de éxito en la masificación del gas natural están: la definición de un marco regulatorio apropiado, el programa de gasoductos regionales, la adecuada política energética y los esfuerzos comerciales de las empresas del sector. El marco regulatorio permitió la participación de inversionistas privados, la creación de instituciones de control del sector y la implementación del sistema de subsidios cruzados. Gasoductos regionales ha contado con el impulso y el apoyo del Gobierno Nacional, el cual, por intermedio de la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, reconoce estas inversiones y las remunera en las tarifas de transporte de gas.

Debemos resaltar que con una puntuación de 78,6%, por cuarto año consecutivo el gas natural ha sido el servicio líder en satisfacción según calificación de sus usuarios, de acuerdo con lo revelado por la encuesta contratada anualmente por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, así como también ha aumentado la cobertura de municipios atendidos con este recurso energético.

Figura 2: Cobertura de municipios atendidos, Kms de gasoducto



Fuente: Resoluciones CREG, empresas del sector, Promigas, Inf. Anuales Ecogas, Coronado y Uribe (2005)

Los objetivos del Plan de Masificación del Gas se pueden agrupar en tres categorías:

- **Energéticos:** Promover el uso eficiente de las reservas disponibles de hidrocarburos, especialmente las del gas natural, facilitando una oferta de energéticos flexible, suficiente y diversificada.
- **Socio-económicos:** El uso eficiente de los energéticos da viabilidad al establecimiento de una canasta de energéticos más económica, acorde con el nivel de ingreso de la población.
- **Ambientales:** Al ser el gas un combustible limpio, eficiente y abundante, permitirá reemplazar la utilización de energéticos altamente contaminantes.

1.2 MARCO LEGAL Y NORMATIVIDAD DE LA INDUSTRIA DEL GAS

Todos los procesos involucrados en llevar a cabo la construcción de gasoductos, red de distribución de gas domiciliario y la comercialización del mismo, deben estar ceñidos a una serie de normas y leyes que rigen todos los aspectos relacionados con este propósito. Tanto para los materiales utilizados en la elaboración de los diferentes equipos y accesorios, como los criterios a tener en cuenta para el diseño e implementación de redes domiciliarias de gas, garantizando la seguridad e integridad pública.

Existen una gran cantidad de normas técnicas y resoluciones emanadas de entidades competentes en el ámbito internacional como lo son:

- **American National Standards Institute, ANSI:**

Administra y coordina la estandarización voluntaria Americana. Refuerza la competitividad de la industria americana y su calidad.

- **American Petroleum Institute, API:**

Cubre la producción de materiales y lubricantes y certificación para tanques de almacenamiento, recipientes de presión e inspectores de tubería. Publican prácticas recomendadas, informes de investigación, especificaciones en tuberías, válvulas, estructuras, procedimientos para responder ante derrames de petróleo, protección del medio ambiente, exploración y mucho más.

- **American Society of Mechanical Engineers, ASME:**

Desarrolla normas aplicables a tuberías y desarrolla códigos y normas para la ingeniería, la industria, el público y el gobierno. Existen más de 600 normas publicadas por ASME dentro de las cuales se destacan:

- ASME V 14.5 M – 1994: Dimensiones y tolerancias.
- ASME B16.5-1996: Flanges y montaje de flanges en tuberías.
- ASME B 31.4 – 1998: Sistemas de transporte por tuberías de hidrocarburos y otros líquidos.
- ASME B31.8: Sistemas de transporte y distribución de Gas por tuberías.

- **American Society for Testing and Materials, ASTM:**

Sociedad Americana de prueba de materiales. Desarrollo y publicación de estándares para materiales, productos, sistemas y servicios.

- **Normas Colombianas de diseño y construcción sismoresistentes, NSR:**

Las normas sismoresistentes presentan requisitos mínimos, que en alguna medida, garantizan que se cumpla el fin primordial de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte.

- **National Association of Corrosion Engineers, NACE:**

Promueve el conocimiento público de la salud, seguridad, materiales de medio ambiente y económicas para el control de la corrosión, degradación de los materiales, promoción. Diseño e investigación, las consecuencias de la corrosión y los beneficios del control de la corrosión para conservar la infraestructura, conservar los recursos naturales y el medio ambiente.

- **American Gas Association, AGA:**

Normas internacionales para el diseño y construcción de fluidos gaseosos.

1.2.1 Entidades vinculadas al manejo del gas en Colombia y sus funciones.

Todos los aspectos relacionados con la regulación, vigilancia, ejecución de contratos y control de la industria del gas en general, en Colombia, se hace mediante autoridades competentes, tales como el Ministerio de minas y energía (MME), la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), la Superintendencia de Servicios Públicos (SSPD) y la Empresa Colombiana de Gas ECOGAS.

A continuación se nombrarán las principales funciones de estas entidades vinculadas al sector del gas en nuestro país.

Ministerio de Minas y Energía (MME)

EL Ministerio de minas y energía en relación con los servicios públicos de energía y gas combustible tiene las siguientes funciones:

- Señalar los requisitos técnicos que deben cumplir las obras, equipos y procedimiento que utilicen las empresas de servicios públicos del sector, cuando la comisión respectiva haya resuelto por la vía general que ese

señalamiento es realmente necesario para garantizar la calidad del servicio, que no implica restricción indebida a la competencia.

- Elaborar máximo cada cinco años un plan de expansión de la cobertura del servicio público que debe tutelar el Ministerio, en el que se determinen las inversiones públicas que deben realizarse, y las privadas que deben estimularse.
- Identificar fuentes de financiamiento para el servicio público respectivo, colaborar en las negociaciones del caso, y procurar que las empresas del sector puedan competir en forma adecuada por esos recursos.
- Identificar el monto de los subsidios que debería dar la Nación para el respectivo servicio público, y los criterios con los cuales deberían designarse; hacer las propuestas del caso durante la preparación del presupuesto de la Nación.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)

Esta unidad fue creada por el Artículo 12 del Decreto 2119 de 1992 y el Artículo 13 de la Ley 142 de 1994 la organizó como una unidad administrativa especial con un patrimonio propio, personería jurídica, régimen especial en la materia de contratación, administración de personal, salarios, prestaciones y autonomía presupuestal.

Las principales funciones de la UPME, asignadas por la Ley son las siguientes:

- Establecer los requerimientos energéticos de la población.
- Establecer la manera de satisfacer dichos requerimientos.
- Establecer y operar mecanismos y procedimientos que permitan evaluar la oferta de materiales energéticos, hidrocarburos y de energía.
- Elaborar y actualizar el Plan Energético Nacional y los demás planes subsectoriales.

Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG)

Esta Comisión regula el ejercicio de los sectores de energía y gas combustible para asegurar la disponibilidad de una oferta energéticamente eficiente, propicia la competencia en el sector de minas y energía y propone la adopción de las medidas necesarias para impedir abusos de posición dominante, además busca la liberación gradual del mercado hacia la libre competencia.

Las funciones generales de la CREG relacionadas con el gas combustible son:

- Regular el ejercicio de las actividades de los sectores de energía y gas combustible para asegurar una oferta energéticamente eficiente.
- Proponer la adopción de medidas para impedir abusos de posición dominante y buscar la libre competencia del mercado en una forma gradual.
- Fijar tarifas de ventas del gas combustible ó delegar en empresas distribuidoras la facultad de fijarlas con estricta sujeción a las normas y a los reglamentos que expida la comisión.
- Definir la metodología y regular tarifas para los servicios de despacho y coordinación prestados por el Centro Nacional de Despacho.
- Establecer fórmulas para la fijación de tarifas y señalar cuando hay suficiente competencia como para que la fijación de tarifas sea libre.
- Ordenar la liquidación de empresas monopolísticas oficiales que no cumplan con los requisitos de eficiencia según la Ley 142 de 1994.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)

Este organismo de carácter técnico fue creado por la Ley 142 de 1994. El cual está adscrito al Ministerio de Desarrollo Económico con personería jurídica y autonomía administrativa y patrimonial.

Las principales funciones que ejerce la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) son:

- Vigilar el cumplimiento de las leyes a que estén sujetos quienes presten el servicio público.
- Vigilar que los subsidios se destinen a las personas de menores ingresos de la población.
- Vigilar que las empresas cumplan con los requisitos técnicos que hayan sido señalados por los ministerios.
- Tomar posesión de las empresas de servicios públicos si es el caso.

En la siguiente Tabla se hará un cuadro con un breve resumen de la regulación de Gas Natural en Colombia.

Tabla 1. Cuadro Resumen Regulación de Gas Natural en Colombia

NORMA	DESCRIPCION
Ley 142 de 1994	Ley de los servicios publicos domiciliarios, por medio de la cual se reforma el sector y se estructura el gas natural como un servicio publico domiciliario. Se separan verticalmente las etapas y se crea la CREG(Comision Reguladora de Energia y Gas) y SSPD(Superintendencia de Servicios Publicos Domiciliarios). Se estipula la libre competencia. Tambien crea las areas de servicios exclusivos.
Resolucion 079 de 1975	Expedida por la comision de precios del petroleoy de Ga Natural y regulo hasta 2006 los precios del gas natural de la Guajira. El indice utilizado era el precio FOB(Free on Board) de exportacion.
Resolucion CREG 065 de 1995	Presenta el Código de Distribución
Resolucion CREG 057 de 1996	1996Es la resolución más completa y de la cual se desprenden normas para la producción, transporte, distribución y comercialización de gas natural en Colombia. Fija los criterios generales para la contratación de zonas de servicio exclusivo en distribución de gas. También se establecen condiciones junto a la Ley 142 de 1994, para garantizar que no exista monopolio por parte de una empresa en todas las etapas productivas.
Ley 401 de 1997	Creación de ECOGAS
Resolución CREG 041 de 1998	Regulación del servicio de transporte de gas natural, creación del Reglamento Único de Transporte de Gas Natural (RUT)
Resolución CREG 001 de 2000	Estableció pares de cargos fijos y variables para remunerar los costos de inversión y tarifas, estampilla para remunerar parte de la inversión en los gasoductos principales y los gasoductos ramales.
Resolución CREG 023 de 2000	Establece que los precios se determinan libremente por parte de los productores comercializadores en todos los campos del país, con excepción de los campos ubicados en la Guajira (Ballena), en Opón y en Cusiana-Cupiagua. Modifica parcialmente la Resolución 57 de 1996.
Resolución CREG 18 de 2002	Modifica parcialmente la resolución 57 de 1996.
Resolución CREG 011 de 2003	Establece regulación de la distribución de Gas natural. Estipula la existencia de tarifas por rangos de consumo.
Resolución CREG 119 de 2005	Modificó el índice con el cual se actualiza el precio. El nuevo índice a aplicar es el "New York Harbor Residual Fuel Oil 1% Sulfur LP Spot Price" publicado por el Departamento de Energía de Estados Unidos.
Resolución CREG 095 de 2008	Estableció los procedimientos para la venta de gas en firme (Subastas).

Fuente: Realizado por los autores en base a las resoluciones y leyes investigadas

1.3 OFERTA DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA³

Con el fin de incrementar la disponibilidad de gas natural y reafirmar la confianza en el crecimiento del mercado para este energético, empresas como Ecopetrol y sus socios aumentaron en los últimos meses, en más de cien millones de pies cúbicos por día, Mpcd, la oferta de este combustible.

El aumento en la oferta se debe a la entrada en operación de nuevos proyectos como: la planta LTOII en Cuasina, inició su construcción en noviembre de 2008 y concluyó en noviembre del año pasado, la cual está procesando 70 Mpcd de gas adicional cuyo destino es atender la demanda del interior del país.

Figura 3. Consumo de Gas Natural Domiciliario (MPCD)-Junio 2010

Número Total de Usuarios Residenciales Conectados por Estrato (E)					
E1	E2	E3	E4	E5	E6
963.400	2.077.567	1.597.645	499.881	209.607	131.532
18%	38%	29%	9%	4%	2%

Fuente: Boletín Estadístico de Minas y Energía 1990-2010

1.4 DEMANDA DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA⁴

El gas natural se ha convertido en uno de los energéticos más importantes, pasando de una representación en el consumo final del 5,7% en 1990 al 16,4% en 2009. Mientras en 1990 la oferta de gas natural era de 385 MPCD, en 2009 fue de

³

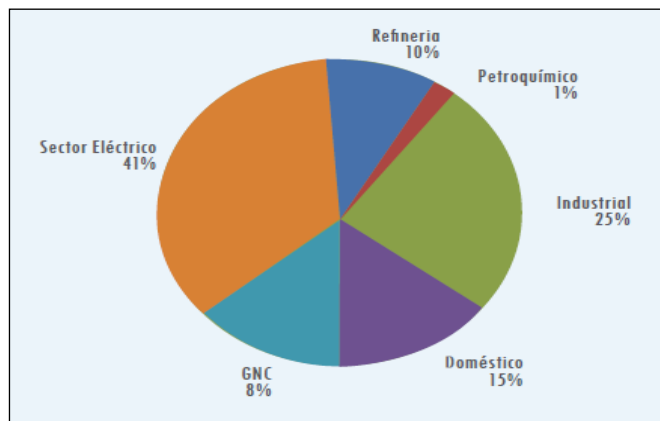
http://www.cwccolombia.com/CWCFiles/MicroSite_Files/COG_11/Event_Content/OFERTA%20DE%20GA S.pdf

⁴ Boletín Estadístico de Minas y Energía 1990-2010-UPME

1.003 MPCD, siendo la principal fuente de producción el departamento de La Guajira cuya participación no ha bajado del 60% durante el periodo 1990-2009.

Durante los últimos 4 años, las reservas probadas se han mantenido por encima de los 4.000 GPC. De acuerdo a lo indicado por el Ministerio de Minas y Energía, mediante circular 18054 de 29 de diciembre de 2009, el factor R/P de referencia para 2009 es de 7 años. Colombia puede duplicar sus reservas de gas con el gas metano asociado al carbón, dichas reservas son del orden de 4 TPC.

Figura 4. Demanda de gas natural por sectores 2010



Fuente: Boletín Estadístico de Minas y Energía 1990-2010

2. GASODUCTOS

Una variedad de fórmulas pueden ser utilizadas para el cálculo de flujo de gas en tuberías. Estas fórmulas tienen en cuenta los efectos de presión, temperatura, diámetro tubería, longitud, gravedad específica del gas, rugosidad de la tubería y factor de desviación del gas. Teniendo en cuenta que los requerimientos de diseño sean adecuados para la seguridad pública bajo todas las condiciones que se encuentren en la industria del gas, se nombran algunos puntos que hay que tener en cuenta para el diseño de tuberías.

2.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Para el diseño de una tubería de acero se deben tener en cuenta algunos parámetros y escenarios, en las cuales la Clase de localidad juega un papel fundamental, para el cálculo de la presión de diseño. A continuación se muestra los diferentes parámetros a tener en cuenta en el diseño de tuberías.

2.1.1 Clases de Localidad para Diseño y Construcción. La posibilidad de daños a los ductos se hace mayor con las grandes concentraciones de edificios destinados a la habitación humana. La determinación de la Clase de Localidad, provee un método para evaluar el grado de exposición de la línea a los daños.

- **Localidad Clase 1:** Es cualquier sección de 1 milla de longitud que tiene 10 o menos edificios destinados a la ocupación humana. Esta Localidad refleja áreas tales como tierras estériles, desiertos, montañas, tierra de pastoreo, tierras agrícolas, y áreas escasamente pobladas.
- **Localidad Clase 2:** Es cualquier sección de 1 milla que tiene más de 10 pero menos de 46 edificios destinados a la ocupación humana. En esta localidad refleja

áreas tales como las zonas periféricas de las ciudades y pueblos, zonas industriales, ranchos o quintas campestres, etc.

- **Localidad Clase 3:** Es cualquier sección de 1 milla que tiene 46 o más edificios destinados a la ocupación humana. Esta localidad refleja áreas tales como los desarrollos de viviendas suburbanas, centros de compras, áreas residenciales, áreas industriales y otras áreas pobladas que no cumplen con los requerimientos de una Localidad de Clase 4.

- **Localidad Clase 4:** Una localidad de clase 4 incluye áreas donde prevalecen edificios de varios pisos, donde el tráfico es pesado o denso. Y donde pudiera haber otras numerosas construcciones o servicios subterráneos.

2.1.2 Presión de Diseño

Tuberías metálicas

La presión de diseño para los sistemas de tuberías de gas o el espesor nominal de pared para una presión de diseño dada, se deberá determinar mediante la siguiente fórmula:

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

Dónde:

P= presión de diseño (psig)

F= factor de diseño

E= factor de junta longitudinal

D= diámetro nominal exterior (pulgadas)

S= tensión mínima de fluencia especificada (psi)

T= factor de disminución de temperatura

t= espesor nominal de pared (pulgadas)

La presión de diseño obtenida por la fórmula, se deberá reducir para que esté en conformidad con lo siguiente:

- P para tubería soldada a tope en horno, no deberá exceder el 60% de la presión de prueba en fábrica.
- P no deberá exceder el 85% de la presión de prueba en fábrica para toda la demás tubería prevista.

El factor de diseño F, varía de acuerdo a las diferentes áreas o centros poblados por donde pasará el gasoducto. En la Localidad de clase 1 se utiliza un factor de diseño de 0,72 a 0,80. El factor de diseño es 0,60 en la Localidad de clase 2, mientras que en las Localidades de Clase 3 y 4, se utilizan factores de diseño de 0,50 y 0,40 respectivamente.

Al fijar los valores del factor de diseño F, se ha dado la debida consideración y dejado holguras para las distintas tolerancias para los espesores deficientes que se dan en las especificaciones de tubería usada en la construcción de gasoductos.

El factor de junta longitudinal E, varía con el tipo de costura usado en la manufactura de la tubería. Para tuberías sin costura y alguna tubería soldada longitudinalmente el factor es 1. Cuando la tubería es manufacturada por otro método de soldadura, debe usarse un factor de 0,60 ó 0,80 para el cálculo de la máxima presión de operación permisible.

El factor de disminución de temperatura T , para varias tuberías de acero es 1 cuando se opera a una temperatura de 250 F o menor a 0,867 para una temperatura de operación de 450 F.

Tuberías plásticas (PVC y Polietileno)

Cuando se empezaron a producir las primeras tuberías PVC en el mundo, las únicas normas que se conocían eran las de tuberías metálicas, clasificadas por calibres, y lógicamente las tuberías de PVC que salieron al mercado venían clasificadas en la misma forma y con los mismos espesores de pared.

Posteriormente, los productores reconocieron que el sistema de calibres para los diámetros pequeños está basado en la profundidad de la rosca. Además, en ese sistema la presión de trabajo permitida, disminuye a medida que aumenta el diámetro de la tubería.

Esos dos factores impulsaron a los productores, junto con los institutos de normalización, a crear una base de diseño, más racional para las tuberías de PVC y POLIETILENO.

Como resultado, se obtuvo una norma basada en la relación entre el diámetro del tubo y el espesor de la pared, conocida con el nombre de RDE.

$$P = \frac{2ST}{D - T} \times F \quad \text{ó} \quad \frac{2S}{R - 1} \times F$$

Dónde:

P= Presión de diseño en Psi.

S= Base de diseño Hidrostático en psi a 73.4°F, 1250 psi para tubería de Polietileno PE 2406 y 1160 psi para PE 80.

T= Espesor mínimo especificado de pared en pulgadas.

D= Diámetro exterior especificado en pulgadas.

F= Factor de diseño para tuberías de Polietileno.

Nota: El factor de diseño para el uso de las tuberías de Polietileno para la distribución de servicio de gas es 0.32.

R= Relación diámetro espesor.

2.1.3 Cálculo del Flujo de Gas. Diversas ecuaciones son aceptadas para el cálculo de la capacidad de flujo de gasoductos.

La forma general de la ecuación de flujo es la siguiente:

$$Q_b = C_1 \left(\frac{Tb}{Pb} \sqrt{1/f} \right) \left[\frac{P_1^2 - P_2^2 - E}{GLTZ} \right]^{0.5} D^{2.5}$$

$$E = \frac{C_2 P_{avg} G (H_2 - H_1)}{ZT}$$

Dónde:

Q= Tasa de flujo, SCF/D

F= Factor de fricción de Moddy, adimensional

T_b= Temperatura base, °R

P_b = Presión base, psia

P_1 = Presión de entrada, psia

P_2 = Presión de salida, psia

P_{avg} = Presión promedio, psia

G = Gravedad específica

H_1 : Punto de elevación a la entrada, pies

H_2 = Punto de elevación a la salida, pies

Z = Factor de compresibilidad

T = Temperatura del gas, °R

L = Longitud de la tubería, millas

C_1, C_2 = Constantes del sistema que depende del sistema de unidades.

Esta ecuación asume que el flujo es estable a lo largo de la tubería, isotérmico y la compresibilidad del gas es constante.

Factor de Transmisión

El factor de fricción de Moody normalmente se expresa en términos de “Factor de transmisión”, el cual refleja el grado de transmisibilidad del gas a través de la tubería.

El régimen de flujo del gas en tuberías, normalmente es en su totalidad turbulento o parcialmente turbulento. Se han hecho muchas investigaciones sobre el flujo de gas en tubería, sin embargo la diferencia entre ellas radica en la forma de definir el factor de transmisión, porque todas ellas se derivan de la ecuación general. En la Tabla 3 se muestran las principales ecuaciones de flujo utilizadas y su correspondiente factor de transmisión.

Tabla 2. Factores de Transmisión en Ecuaciones de Flujo en Tuberías

ECUACION	FACTOR DE TRANSMISION $\sqrt{1/f}$
Tubería lisa	$4\log\left(Nre/1.4126\sqrt{1/f}\right)$
Tubería rugosa	$4\log\left(3.7 D/K\right)$
Weymouth	$11.16 D^{0.167}$
Panhandle A	$6.9 Nre^{0.07305}$
Panhandle B	$16.5 Nre^{0.01961}$
AGA Parcialmente Turbulento	$4Df \log\left(Nre/1.4126\sqrt{1/f}\right)$
AGA Totalmente Turbulento	$4\log\left(3.7 D/Ke\right)$

Fuente: Gas Pipeline Design and Distribution Networks. Section One: Desing

Dónde:

N_{re} = Numero de Reynolds.

D= Diámetro externo de la tubería, pulgadas.

K_e = Rugosidad efectiva, 10^{-6} pulgadas.

K= Rugosidad absoluta.

Ecuación de Muller (Tuberías de POLIETILENO)

$$Qh = \frac{2826}{G^{0.425}} \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{L} \right)^{0.575} \times D^{2.725}$$

Como la tubería de Polietileno es muy lisa internamente, ofrece poca resistencia al flujo de gas.

La fórmula de Muller es utilizada para calcular la velocidad de flujo de gas a través de la tubería de Polietileno.

Esta fórmula se utiliza para instalaciones con presiones superiores a 70 milibar o 1 psi.

Dónde:

Q_h = Tasa de flujo de gas (pie cubico estándar por hora).

G= Gravedad específica del gas (aire=1.0, gas natural=0.65).

P_1 = Presión a la entrada de la tubería (psi).

P_2 = Presión a la salida de la tubería (psi).

L= Longitud de la tubería (pies).

D= Diámetro interno de la tubería (pulgadas).

2.2 RED NACIONAL DE GASODUCTOS

A través de la Red Nacional de Gasoductos (Figura 5), se busca suministrar gas natural a los principales centros de consumo industrial y residencial del país.

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

Figura 5. Mapa de la Red Nacional de Gasoducto



Fuente: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=127&conID=36123&pagID=127173>

2.3 GASODUCTO BALLENA-CARATAGENA-JOBO

2.3.1 sistema de gasoductos de Promigas S.A E.S.P⁵. PROMIGAS S.A E.S.P transporta gas natural a través de su red de gasoductos en la Costa Atlántica colombiana, la cual está conformada por gasoductos troncales, gasoductos regionales y redes de distribución en Barranquilla y Cartagena.

El Gasoducto Troncal Ballena-Cartagena-Jobo está conformado por dos (2) subsistemas: Ballena-Cartagena y Cartagena-Jobo. El Subsistema Ballena-Cartagena transporta gas natural proveniente de los campos del Departamento de la Guajira denominados Chuchupa y Ballena. El gas se recibe en la Estación Ballena (Guajira) y se transporta hasta las ciudades de Santa Marta, Barranquilla y Cartagena, atendiendo, además, a lo largo de su recorrido a varias poblaciones y todas las Plantas Termoeléctricas de la Costa Atlántica.

El Subsistema Cartagena - Jobo tiene una longitud de 193 km y transporta gas natural proveniente del yacimiento denominado Güepajé, ubicado en el Municipio de San Pedro (Sucre), hacia Cartagena (en la cabeza del subsistema) y hacia la planta de Cerromatoso (ubicado en la cola del subsistema). Abastece un gran número de poblaciones a lo largo de su recorrido. Este subsistema tiene la opción, de acuerdo con los requerimientos de consumo, de enviar el gas de la Guajira que viene desde Ballena hasta Jobo.

⁵ http://www.promigas.com/beo/info/manual_gasoducto.asp?id

Figura 6. Mapa del Gasoducto Ballena-Cartagena-Jobo



Fuente: http://www.ecopetrol.com.co/multimedias_gas/mapa_transporte.html

2.3.2 Estaciones del gasoducto⁶. El gasoducto cuenta con diferentes estaciones para su funcionamiento: la Estación Ballena, las Estaciones Arenosa y Heroica y las Estaciones Compresoras Palomino, Cartagena y Sahagún.

2.3.3 Sistemas de compresión. Cuatro estaciones compresoras que se describen a continuación hacen parte del sistema de compresión:

- Estación Compresora Ballena
- Estación Compresora Palomino
- Estación Compresora Caracolí

⁶ http://www.promigas.com/beo/info/manual_gasoducto_estaciones.asp?id=

- Estación Compresora de Cartagena
- Estación Compresora de Sahagún

3. DESCRIPCION DE LAS REGIONES BENEFICIADAS CON EL PROYECTO

Con el propósito de buscar alternativas energéticas para suplir la basta demanda de combustible en el mundo, se promueve por parte del Gobierno Colombiano la Masificación del Gas como recurso energético para el consumo en la mayoría de las viviendas de nuestro país.

En la actualidad en los municipios de Santa Rosa de Lima en el departamento del Magdalena, Caracolcito, El Copey y Bosconia en el Departamento del Cesar, se utiliza gas propano o también denominado gas licuado del petróleo (GLP) almacenado en cilindros de 20, 40 y 100 libras en parte de la cabecera municipal, mientras que en Bosconia aparte de la utilización de cilindros con GLP, se utiliza gas mediante conexión con una planta de gas licuado llamada Gas de Santander “GASAN” S.A E.S.P, como recurso energético en los domicilios.

Con el estudio y diseño de este tramo del gasoducto también se permitirá una implementación y desarrollo de redes domiciliarias de gas en estos municipios del Magdalena y Cesar, se mejorará la calidad de vida de los habitantes en las cabeceras municipales, así como también la escasez y abuso de precios por parte de las empresas comercializadoras del gas propano.

3.1 DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Área De Influencia

El área de influencia del estudio corresponde a las poblaciones de Santa Rosa de Lima, Caracolcito, El Copey y Bosconia.

A continuación se hará una descripción del ambiente natural, en el cual se enmarca el área de estudio. Esta caracterización permitirá obtener los elementos necesarios para la realización de la evaluación ambiental del proyecto.

Aspectos Físicos

Componentes Geoesféricos

En la zona de estudio afloran principalmente rocas terciarias de origen sedimentario y sedimentos del Cuaternario.

Geología Estructural

La región forma parte de una amplia zona sometida a eventos tectónicos que los afectaron durante el Eoceno medio, el cual corresponde a la Orogenia Pre-Andina; durante el Mioceno - Plioceno, correspondiente a la Orogenia Andina; durante el Pleistoceno superior, en forma de artesa donde se genera el fallamiento y el fracturamiento con dirección noroeste.

El área de estudio corresponde a una gran unidad según génesis, edad y litología, agrupando las formaciones geológicas.

Geomorfología

Las unidades geomorfológicas se identificaron y cartografiaron a partir de las fotografías aéreas del sector y de acuerdo con la metodología del CIAF.

Las formas están constituidas por relieves modelados por influencia marina y eólica asociadas a la dinámica del litoral caribe, y el modelado aluvial asociado a la dinámica fluvial del Río Magdalena y el modelado denudativo erosional, en relieves de origen sedimentario, producto de procesos erosionales intensos.

Suelos

Clases Agrológicas

Clase Agrológica II: Suelos con relieve plano a ligeramente ondulado. El área puede verse afectada por erosión ligera o sin ella. La profundidad efectiva va de moderadamente profundos a muy profundos; pedregosidad mínima que no imposibilita los trabajos con maquinaria

Clase Agrológica III: Suelos con relieve plano a ligeramente ondulado; erosión hasta tipo ligero en no más del 30% del área y de tipo moderado en áreas inferiores al 10%. Sin piedras hasta pendiente del 12% y pedregosos en pendientes del 12 al 25%.

Clase Agrológica IV: Suelos con relieve plano a ligeramente ondulado, erosión con grados más altos que la clase anterior, ligera hasta el 40%, moderada hasta el 20% y severa hasta el 10% del área; profundidad efectiva, de muy superficial a muy profunda; pedregosidad similar a la clase anterior; salinidad hasta un 40% para suelos salinos sódicos

Clase Agrológica VII: Suelos con relieve plano a ligeramente ondulado. El área puede verse afectada por erosión ligera hasta el 100%, moderada hasta el 70% y severa hasta el 50%. La profundidad efectiva va de muy superficial a muy profunda; pedregosidad y rocosidad de nula a excesiva. Encharcamiento hasta de 120 días acumulados al año. Permeabilidad de muy lenta a muy rápida

Uso Actual del Suelo

La gran mayoría del Área de Estudio está dedicada a tierras de pastos, donde predominan los pastos de diques de vegetación graminoide, con algunas especies

leñosas y cultivos semestrales; además existen grandes extensiones dedicadas a la ganadería.

Climatológico

El clima es el conjunto de condiciones de la atmósfera, que caracteriza el estado o situación del tiempo atmosférico y su evolución en un lugar dado. El clima es determinado por el análisis de los elementos que lo definen y los factores que lo afectan, como son precipitación, temperatura, humedad, brillo solar, vientos, entre otros; Los más importantes son la precipitación y la temperatura, ya que permiten definir, clasificar y zonificar el clima en determinada región.

Estos elementos indican el potencial de la zona para la producción óptima de determinados cultivos adaptados a un rango de tales parámetros, la duración del ciclo de crecimiento, las fechas de siembra potenciales, el aprovechamiento de la distribución de las lluvias y las posibilidades de riesgo por épocas de heladas o sequías.

Los factores del clima, pendiente, altitud, formas del relieve, generan cambios climáticos a nivel regional o local, en tanto que la cobertura vegetal es causa y efecto del clima.

El clima interviene en la evolución de los suelos y el paisaje; y es importante para la determinación de los riesgos naturales y en la determinación de los usos del suelo.

Precipitación

La zona se caracteriza por presentar un clima cálido seco, temperatura promedio de 27° y una precipitación anual cercana a los 1.200 mm, con dos periodos muy marcados de lluvias de abril a junio y de septiembre a noviembre. Los períodos secos se distribuyen en los meses de diciembre a febrero y de julio a agosto.

Principalmente la intensidad de las lluvias es alta ocasiona inundaciones durante las épocas de invierno, principalmente en la planicie aluvial. Por su parte, la alta pluviosidad se registra en la sierra nevada de Santa Marta. La humedad relativa alcanza el 90% en épocas de lluvias, registrándose para el verano un 30%. Cabe anotar que los últimos cuatro (4) años se han presentado diferentes cambios climáticos no solo nivel municipal si no a escala mundial, causando desorden en las diferentes estaciones que se presentan anualmente, originado por los fenómenos del niño y la niña.

Temperatura

En relación con la variación de la temperatura se puede decir que la región presenta los valores más altos en los meses de Mayo a Agosto con un promedio de 28.0°C, descendiendo gradualmente hasta alcanzar los 26.6°C en el mes de Enero y Febrero; presentándose una temperatura media de 27.4°C.

Vientos

La velocidad del viento es variable según los meses: la mínima corresponde a Octubre, con un promedio de 2.2 m/s y la máxima en Marzo, con un promedio de 5.9 m/s.

Aspectos Bióticos

Vegetación

El área de estudio presenta una fisionomía vegetal característica de ecosistemas con grado de intervención donde la vegetación natural ha sido reemplazada por cultivos, pastos y rastrojos.

En la Tabla 4 se listan las especies florísticas más representativas del área de influencia.

En general la vegetación natural del área de influencia ha sido disminuida a causa de la implantación de cultivos y zonas de pastoreo.

Unidades de Vegetación

En el área de estudio se aprecian varios tipos de cobertura vegetal, como son:

Tabla 3. Especies vegetales registradas en el área de influencia del proyecto

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
ACACIA ROJA	Delonix regia	CAESALPINIACEAE
ALMENDRO	Terminalia catappa	COMBRETACEAE
AROMO	Poponax tortuosa	MIMOSACEAE
BAJAGUA	Cassia reticulata	CAESALPINIACEAE
BUCHE	Pithecelobium lanceolatum	MIMOSACEAE
CAMPANITA	Ipomea Trilobada	CONVOLVULACEAE
CAMPANO	Pithecelobium saman	MIMOSACEAE
CARDÓN	Lemairocereus griseus	CACTACEAE
CARRETO	Aspidosperma polyneuron	APOCYNACEAE
CEIBA DE LECHE	Hura crepitans	EUPHORBIACEAE
CEIBA, BONGA	Ceiba pentandra	BOMBACACEAE
CIRUELA	Spondias lutea	ANACARDIACEAE
CLEMÓN	Thespesia populnea	MALVACEAE
COPEL	Psidium guajaba	MORACEAE
DORMIDERA	Mimosa pudica	MIMOSACEAE
ESCOBILLA	Melocha parvifolia	STERCULIACEAE
GARCÍN	Calophyllum sp	CLUSIACEAE
GUACAMAYO	Albizzia caribaeae	MIMOSACEAE
GUANÁBANA	Annona muricata	ANACARDIACEAE
GUAYACÁN	Panicum maximun	POACEAE
GUAYABA	Citrus limon	RUTACEAE

GUINEA	<i>Chloris gayana</i>	POACEAE
GUINEA	<i>Panicum maximun</i>	POACEAE
GUSANERO	<i>Astronium graveolens</i>	ANACARDIACEAE
HIGUERILLA	<i>Ricinus sp</i>	BIXACEAE
HIGUERÓN	<i>Ficus glabrata</i>	MORACEAE
HOBO	<i>Spondias Mombin</i>	ANACARDIACEAE
LIMÓN	<i>Zanthoxylon caribeeae</i>	RUTACEAE
LLUVIA DE ORO	<i>Cassia fistula</i>	CAESALPINIACEAE
MAJAGUA	<i>Pseudobombax septenatum</i>	BOMBACACEAE
MAMEY	<i>Mammea americana</i>	CLUSIACEAE
MAMÓN	<i>Bulnesia arborea</i>	ZYGOPHYLLACEAE
MANGO	<i>Mangifera indica</i>	ANACARDIACEAE
MAPURITO	<i>Melicocca bijuga</i>	SAPINDACEAE
MATARRATÓN	<i>Gliricidia sepium</i>	PAPILIONACEAE
OLIVO	<i>Capparis odoratissima</i>	CAPPARIDACEAE
OLLA DE MICO	<i>Lecythis minor</i>	LECYTHIDACEAE
PALMA DE VINO	<i>Scheelea excelsa</i>	ARECACEAE
PALMA REAL	<i>Roystonea regia</i>	POACEAE
PASTO	<i>Echinocloa sp</i>	POACEAE
PLÁTANO	<i>Musa paradisiaca</i>	MUSACEAE
POLVILLO	<i>Tabebuia billbergii</i>	BIGNONIACEAE
ROBLE AMARILLO	<i>Cybistax chrisea</i>	BIGNONIACEAE
ROBLE MORADO	<i>Tabebuia rosae</i>	BIGNONIACEAE

Continuación

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
TAMARINDO	Tamarindus indica	CAESALPINIACEAE
TOTUMO	Crescentia cujete	BIGNONIACEAE
TRÉBOL	Platymiscium pinnatum	FABACEAE
TRUPILLO	Prosopis juliflora	MIMOSACEAE
UVITO	Cordia dentada	BORAGINACEAE
ZACATE	Cynodon gayana	POACEAE
PALMA REAL	Roystonea regia	POACEAE
PASTO	Echinocloa sp	POACEAE
PLÁTANO	Musa paradisiaca	MUSACEAE
POLVILLO	Tabebuia billbergii	BIGNONIACEAE
ROBLE AMARILLO	Cybistax chrisea	BIGNONIACEAE
ROBLE MORADO	Tabebuia rosae	BIGNONIACEAE
TAMARINDO	Tamarindus indica	CAESALPINIACEAE
TOTUMO	Crescentia cujete	BIGNONIACEAE
TRÉBOL	Platymiscium pinnatum	FABACEAE

Fuente: Alcaldía de Bosconia

Potreros

Esta unidad se encuentra en la zona indirecta del proyecto. Se caracteriza por presentar un proceso de degradación continuo de origen antrópico, donde el paisaje natural ha sido reemplazado por un paisaje cultural por el uso irracional del suelo, debido a quemas continuas, agricultura intensiva, ganadería extensiva, principalmente; ejercidas sin técnicas apropiadas que tengan en cuenta la oferta ambiental.

Rastrojos

Esta unidad se caracteriza por presentar especies de porte bajo (alturas entre 1 y 2m), ocupan sectores de fisiografía plano ondulada que han estado sometidas a quemas periódicas. La cobertura vegetal es discontinua y achaparrada, el estrato herbáceo, de gran cobertura aparece dominado por gramíneas naturales.

Bosques Intervenido

Su escasa extensión es el resultado del cambio de uso del suelo, donde se prefiere la dedicación a la ganadería extensiva a conservar bosques. Dentro de las especies maderables que se pueden encontrar, están: Caracolí (*Anacardium excelsum*), Higo (*Ficus maglenica*), Campano (*Samanea* sp), Hobo (*Spondias mombin*), Camajón (*Sterculia apetala*), Roble (*Tabebuia rosacea*), Tamarindo (*Tamarindus indico*), Totumo (*Crescentia cujete*), Dividivi (*Libidivia coriaria*).

Cultivos

Los cultivos que se encuentran como transitorios, permanentes y semipermanentes: maíz, arroz, algodón, sorgo, yuca, ñame, frijol y hortalizas y en producción mínima al nivel de patio, cultivos permanentes tales como cítricos, plátano, cocoteros y frutales en general.

Fauna

La fauna del área general de estudio muestra en la actualidad un gran deterioro, por la desaparición de algunas especies animales mientras que otras han diezmado notoriamente sus poblaciones, debido a la destrucción de sus hábitats naturales y especialmente a la caza indiscriminada de la cual han sido objeto las especies de importancia económica.

Mamíferos

Los mamíferos son la clase de vertebrados más afectados por la intervención humana. En la región de estudio se destacan especies importantes de mastofauna ligada a la presencia de bosques y áreas de ciénagas.

Tabla 4. Mastofauna registrada en el área de influencia del proyecto

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
ARDILLA	<i>Sciurus granatensis</i>	SCIURIDAE
ARMADILLO	<i>Dasyus novemcinctus</i>	DASYPODIDAE
CHUCHA, FARA	<i>Didelphis marsupialis</i>	DIDELPHIDAE
LAPA	<i>Agouti paca</i>	AGOUTIDAE
ÑEQUE	<i>Dasiprocta fuliginosa</i>	DASIPROCTIDAE
OSO HORMIGUERO	<i>Tamandua tetradactyla</i>	MYRMECOPHAGIDAE
RATA DE MONTE	<i>Proechimys sp</i>	ECHIMYDAE
ZORRO	<i>Dusicyon thous</i>	CANIDAE

Fuente: Alcaldía de Bosconia

Aves

Los diferentes biotopos acuáticos y terrestres en el área de influencia del estudio están caracterizados por especies típicas para cada uno de ellos

Tabla 5. Ornitofauna registrada en el área de influencia del proyecto

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
BITOVI	<i>Myiozecotes cayanensis</i>	TYRANNIDAE
COCINERA	<i>Crotophaga ani</i>	CUCULIDAE
COLIBRÍ	<i>Chlorostilbon gibsoi</i>	THROCHILIDAE
CUCHARO	<i>Mycteria americana</i>	CICONIIDAE
CUCARACHERO	<i>Troglodytes aedon</i>	TROGLODYTIDAE
CHORLO	<i>Arenaria interpes</i>	SCOLOPACIDAE
CHULO, GOLERO	<i>Cathartes aura</i>	CATHARTIDAE
GALLINAZO	<i>Coragyps atratus</i>	CATHARTIDAE
GALLINETA	<i>Gallinula chloropus</i>	RALLIDAE
GALLITO DE CIÉNAGA	<i>Jacana jacana</i>	JACANIDAE

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
GARCIPALO	<i>Butorides striatus</i>	ARDEIDAE
GARZA BLANCA	<i>Casmerodius albus</i>	ARDEIDAE
GARZÓN SOLDADO	<i>Jabiru mycteria</i>	ARDEIDAE
GAVILÁN	<i>Buteo albicaudatus</i>	ACCIPITRIDAE

GOLONDRINA	<i>Sterlgidopterys ruficollis</i>	HIRADINAE
HALCÓN	<i>Falco peregrinus</i>	FALCONIDAE
PALOMA	<i>Scardafella squammata</i>	COLUMBIDAE
PALOMA CARDONERA	<i>Columba corensis</i>	COLUMBIDAE
PATO MALIBÚ	<i>Anas bahamensis</i>	ANATIDAE
PERICO	<i>Aratinga pertinax</i>	PSITTACIDAE
PERIQUITO	<i>Forpus passerinus</i>	PSITTACIDAE
TAGANGA	<i>Vanellus chilensis</i>	CHARADRIIDAE
TAPATIERRA	<i>Columbina passerina</i>	COLUMBIDAE

Fuente: Alcaldía de Bosconia

Herpetofauna

Los registros para esta clase de vertebrados son bajos, sin embargo se prevé la existencia de una considerable biodiversidad, si se tiene en cuenta las zonas pantanosas y de ciénagas en toda el área de estudio.

La Tabla 7, registra las especies de Herpetofauna características de la región.

Tabla 6. Herpetofauna registrada en el área de influencia del proyecto

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
TORTUGA	<i>Podocnemis expansa</i>	PODOCNEMIDAE
CAZADORA	<i>Phimosphis guianensis</i>	COLUBRIDAE
IGUANA	<i>Iguana iguana</i>	IGUANIDAE
LAGARTIJA	<i>Lacorta sp</i>	TEJIDAE
LOBO POLLERO	<i>Tupinambis tequixin</i>	TEJIDAE
BABILLA	<i>Caiman crocodilus fuscus</i>	ALLIGATORIDAE
RANA	<i>Hyla spp</i>	HYLADEA
SAPO	<i>Bufo spp</i>	BUFONIDAE

Fuente: Alcaldía de Bosconia

3.2 CORREGIMIENTO DE SANTA ROSA DE LIMA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

3.2.1 Geografía

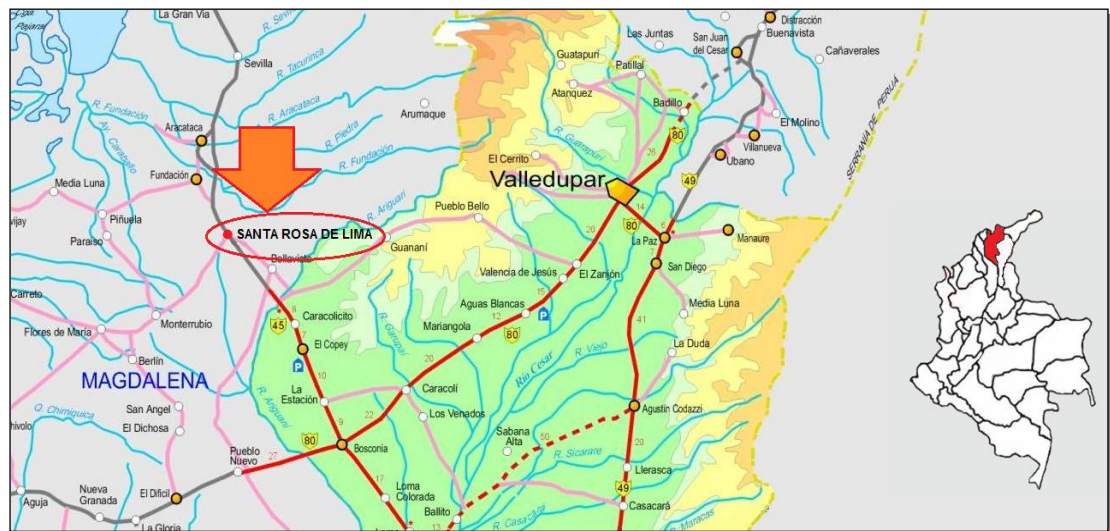
Descripción Física

La posición astronómica del Municipio (Figura 7), se da entre las coordenadas geográficas 10° 24' latitud norte y 74° 7' longitud oeste de Greenwich, con una altitud de 180 metros de altitud m.s.n.m.

El clima es cálido con un promedio anual de 32°C.

La cantidad de viviendas de este corregimiento son de unas 284 casas aproximadamente.

Figura 7: Ubicación geográfica del corregimiento de Santa Rosa de Lima



Fuente: <http://www.becerril-cesar.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mmxx-1-&x=3115139>

Límites del municipio:

Norte: Municipio de Fundación

Sur: Dpto. del Cesar

Este: Sierra Nevada de Santa Marta

Oeste: Corregimiento el Paraíso

3.2.2 Economía. La base principal de la economía del corregimiento de Santa Rosa de Lima es la ganadería, seguida de la agricultura y la pesca.

3.2.3 Servicios públicos. La comunidad cuenta con los servicios públicos como son: Agua y Energía eléctrica.

3.3 CORREGIMIENTO DE CARACOLICITO EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR

3.3.1 Reseña histórica. De acuerdo a la tradición oral de muchos habitantes y personas que vivieron en la localidad se habla de que la historia de Caracolcito data aproximadamente desde 1905, en que sus primer poblador MARTIN GUERRERO, oriundo de la población de San Ángel (Magdalena), a quien de alguna manera se le reconoce como su fundador, estableció junto con su familia un rancho o vivienda en la orillas de un arroyo y una parcela para el pastoreo de ganado y siembra de cultivos de pan coger. No obstante también se habla de que antes, particularmente en áreas montañosas hubo temporalmente la presencia de algunos pequeños grupos de indígenas Arhuacos y Chimilas.

3.3.2 Geografía

Descripción Física

La posición astronómica del Municipio (Figura 8), se da entre las coordenadas geográficas 10° 2' latitud norte y 73° 96' longitud oeste de Greenwich, con una altitud de 180 m.s.n.m y una precipitación anual de 1200 mm.

La cantidad de viviendas de este corregimiento son de unas 1366 casas aproximadamente.

Figura 8: Ubicación geográfica del corregimiento de Caracolicito



Fuente: <http://www.agustincodazzi-cesar.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mmxx1-&x=1689213>

Límites del municipio:

Norte: Dpto. del Magdalena

Sur: El Municipio de El Copey

Este: El Municipio de Valledupar

Oeste: Dpto. del Magdalena

3.3.3 Economía. Las actividades agropecuarias en la zona se enmarcan en los cultivos de palma africana, café y la ganadería extensiva, estos generan la mayor parte de los empleos e ingreso de la población. Cultivos tradicionales como: la yuca, el ñame, plátano, malanga y aguacate son otras actividades productivas desarrolladas por campesinos minifundistas cuyos productos sirven de base alimentaría de la misma comunidad.

3.3.4 Servicios públicos. La comunidad cuenta con los servicios públicos como son: Agua, y Energía eléctrica.

3.4 MUNICIPIO DE EL COPEY

3.4.1 Reseña histórica. Adquirió gran importancia a mediados de la década de los años treinta por el trazado de la nueva carretera Valledupar – Fundación. En 1953 fue erigido corregimiento del Municipio de Valledupar. Su ubicación ventajosa para la explotación de las tierras agrícolas y un sostenido desarrollo demográfico y económico, lo llevaron a ser cabecera Municipal, fue creado el 3 de noviembre de 1971 mediante ordenanza No. 008, segregado del Municipio de Valledupar.

3.4.2 Geografía

Descripción Física

La posición astronómica del Municipio (Figura 9), se da entre las coordenadas geográficas 10° 9' latitud norte y 73° 28' longitud oeste de Greenwich, zona de baja latitud. La cabecera Municipal se encuentra a 180 m de altura sobre el nivel del mar. La cantidad de viviendas de este municipio son de unas 4950 casas aproximadamente.

Figura 9: Ubicación geográfica del municipio de El Copey



Fuente: <http://www.agustincodazzi-cesar.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mmxx1-&x=1689213>

Límites del municipio

Norte: El Municipio de Fundación y Pueblo Bello

Sur: El Municipio de Bosconia

Este: El Municipio de Valledupar

Oeste: Municipio de Algarrobo Magdalena

Extensión total: 96.810,561 Hectareas representando el 4.5% del total del departamento del Cesar

Temperatura media: 32° C

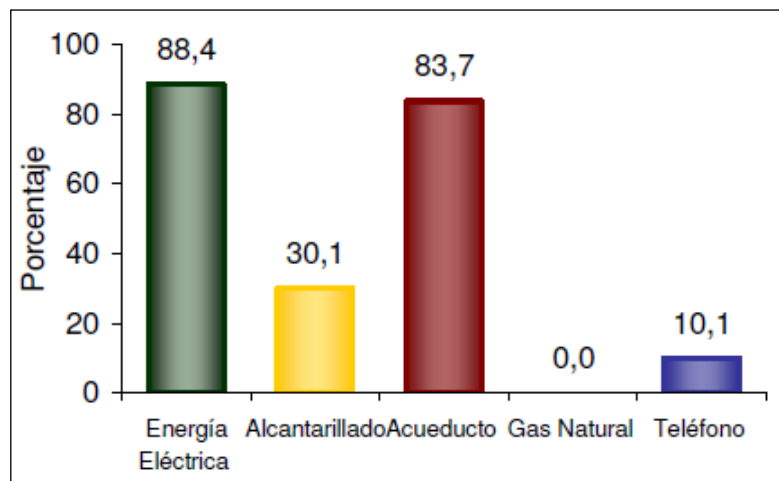
Distancia de referencia: 105 Km de Valledupar

3.4.3 Economía. El Municipio tiene una enorme dependencia de las actividades agropecuarias en la que los cultivos de palma africana, café y la ganadería extensiva, generan la mayor parte de los empleos e ingreso de la población.

Cultivos tradicionales como: la yuca, el ñame, plátano, malanga y aguacate son otras actividades productivas desarrolladas por campesinos minifundistas cuyos productos sirven de base alimentaria de la misma comunidad. El comercio atiende de manera fundamental las propias necesidades con elementos de consumo popular. Así mismo, viene surgiendo en forma incipiente e interesante el establecimiento de hoteles y restaurante en torno de vía de la Troncal de Oriente como respuesta a una nueva demanda de servicios.

3.4.4 Servicios públicos. La comunidad en su mayoría de los habitantes ya cuenta con todos los servicios públicos como son: Agua potable, Alcantarillado, Energía eléctrica y Teléfono.

Figura 10. Servicios con que cuentan las viviendas de El Copey-Censo DANE



Fuente: http://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/20238T7T000.PDF

3.5 MUNICIPIO DE BOSCONIA

3.5.1 Reseña histórica. El pueblo fue fundado el 20 de agosto de 1958 por el Gobernador del departamento del Magdalena Coronel Luis F. Millan Vargas, Enrique Arón Ayés y Agustín Mackenzie en honor de San Juan Bosco y el pueblo se convirtió en una estación de tren y el paso de los campesinos del área.

En 1979 Bosconia llegó a ser oficialmente un municipio del departamento de Cesar y con la pavimentación de las carreteras se convirtió en un punto de conexión entre las principales vías de los departamentos septentrionales de Colombia, especialmente entre La Guajira y el Cesar hacia Santa Marta y Barranquilla con la llamada Troncal de la Costa.

3.5.2 Geografía

Descripción Física

La posición astronómica del Municipio (Figura 11), se da entre las coordenadas geográficas 9° 58' latitud Norte y 73° 53' longitud Oeste, posee un clima cálido seco con temperaturas superiores a 32 grados centígrados y una precipitación pluvial de 1030 mm anuales. La cantidad de viviendas de este municipio son de unas 5460 casas aproximadamente.

Figura 11: Ubicación geográfica del municipio de Bosconia



Fuente: <http://www.agustincodazzi-cesar.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mmxx1-&x=1689213>

Límites del municipio:

Norte: Municipio de El Copey

Sur: Municipio de El Paso

Este: Ciudad de Valledupar

Oeste: Municipio de Ariguani

Extensión área urbana: 298 Hectáreas

Altitud de la cabecera municipal: 200 m.s.n.m.

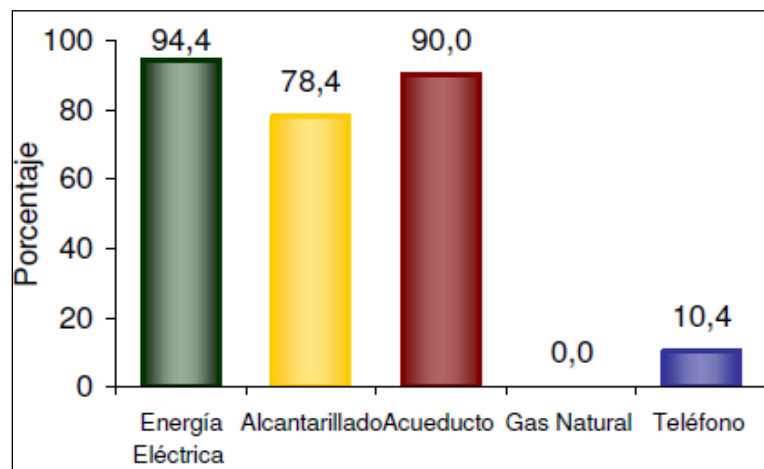
Temperatura media: 32° C

Distancia de referencia: 89 Kilómetros a la Ciudad de Valledupar.

3.5.3 Economía. Efectivamente, en la cabecera se contabilizaron 516 establecimientos de los cuales el 93.6% se dedica a la actividad comercial.

3.5.4 Servicios públicos. Servicios con los que ya cuentan en este municipio.

Figura 12. Servicios con que cuentan las viviendas de Bosconia-Censo DANE



Fuente:http://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/20060T7T000.PDF

3.6 CONSIDERACIONES SISMICAS

Para garantizar la seguridad e integridad de las líneas del gasoducto, es necesario evaluar su vulnerabilidad ante la amenaza sísmica y aplicar las medidas de mitigación que sean necesarias. Previo al estudio de vulnerabilidad es necesario evaluar la amenaza sísmica del sitio y los diferentes riesgos asociados y establecer los niveles de riesgo aceptable aplicables a cada tipo de instalación.

La amenaza sísmica se define como la probabilidad de que un parámetro como la aceleración, la velocidad o el desplazamiento del terreno producido por un sismo, supere o iguale un nivel de referencia.

Aceleración pico efectiva (Aa): La aceleración pico efectiva (Aa) corresponde a las aceleraciones horizontales del sismo de diseño contempladas en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98), como porcentaje de la aceleración de la gravedad terrestre ($g = 980 \text{ cm/s}^2$). Estas aceleraciones tienen una probabilidad de ser excedidas del 10% en un lapso de 50 años. El valor del parámetro Aa se utiliza para definir las cargas sísmicas de diseño que exige el reglamento de Construcciones Sismo Resistentes.

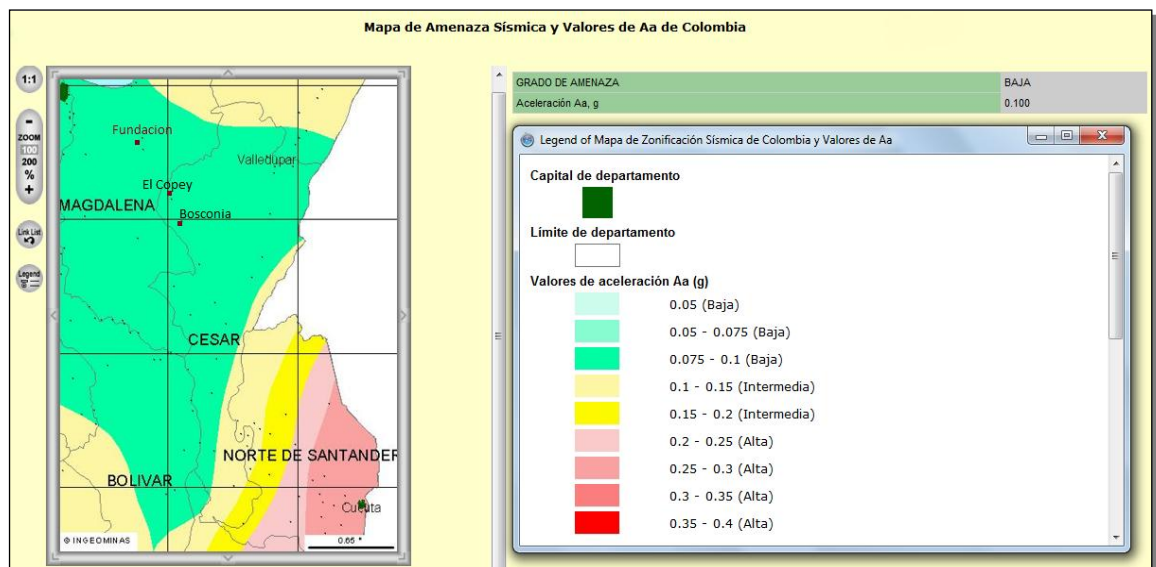
Zona de Amenaza Sísmica Baja: definida para aquellas regiones cuyo sismo de diseño no excede una aceleración pico efectiva (Aa) de 0.10g. Aproximadamente el 55% del territorio Colombiano se encuentra incluido en esta zona de amenaza.

Zona de Amenaza Sísmica Intermedia: definida para regiones donde existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración pico efectivas mayores de 0.10g y menores o iguales de 0.20g. Alrededor del 22% del territorio se encuentra incluido en ésta zona.

Zona de Amenaza Sísmica Alta: definida para aquellas regiones donde se esperan temblores muy fuertes con valores de aceleración pico efectivas mayores de 0.20g. Aproximadamente el 23% del territorio Colombiano queda incluido en la zona de amenaza sísmica alta.

Como podemos observar en la Figura 13 los municipios de estos dos departamentos del Magdalena y Cesar se encuentran ubicados en una zona de amenaza sísmica baja que está entre los rangos de 0.075-0.1, según lo describe el mapa de amenazas sísmicas de INGEOMINAS.

Figura 13. Mapa de amenazas sísmicas-Buscador geotécnico de INGEOMINAS



Fuente: <http://tms.ingeominas.gov.co/web/2004/mapas/map2/index.html>

4. DISEÑO DEL GASODUCTO

4.1 RUTA DEL GASODUCTO

4.1.1 Alternativa 1. La ruta propuesta para el trazado del gasoducto en la alternativa 1 sería en línea recta de Oeste a Este haciendo conexión con el municipio de Suan situado en el extremo Sur del Departamento del Atlántico sobre la margen izquierda del Río Magdalena. Geográficamente se halla enmarcado dentro de las siguientes coordenadas: 10° 20' de latitud Norte y 74° 53' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con una altura de 8 metros sobre el nivel del mar.⁷

Su conexión se establecería hasta el municipio de Bosconia (Dpto. del Cesar) en un trayecto aproximado de 140,39 Km. El gasoducto pasara por una topografía relativamente plana (con una variación de altitud de 189 m.s.n.m.) que incluye el Río Magdalena (Limite de los Departamentos de Atlántico y Magdalena), 3 brazos del Río Fundación (En el Departamento de Magdalena) y el Río Ariguani (Limite de los Departamentos Magdalena y Cesar). Los cuales requieren un estudio adecuado para determinar el sitio más favorable para su cruce.

En el trayecto del gasoducto hasta Santa Rosa de Lima se encontrara el municipio de San Antonio (Dpto. de Magdalena) y el corregimiento de La esmeralda (Dpto. de Magdalena).

⁷ Sitio oficial de Suan Atlántico: <http://suan-atlantico.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mIxx-1-&m=f>

Figura 14: Esquema General Alternativa 1



Fuente: http://www.ecopetrol.com.co/multimedias_gas/mapa_transporte.html

4.1.2 Alternativa 2. La ruta propuesta para el trazado del gasoducto en la alternativa 2 sería en línea recta de Este a Oeste haciendo conexión con el ramal que llega al municipio de Valledupar (ubicado en las coordenadas 10°29' de latitud Norte y 73°15' de longitud Oeste).⁸

Su conexión se establecería hasta el corregimiento de Santa Rosa de Lima (Dpto. del Magdalena) en un trayecto aproximado de 143,47 Km. El gasoducto pasara por una topografía relativamente plana que incluye 5 brazos del Rio Cesar (Departamento del Cesar) y 2 Carreteras secundarias Los cuales requieren un estudio adecuado para determinar el sitio más favorable para su cruce.

En el trayecto del gasoducto hasta Bosconia se encontrara con los corregimientos de El Zanjón, Aguas Blancas, Mariangola y Caracolí (Departamento del Cesar).

⁸ Sitio oficial de Valledupar: <http://www.valledupar-cesar.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mixx1-&m=m>

Figurara 15: Esquema General Alternativa 2



Fuente: http://www.ecopetrol.com.co/multimedias_gas/mapa_transporte.html

4.1.3 Alternativa 3. Se considera la conexión desde el municipio de Fundación en el departamento del Magdalena ubicado a 10° 31'44'' Latitud Norte y 74°11'54'' Longitud Oeste, con una Altitud de 10 m.s.n.m y una distancia de referencia de 96 km a la ciudad de Santa Marta.⁹

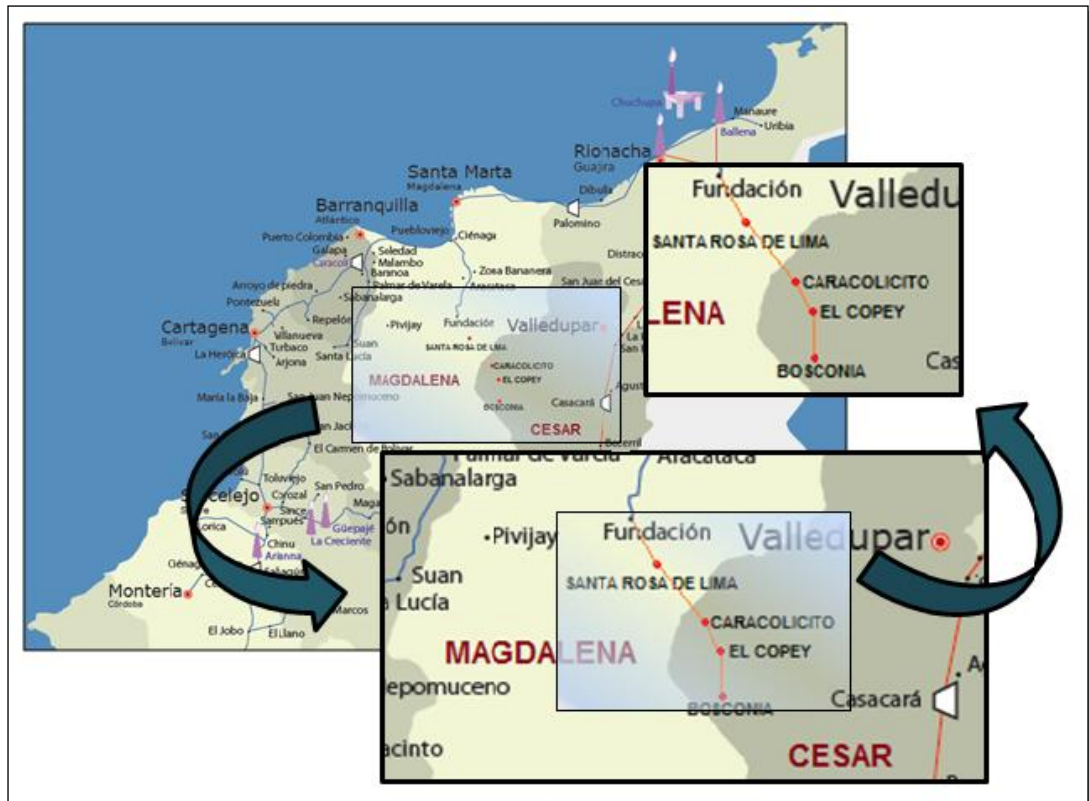
Esta ruta del gasoducto comprende un trazado de Norte a Sur desde el municipio de Fundación-Magdalena donde llega el ramal de Pozos Colorado-Aracataca (el cual entrega gas a las poblaciones de San José Bananeras, Gradesa, Río Frío, La Gran Vía, Orihuela, Sevilla, Buenos Aires, Guacamayal, Aracataca y Fundación), hasta el municipio de Bosconia-Cesar, pasando por el corregimiento de Santa Rosa de Lima, el corregimiento de Caracolicito, y el municipio de El Copey.

En la siguiente figura se muestra el Mapa de la red principal del Gasoducto de Promigas S.A E.S.P, y el ramal que llega al Municipio de Fundación en el

⁹ Sitio oficial de Bosconia: <http://bosconia-cesar.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mIxx-1-&m=f>

departamento del Magdalena donde se hará el punto de conexión para este tramo del gasoducto que será de una longitud aproximada de 71 Kilómetros, así como también los puntos de ubicación geográficos en el territorio Colombiano de los municipios beneficiados con este proyecto.

Figura 16: Esquema General Alternativa 3



Fuente: http://www.ecopetrol.com.co/multimedias_gas/mapa_transporte.html

En la Tabla 8 se observara las distancias aproximadas entre cada municipio y la distancia total aproximada de Fundación a Bosconia.

La topografía del terreno por donde pasara este gasoducto es relativamente plana sin variaciones significativas.

Tabla 7. Distancia entre municipios

	Distancia en Km
Fundacion-Santa Rosa de Lima	15,93
Santa Rosa de Lima-Caracolcito	27,9
Caracolcito-El Copey	5,675
El Copey-Bosconia	21,5
Distancia Total	71,0

Fuente: Los Autores

Criterios de definición del trazado

Los criterios tenidos en cuenta para la definición del trazado, se seleccionaron con criterios que garantizan que éste sea el más adecuado desde el punto de vista ambiental y técnico.

Criterios Relacionados con los Aspectos Físicos

Pendiente

La totalidad del trazado, discurre en un sector de topografía plana, lo cual disminuye notablemente la ocurrencia de procesos erosivos y movimientos en masa que puedan representar riesgos tanto para el Proyecto como para el medio ambiente del área de influencia.

Zonas de Riesgo Natural

El Área de Estudio, está localizada en una región donde son mínimos los efectos por riesgos naturales.

Como riesgo natural que podría afectar el Proyecto, se consideran los efectos hidrometeorológicos, manifestándose en prolongados periodos de inundaciones; sin embargo, por la corta duración de las obras de construcción de los ramales, el terreno por donde discurrirá la tubería y las características técnicas empleadas, no

se consideran riesgos importantes ni para la etapa constructiva ni para su operación.

Zonas de Inestabilidad Geológica

El Área de Estudio no posee ningún problema por inestabilidad geológica (como fue descrita anteriormente), gracias a las condiciones topográficas así como a la relativa lejanía de la Falla de Oca (la cual es la manifestación tectónica más cercana al Proyecto). Cabe anotar que no existen registros de afectación por efectos tectónicos, para el Área de Estudio.

Afectación Mínima de Cuerpos de Agua

Los distintos ríos encontrados en el trayecto del proyecto no se verán afectados. Se utilizará la técnica de construcción cruce con perforación horizontal dirigida de tipo subfluvial, esta técnica no necesita descapote y además no afectará las riveras ni los lechos de los ríos Ariguaní, Caracolcito, Copey, La loma y Caraballo, por los cuales pasa el trazado.

Criterios Relacionados con los Aspectos Bióticos.

Para el Área de Estudio no se reportaron zonas prioritarias de conservación de recursos faunísticos o corredores y zonas boscosas ni zonas de páramo o subpáramo; además se considera la menor afectación del recurso forestal como criterio para definición del trazado.

Criterios relacionados con los Aspectos Sociales.

Como criterio de peso en la definición del trazado, se consideró la posibilidad de generar conflictos por el uso del suelo; al respecto, no se prevé efecto de gran magnitud teniendo en cuenta que el trazado discurre por corredores ya intervenidos (carreteras, caminos vecinales o vías carreteables).

En el Área de Estudio, no existen interferencias por presencia de sitios de interés histórico que ameriten su conservación, así como tampoco zonas de resguardo, reservas o territorios comunitarios.

4.2 MODELO DE SIMULACIÓN

Para realizar la simulación en estado estable del gasoducto, se usó el simulador de procesos HYSYS, que a continuación se describe.

4.2.1 Simulador de Proceso. La representación de un proceso mediante la simulación, implica la determinación de propiedades termodinámicas, físicas y de transporte, con las cuales se realizan los cálculos de transferencia de masa y energía requeridos.

El simulador está constituido por los modelos termodinámicos y físicos, que se utilizan en los cálculos de equilibrio para determinar el número de fases coexistentes, su composición y su cantidad, a unas condiciones dadas de presión y temperatura, Los modelos disponibles en el simulador incluyen ecuaciones de estado, modelos de actividad, métodos empíricos, modelos de presión de vapor y métodos misceláneos, que son factores que influyen en el transporte de gas por tubería.

Para la realización de la simulación en estado estable para este diseño preliminar para la construcción del gasoducto tramo Fundación-Magdalena a Bosconia-Cesar, se usó la ecuación de estado de Peng & Robinson (PR) como modelo termodinámico, y la correlación mejorada de Beggs y Brill para realizar el análisis hidráulico.

Utilidades del Simulador

El simulador cuenta con facilidades predeterminadas, que permiten realizar de forma sencilla los cálculos de varias propiedades.

Corrientes de Materia

Esta utilidad está diseñada para crear las corrientes de fluido (gas), necesarias para realizar la simulación. A cada una de estas corrientes se les debe definir propiedades tales como: composición, presión, temperatura y caudal.

Segmento de Tubería

Esta utilidad es usada para simular una amplia variedad de situaciones en sistemas de tuberías que transportan flujo monofásico, como multifásico, con una estimación rigurosa de la transferencia de calor, pérdidas de presión, régimen de flujo, rugosidad, etc. mediante los cuales, se define la hidráulica del sistema.

Esta utilidad facilita el uso de un segmento de tubería, codos, tee's, curvaturas, uniones, válvulas, etc., necesarios para tener en cuenta la caída de presión producida por estos elementos.

4.2.2 Montaje del Modelo de Simulación. La siguiente información fue utilizada para el montaje del modelo de simulación.

En la Figura 21 se observa el montaje realizado en HYSYS, para este tramo del gasoducto.

Propiedades del Fluido

Las propiedades del fluido a transportar tienen un impacto significativo sobre el diseño del sistema. Las siguientes propiedades del gas a condiciones determinadas de presión y temperatura son consideradas en la simulación del gasoducto: composición que se muestra en la tabla 9; gravedad específica, calor

específico, poder calorífico, factor de compresibilidad, que se observan en la tabla 10. También se tuvieron en cuenta el coeficiente Joule Thompson, coeficiente isentrópico, entalpía, entropía y viscosidad.

Perfil Topográfico

Con el propósito de describir el comportamiento en estado estable del gasoducto, el perfil topográfico (Figura 15), se adquirió mediante búsqueda de información en diferentes páginas de internet y otros documentos. Datos de elevaciones respecto al nivel del mar y distancia entre los municipios que hacen parte de este proyecto, se introdujo en el simulador de procesos.

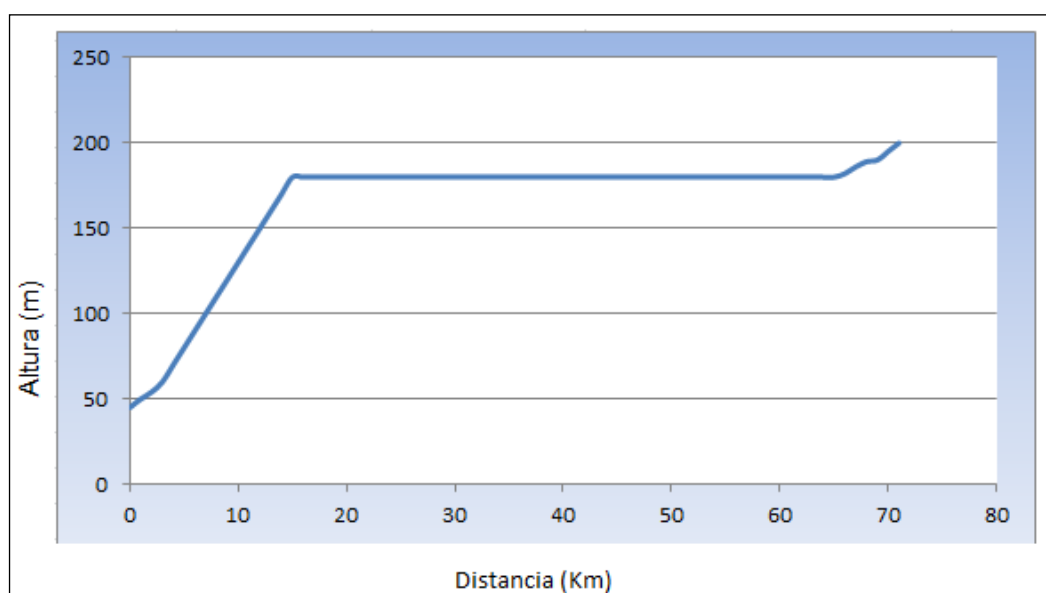
Tabla 8. Cromatografía de Diferentes Cargas del Gas Guajira

COMPONENTE	FORMULA	COMPOSICION PORCENTAJE MOLAR		
		CARGA ALTA	CARGA MEDIA	CARGA BAJA
Metano	CH ₄	98,0237	97,9171	97,9506
Nitrogeno	N ₂	1,4325	1,6662	1,6199
Dioxido de Carbono	CO ₂	0,1744	0,0399	0,0417
Etano	C ₂ H ₆	0,2582	0,2511	0,2662
Propano	C ₃ H ₈	0,0525	0,0641	0,0628
Agua	H ₂ O	0	0	0
Sulfuro de Hidrogeno	H ₂ S	0	0	0
Hidrogeno	H ₂	0	0	0
Monoxido de Carbono	CO	0	0	0
Oxigeno	O ₂	0	0	0
i-Butano	C ₄ H ₁₀	0,026	0,0178	0,0173
n-Butano	C ₄ H ₁₀	0,0082	0,0082	0,008
i-Pentano	C ₅ H ₁₂	0,0068	0,0064	0,0063
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	0,0012	0,0018	0,0017
n-Hexano	C ₆ H ₁₄	0,0165	0,0004	0,0003
n-Heptano	C ₇ H ₁₆	0	0	0
n-Octano	C ₈ H ₁₈	0	0	0
n-Nonano	C ₉ H ₂₀	0	0	0
n-Decano	C ₁₀ H ₂₂	0	0	0
Helio	He	0	0	0
Argón	Ar	0	0	0
TOTAL		100	100	100

Tabla 9. Calidad del Gas Guajira

PARAMETRO	VALOR
Peso Molecular	16,3298
Gravedad especifica, @ 14,65 psia	0,5652
Poder calorifico Bruto real, @ 14,65 psia y 60°F, BTU/PC	996,4
Poder calorifico Neto real, @ 14,65 psia y 60°F, BTU/PC	899,6
Densidad, Kg/m ³	0,689111
Factor de Compresibilidad	0,998049

Figura 17. Perfil topográfico Fundación-Bosconia



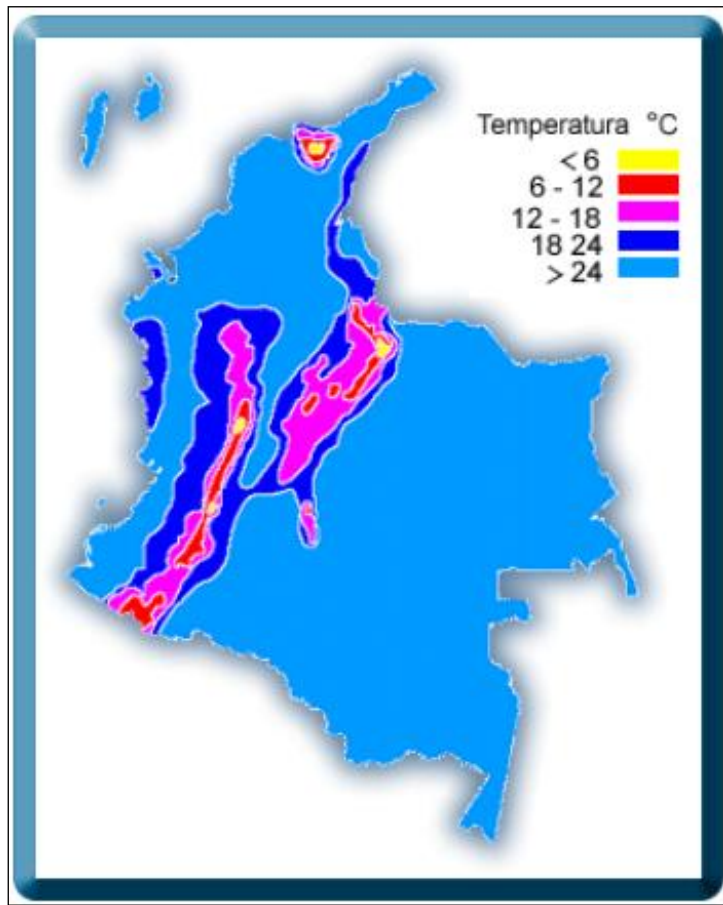
Fuente: Los Autores

Temperaturas Ambiente de la Zona de Influencia del Gasoducto

La temperatura y la presión influyen en las propiedades del gas natural. Un incremento en la temperatura disminuye la capacidad de transporte de un gasoducto debido al aumento de la caída de presión, lo que redunda en mayor consumo de energía en los sistemas de compresión. La viscosidad de un gas se incrementa con un incremento en la presión y en la temperatura, lo que provoca mayor fricción a lo largo del gasoducto.

Tomando como punto de partida el siguiente mapa (Figura 16) para determinar la temperatura de estos municipios en el cual muestra que para esta zona del Departamento del Magdalena y el departamento del Cesar el rango de temperatura es mayor de 24°C y suponiendo que en esta zona son aproximados los valores de temperaturas, de acuerdo con información obtenida de estos municipios los valores de temperatura media no varían ni en 3°C, de este modo se puede decir que los cambios de temperatura en estas localizaciones no son significativos.

Figura 18. Mapa de rangos de temperaturas en Colombia



Fuente: <http://www.todacolombia.com/geografia/mapas/mapatemperaturacolombia.gif>

A continuación, en la Tabla 11 se presentan los valores medios de la temperatura ambiente para los doce meses del año de los municipios que hacen parte de este tramo del gasoducto. Esta información fue necesaria para realizar los cálculos de intercambio de calor entre el fluido y el medio circundante.

Tabla 10. Valores de temperatura ambiente para esta zona

	ABR(10)	MAY(10)	JUN(10)	JUL(10)	AGO(10)	SEP(10)	OCT(10)	NOV(10)	DIC(10)	ENE(11)	FEB(11)	MAR(11)	ABR(11)	Valor Anual
Tmedia(°C)	30,5	30,4	28,7	28,4	28,1	27,5	28,1	27,2	27,6	29,3	30	29,5	29,6	31,2
Tmaxima(°C)	35,5	34,8	32,4	32,2	32,7	31,4	32,4	31,1	31,8	33,4	34,9	34,6	34,7	36,0
Tminima(°C)	25,3	25,3	24,3	23,9	23,6	23,2	23,5	23,3	23,1	22,7	23,4	23,4	24,1	25,8

Fuente: http://www.tutiempo.net/clima/Valledupar_Alfonso_Lopez/800360.htm

4.2.3 Demanda. Para efectos de este estudio preliminar se ha calculado el número de viviendas beneficiadas como el 100% de las viviendas de los cascos urbanos de todos los municipios que se beneficiarían con el gas natural por tubería. Para ello, se parte de la estimación de población y del número de viviendas reportadas en el DANE-2005 y el EOT de las Alcaldías de cada municipio.

Tomando como referencia el rango 217 Lts/persona/día¹⁰ de consumo de gas natural por uso y tipo, y tomando un promedio de 4.7 personas por hogar según reporte DANE 2005 de estos municipios, se estimó un consumo por vivienda de 30,6 metros cúbicos de gas por mes. En la Tabla 12 se encuentra el estimado del consumo de gas natural por viviendas por cada uno de los municipios para los años de 2011 y 2031, en KPCD. Esta proyección se realizó suponiendo un incremento de 1.156% anual¹¹ mediante el método llamado Método Geométrico.¹²

¹⁰ Resumen ejecutivo final, “DETERMINACION DEL CONSUMO FINAL DE ENERGIA EN LOS SECTORES RESIDENCIALES, URBANO Y COMERCIAL Y DETERMINACION DE CONSUMO PARA EQUIPOS DOMESTICOS DE ENERGIA ELECTRICA Y GAS”, Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Ciencias, Junio de 2006, p. 24.

¹¹ http://www.indexmundi.com/es/colombia/tasa_de_crecimiento.html

¹² Revista Colombiana de Estadística N° 3 – 1981. Método usado para estimar el Consumo de Gas Natural a partir del Número de Viviendas en la Cabecera Municipal en el la tesis del 2006 titulada: “ESTUDIO Y DISEÑO CONCEPTUAL DEL GASODUCTO QUE PERMITE LA IMPLEMENTACIÓN Y

Tabla 11. Estimación del Consumo de Gas Natural a partir del Número de Viviendas en la Cabecera Municipal

Correg/Municipio	2011		2031	
	Vivienda	Consumo KPCD	Vivienda	Consumo KPCD
Santa Rosa de Lima	284	10.2	357	12.9
Caracolcito	190	6.8	239	8.6
El Copey	4950	178	6229	224
Bosconia	5460	197	6871	247
Planta GNV Bosconia	1	170	1	213

Fuente: Los Autores

4.3 ANALISIS DE RESULTADOS

Mediante la simulación numérica de este tramo del gasoducto, se pretende conocer las diferentes variaciones de presión y temperatura que puede tener el fluido cuando es sometido a diferentes escenarios, a estas condiciones trabajaría el gasoducto en el momento en que fuera operado en estado estable.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante dicha simulación.

Figura 19. Variación de la Presión VS. Perfil Topográfico del Gasoducto Fundación - Bosconia

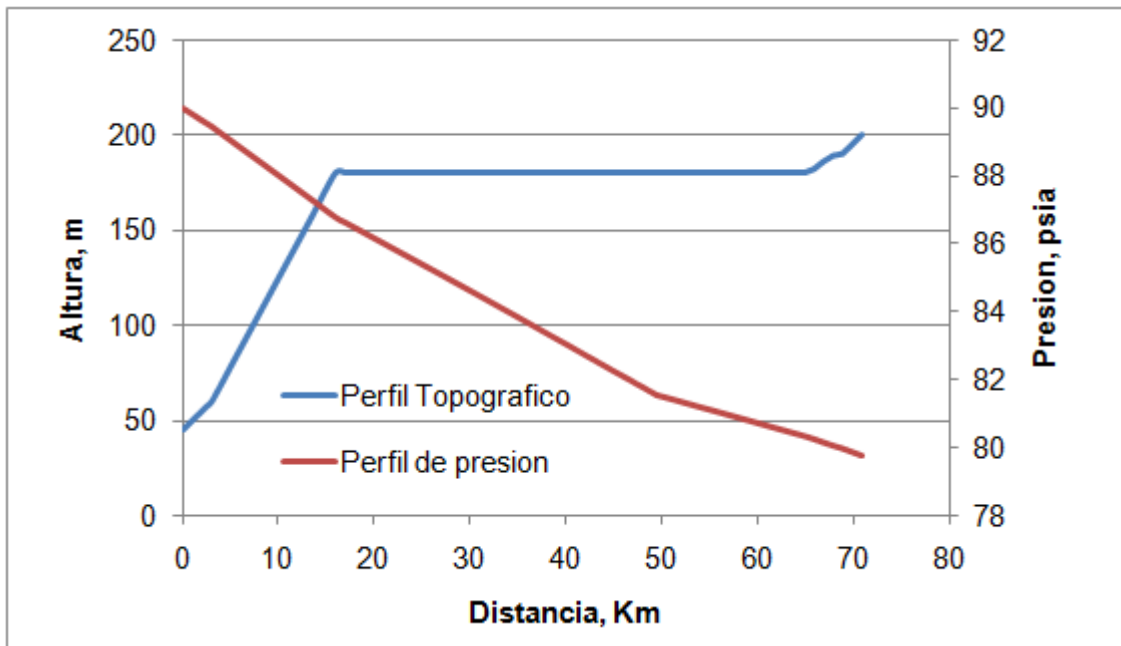
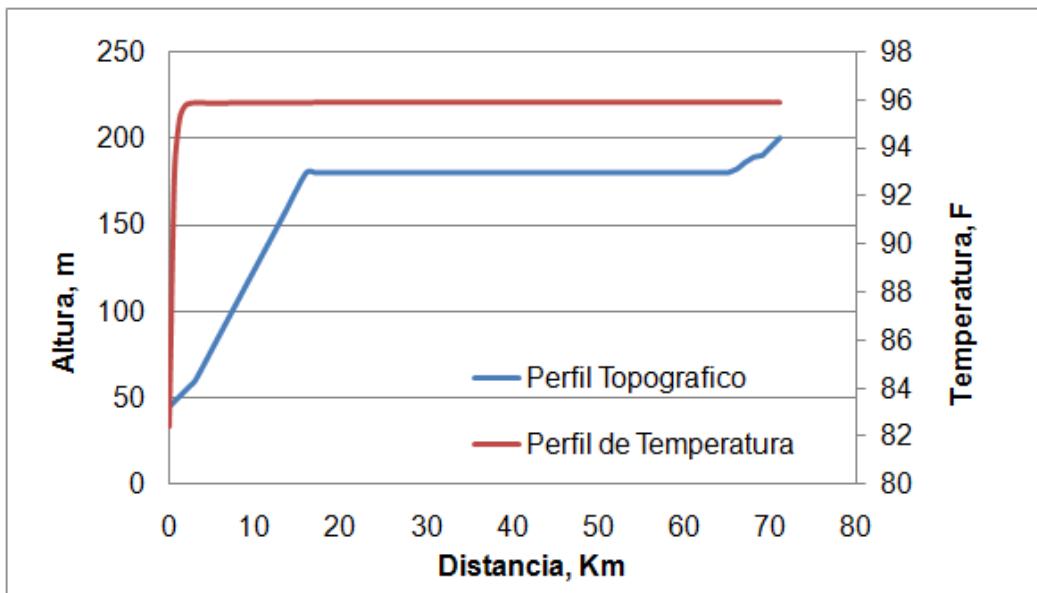


Figura 20. Variación de la Temperatura VS. Perfil Topográfico del Gasoducto Fundación - Bosconia



**Figura 21. Variación de la Fracción de Vapor VS. Perfil Topográfico del Gasoducto
Fundación - Bosconia**

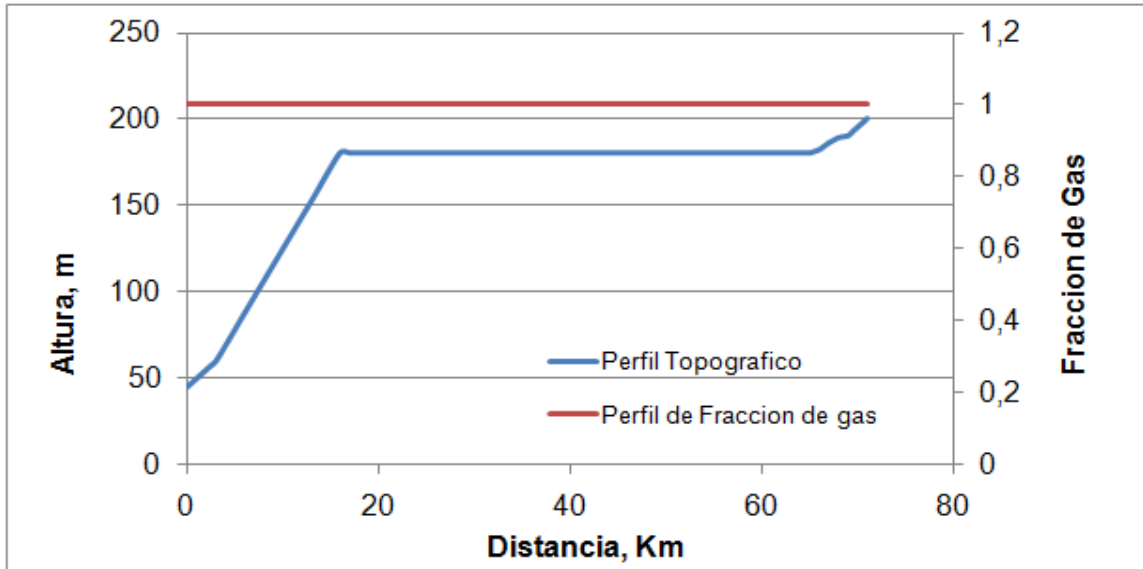


Figura 22. Variación de la Presión Vs Temperatura

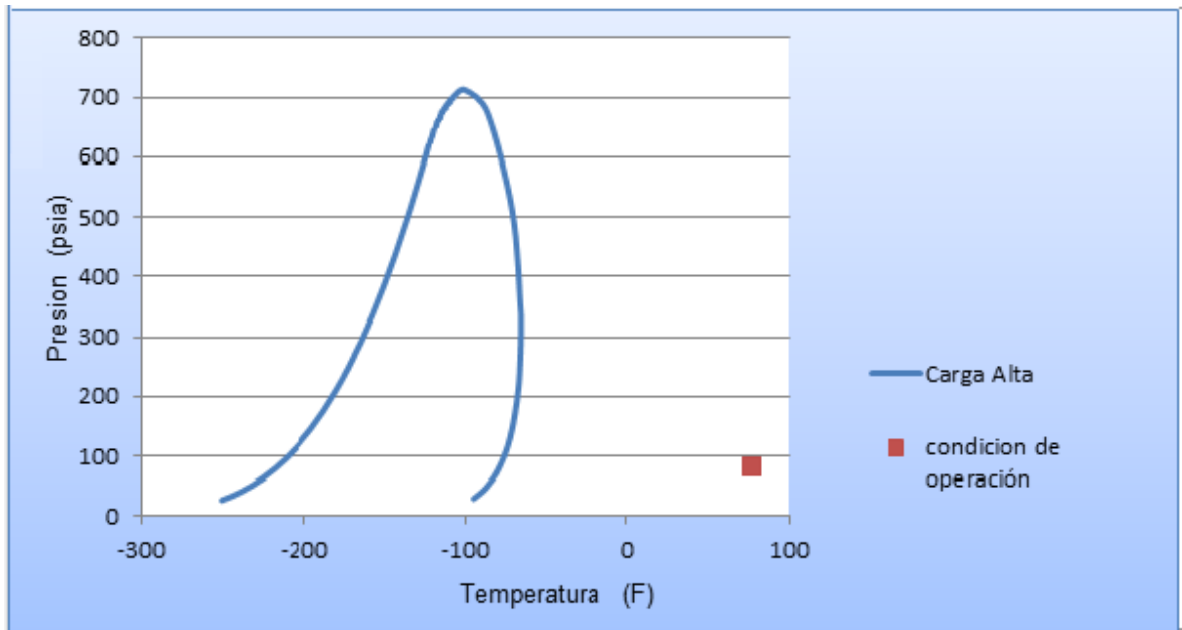


Tabla 12. Datos de presión y temperatura de llegada y salida en cada uno de los municipios y corregimientos arrojados por la simulación en hysys

MUNICIPIO O CORREG.	DATOS ARROJADOS POR SIMULACIÓN			
	LLEGADA		SALIDA VALVULA	
	PRESION (psig)	TEMPERATURA (°F)	PRESION (psig)	TEMPERATURA (°F)
Fundación	-	-	90	82.40
Santa Rosa de Lima	86.8	95.87	30	93.44
Caracolcito	82.46	95.89	35	94.01
Copey	81.57	95.89	40	95.22
Bosconia	79.79	95.89	40	95.59

Esta simulación permite evaluar la variación de las condiciones de operación al interior del gasoducto Fundación - Bosconia, debido a los consumos de cada uno de los municipios y corregimientos que se encuentran en la línea del trazado del gasoducto. En las Figuras Presión y Temperatura Vs Perfil topográfico se pueden observar las variaciones de la Presión y la Temperatura de flujo del gas a lo largo del gasoducto debido a la topografía del terreno, cabe destacar que el gasoducto por estar enterrado 1,2 m bajo superficie, la incidencia de la Temperatura ambiente frente a la temperatura del gas es muy pequeña.

De acuerdo con la Figura Fracción de Vapor VS. Perfil Topográfico, se deduce que la Fracción de Vapor no varía a lo largo del tramo, permaneciendo siempre en la fase gaseosa y por lo tanto no presencia de condensados.

Las presiones manejadas en el tramo del gasoducto Fundación – Bosconia son menores a 140 psig, presión máxima de soporte del polietileno de alta densidad; se tomó un parámetro de seguridad de 30 psig, presentando la presión máxima de operación el punto de entrega llamado Fundación con un valor de 110 psig.

Es necesario agregar al sistema del gasoducto dos estaciones compresoras con una capacidad de 100 psi, una de ellas se encuentra ubicada a 25.471 km de longitud vía Fundación a Bosconia, entre los corregimiento de Santa Rosa de Lima y Caracolcito. Un segundo compresor es ubicado a 47.8252 km desde Fundación, vía Bosconia, ubicado entre el corregimiento de Caracolcito y el Municipio de Copey.

4.4 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LA CONDUCCIÓN

Para el diseño y operación del proyecto, se seguirán los siguientes códigos y especificaciones, establecidos por los institutos a escala mundial encargados de reglamentar las normas de calidad, lo cual garantizará la seguridad en los procesos que se llevan a cabo.

- **NTC 3728**

Establece los requisitos mínimos de tipo técnico y de seguridad que deben cumplir los sistemas de distribución de gas natural y gas licuado de petróleo, en adelante GLP, por red, para prevenir riesgos a la seguridad, a la salud y vida animal.

- **NTC 1746**

Esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo para el material, dimensiones y tolerancias, resistencia a la rotura por presión hidrostática, resistencia química, y resistencia al impacto de tubos y accesorios plásticos para distribución de gas.

- **NTC 2576**

Esta norma establece requisitos de construcción, materiales, configuración, especificación de la presión nominal de servicio, rotulado, desempeño y ensayos.

Las especificaciones de construcción, la selección de los trazados, el diseño de las actividades y obras a ejecutar, se definen de acuerdo con los siguientes criterios:

- Utilización de la infraestructura existente en cuanto a vías de acceso, instalaciones locativas, tales como áreas de trabajo, talleres y sitios de acopio de tubería.
- Trazado por caminos carreteables, vecinales o carreteras.
- Afectación de la menor manera posible los ecosistemas acuáticos y terrestres.
- Evitar la tala de árboles.
- Mantener las condiciones de estabilidad y servicios de las corrientes de agua.
- Garantizar que los vertimientos de desechos sólidos y líquidos, se efectúen en forma adecuada, cumpliendo con las normas correspondientes, establecidas por las autoridades sanitarias.
- Mantener la calidad del paisaje.
- Sostener y si es posible, mejorar la calidad de vida de las poblaciones en el área de influencia.
- Las líneas de Empalme, serán enterradas en su totalidad.

4.4.1 Tubería de Diseño. Se construirán 71 kilómetros en tubería de polietileno (Figura 22), de media y alta densidad (que son las que se instalan en más del 90% de las redes en el mundo, ver Figura 15), de 6" de tipo PE 2708 antes (PE-

2406),¹³ a una profundidad de 1.2 metros en la margen derecha de la vía, guardando un retiro mínimo de 5 mts de la berma de la misma, y para los ramales mencionados serán construidos en tubería de 2" y 4".

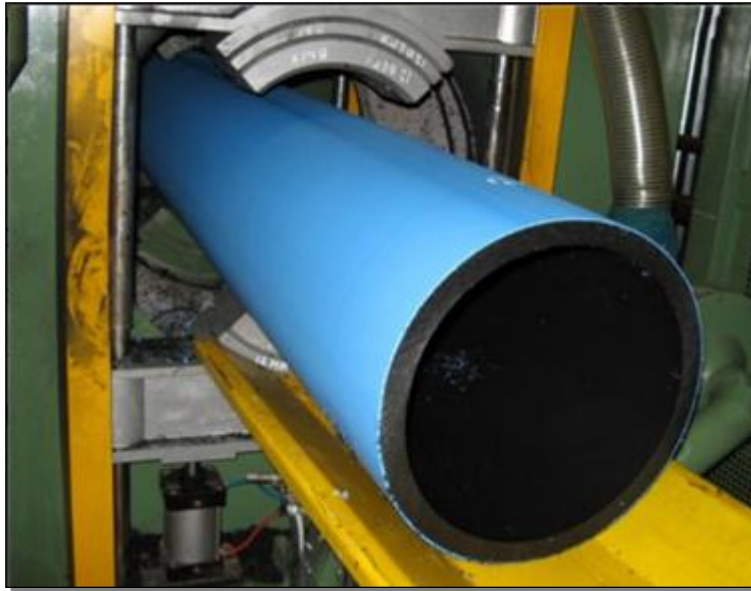
El uso de tuberías de Polietileno de Alta Densidad para la distribución de gas doméstico es de gran ventaja debido a las siguientes características:

1. La tubería es fabricada para un diseño hidrostático de 1000 Psi¹⁴.
2. La facilidad de conexiones herméticas con la soldadura de termofusión permite garantizar un sistema con 100% de estanqueidad, premisa primordial para este tipo de aplicaciones.
3. Por su resistencia a la corrosión y a las incrustaciones se elimina el efecto de pérdida de capacidad de la red por disminución de su diámetro interno, evitando así la necesidad de mantenimiento y el uso de sistemas de protección catódica, disminuyendo de esta manera los costos.

¹³ <http://www.adtechnologies.com.mx/gas.html>-CELDA DE CLASIFICACIÓN SEGÚN ASTM D 3350 MATERIALES PLÁSTICOS DE POLIETILENO.

¹⁴ Performance Pipe Productos para la distribución de gas, p. 7.

Figura 24. Tubería de Polietileno de alta densidad (PEAD)



Fuente: <http://www.md.all.biz/es/g20308/>

Presión de Operación

La Presión máxima de operación de acuerdo a la ficha técnica del polietileno de alta densidad será de 135 psia, pero por motivos de seguridad la presión máxima para la simulación en HYSYS será de 90 psia.

¿Qué es el polietileno?

Los polietilenos son importantes polímeros olefínicos que cada año van alcanzando un crecimiento más significativo. La combinación de propiedades útiles, fabricación fácil y buenos aspectos económicos ha originado que se les considere como materiales comerciales. Son resinas termoplásticas producidas mediante procesos a alta y baja presión en los que se usan varios sistemas catalíticos complejos. Como resultado se obtienen varias familias de polímeros (de baja densidad, de baja densidad lineal y de alta densidad), cada uno con características muy diferentes de comportamiento y cualidades técnicas. Por lo general, todos los polietilenos poseen propiedades eléctricas excelentes, una

resistencia inmejorable a los disolventes orgánicos y a compuestos químicos. Son materiales translúcidos, de peso ligero, resistente y flexible.¹⁵

¿Por qué Polietileno?

Un sistema en polietileno ofrece una cantidad importante de ventajas sobre los sistemas convencionales:

- Pérdidas de carga por fricción mínimas
- No es atacada en ninguna forma por la corrosión
- Ausencia de sedimentos e incrustaciones en su interior
- Flexibilidad
- Elasticidad
- No mantiene deformaciones permanentes
- Peso reducido
- Longitudes mayores, lo cual reduce el número de uniones (menor costo) y reduce las posibilidades de fallas humanas en la instalación
- Fácil de transportar
- Larga vida útil
- Menor costo de adquisición e instalación
- Resistente a movimientos sísmicos
- Resistencia mecánica y ductilidad.
- Resistente a bacterias y químicos
- No requiere protección catódica.¹⁶

4.5 DERECHO DE VÍA Y ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS

4.5.1 Derecho de Vía. La apertura y conformación del derecho de vía incluye trabajos de desmonte y nivelación. Durante el desmonte se realizará el corte de

¹⁵ http://html.rincondelvago.com/polietileno_1.html

¹⁶ <http://es.scribd.com/doc/54814564/Por-que-Polietileno>

árboles y arbustos existentes en el área del derecho de vía. Para la nivelación, la superficie del derecho de vía será limpiada de todo remanente de vegetación y nivelada para evitar pendientes demasiado fuertes y facilitar el trabajo del equipo pesado. En las áreas de pastoreo se removerá el suelo superficial y se dispondrá a un lado para su posterior reposición.

El derecho de vía para el diseño preliminar de este tramo de gasoducto para los municipios y corregimientos del Magdalena y Cesar, tendrá un ancho de 10 m. Se deben tener en cuenta dos factores para adquirir el derecho de vía:

- **Gestión de permisos ambientales y consecución de la Licencia Ambiental**

Esta actividad se inicia con la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto y la aprobación del Plan de Manejo Ambiental, por parte de la autoridad ambiental competente, en este caso el Ministerio de Vivienda, Medio Ambiente y Protección Social.

- **Negociación de Servidumbres**

Esta actividad contempla la constitución o acuerdos de servidumbre sobre el derecho de vía del proyecto, así como el pago de daños a los propietarios de las franjas correspondientes al derecho de vía y de las áreas aledañas requeridas para desarrollar las obras de ingeniería y recuperación del terreno.

4.5.2 Cruces Especiales. Los pasos de las líneas interceptan zonas que ofrecen mayor dificultad para la construcción en línea regular, por sus condiciones naturales o por la presencia de obras civiles cuyo funcionamiento normal no debe alterarse; en estos tramos, el cruce del gasoducto requiere de un tratamiento especial para proteger el tubo y las áreas aledañas.

Se consideran cruces especiales: los cruces de vías, cruce de corrientes, paso elevado de corrientes, cruce con otros ductos, o paso por terreno empinado.

Cruces de vías

Su construcción se rige por la norma Técnica Colombiana NTC 3728 (GASODUCTOS, LÍNEAS DE TRANSPORTE Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS), cumpliendo además los reglamentos del MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transporte).

No se atravesarán zonas residenciales, solo localmente el gasoducto pasará cerca de viviendas rurales.

- Los cruces se deben hacer lo más perpendicular posible al eje de la vía y en ningún caso el ángulo que forme con el eje de la vía, debe ser inferior a 30 grados.
- En los cruces de las carreteras se deberá garantizar como mínimo que los sitios queden en las condiciones en que se encontraban inicialmente. Se deberá una efectiva recuperación de la banca de las vías cruzadas.
- El relleno de la zanja deberá efectuarse inmediatamente después de bajar la tubería. El acabado y compactación deben ser, como mínimo, iguales a los existentes en la vía antes de efectuar el trabajo.
- Los cruces de vías principales se realizarán mediante tunelera, adecuando para esto un área de trabajo para el control de residuos líquidos y sólidos que se pueden generar.
- Los cruces de vías secundarias o vías de acceso a fincas, deberá realizarse mediante excavación a cielo abierto sin que los trabajos a realizar impliquen la interrupción del tráfico. Para evitar esto se avisará con suficiente anticipación a la comunidad usuaria o a las entidades administradoras de las vías a cruzar, acerca

de los trabajos y las fechas de ejecución de los mismos, de acuerdo con la programación de la obra.

- Una vez efectuado el cruce, para garantizar la estabilidad de excavación, se deben construir obras encaminadas a manejar la escorrentía.
- Los bordes excavados donde se prevean problemas de inestabilidad, se deberán restituir y proteger mediante muros de gaviones y demás estructuras que garanticen su estabilidad.

Cruces de Cuerpos de Agua

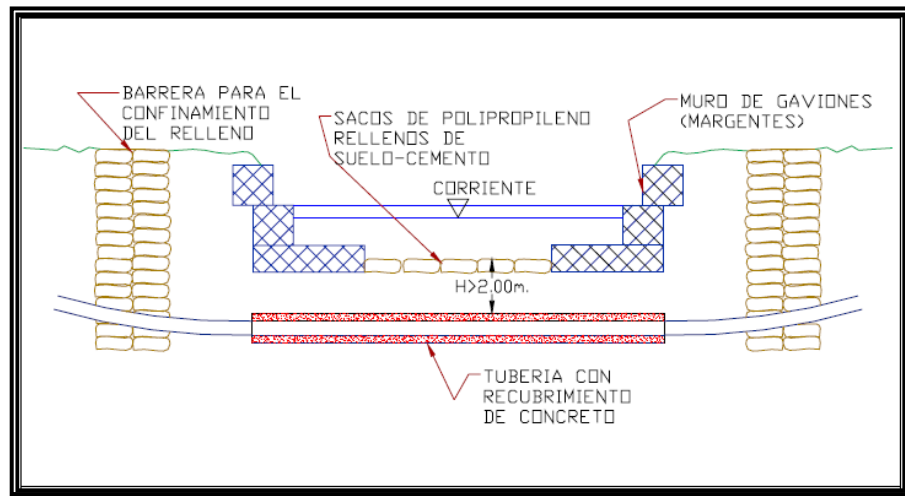
En todas las corrientes que atraviese el gasoducto, el cruce será de tipo subfluvial; con perforación horizontal dirigida la cual no necesita descapote de terreno.

La profundidad mínima a la que irá enterrado el tubo en estos casos, será de por lo menos 2.00 metros por debajo del lecho del río. Esta técnica de construcción no afecta las riveras ni los lechos de los ríos.

Con la técnica de construcción descrita anteriormente cruzaremos los ríos Ariguaní, Betania, Caracolcito, Copey, La loma y Caraballo.

En la siguiente figura, se indican las características del cruce subfluvial.

Figura 25. Cruce Subfluvial Típico en Corrientes Principales



Fuente: Transcanadá Pipelines

4.5.3 Transporte y Tendido de Tubería. El tubo de polietileno (en tramos de 12 metros aprox. cada uno) será transportado por el contratista desde la bodega de almacenamiento hasta el derecho de vía del gasoducto, en tráiler o camiones plataforma equipados con aditamentos de sujeción para tubería. Los camiones se alinearan a lo largo del derecho de vía para que una grúa móvil descargue los tubos en el sitio, uno de tras de otro.

Recomendaciones para tener en cuenta en el transporte de la tubería:

- Al seleccionar el transporte, verifique que la superficie sobre la que va a quedar apoyada la tubería sea lisa y libre de elementos que puedan causar abrasión o ralladuras a la tubería (Evite: superficies rugosas, puntillas, latas, etc.).
- Durante el cargue y descargue de los tubos, no los arroje al piso ni los golpee.

- Verifique que tanto las tuberías como los accesorios no queden muy cerca al exosto del vehículo, así como de otras posibles fuentes de calor que puedan dañarlos.
- Por ningún motivo permita que se adicione otro tipo de carga sobre las tuberías y accesorios.
- Si una tubería o accesorio, en cualquier etapa del transporte, manipulación o almacenamiento, presentare deterioro o marca con una profundidad superior al 10% del espesor de pared, deberá desecharse el ramo dañado o la pieza según sea el caso.

Una vez tendida la tubería, se debe proceder a su rebiselamineto, que consiste en la preparación de biseles que por alguna razón hayan sido averiados o presenten biseles defectuosos. También se incluye la limpieza interna de la tubería y demás actividades que se deben desarrollar para la instalación de tuberías de acuerdo con los alineamientos y cotas indicadas en los planos.

4.5.4 Almacenamiento. Recomendaciones a tener en cuenta para el almacenamiento:

- No almacene la tubería en la interperie y en caso de ser necesario, no la almacene en esa condición por periodos prolongados y protéjala de los rayos solares, con un polietileno blanco.
- Almacene la tubería en una superficie nivelada y en posición horizontal.
- La altura máxima para apilar tuberías sobre tierra nivelada a piso duro es de 60 cm.
- La tubería en rollos, deberá almacenarse enrollada y permanecer así hasta su utilización.

4.5.5 Predoblado y Doblado de la Tubería. Comprende el doblado de la tubería antes de su alineación y soldadura siguiendo el perfil del terreno en el fondo de la zanja, sin generar en el tubo doblado, cortes o sobrantes de tubería innecesarios por la mala conformación de la zanja.

4.5.6 Alineación y Soldadura. El tubo será alineado solamente sobre la franja de afectación que haya sido despejada. El contratista alineara los tubos antes de la excavación de las zanjas, uno detrás de otro, siguiendo la línea de la trinchera y al lado de la zanja en la que irán colocados finalmente para su posterior soldadura, de manera que el gasoducto va tomando forma sobre la superficie del terreno.

La soldadura de tubería se refiere a todo el proceso de unión de los tubos. Este procedimiento de soldadura se hará con un método llamado SOLDADURA A TOPE mediante TERMOFUSION (comúnmente usado para trabajos de fusión de largos tramos de tubo en campo), el cual consiste en la utilización de una plancha calentadora (ver Figura 24), para unir tubos de polietileno y sus accesorios mediante la plastificación del material, una vez calentado el material se retira dicha herramienta y se unen los extremos aplicando una presión, con acción mecánica o hidráulica adecuada al tipo de unión que estemos realizando.

Esta técnica produce una unión permanente y eficaz, además es la más económica de los sistemas de uniones térmicas. La Soldadura a Tope es apropiada para la unión de dos tuberías del mismo SDR (relación Diámetro / Espesor) con diámetros desde 32 mm hasta diámetros de 630 mm.

Figura 26. Máquina para soldadura de Termofusión



Fuente: <http://fagamaplus.com/soldaduras.html>

Los parámetros básicos son:

Temperatura de plancha calentadora, tiempo de calentamiento y presión (de calentamiento y unión).

Esta técnica produce una unión permanente y eficaz, además es la más económica de los sistemas de uniones térmicas.

Para realizar la Soldadura a Tope se debe disponer de un equipo que contenga:

- Mesa alineadora con bancada
- Mordazas de fijación para diferentes diámetros.
- Elemento de calefacción regulable.
- Rectificador (biselador) de caras.
- Generador eléctrico.
- Sistema mecánico o hidráulico para el movimiento de la mesa alineadora.

El equipo empleado para este sistema de uniones térmicas dependerá de los diámetros de las tuberías, para ello existen en el mercado una gran variedad de marcas y diseños específicos.

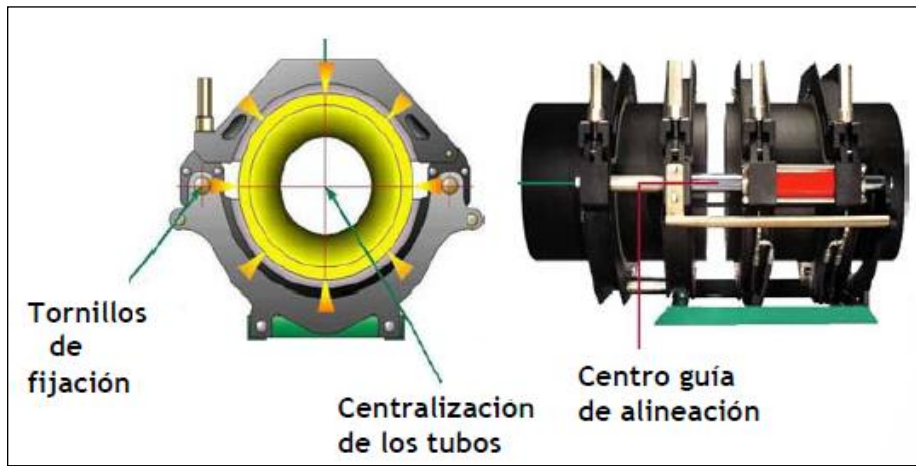
También se pueden mencionar los siguientes instrumentos que son imprescindibles en el momento de la realización de la soldadura:

- Alcohol (Propano ó Etílico).
- Toallín o toallas blancas desechables.

Para obtener una buena soldadura es necesario que se cumplan los siguientes pasos:

- Se debe instalar el equipo de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- El corte del tubo donde se va a efectuar la soldadura debe ser perfectamente recto y los extremos a soldar deben quedar completamente paralelos, para garantizar la imposibilidad de movimiento axial. Se deben alinear los tubos, esto se realiza ajustando la prensa de sujeción de los tubos ver Figura 25.

Figura 27. Alineación del Tubo

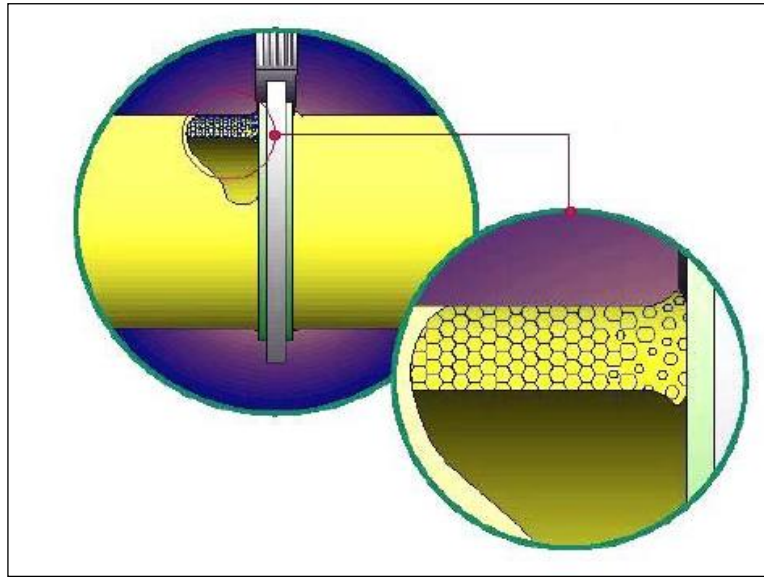


Fuente: Revinca C.A-Procedimientos de soldadura

- Refrentar los tubos colocando la biselador en medio de ambos extremos de las tuberías a tratar. Después se deben presionar los extremos contra el biselador, accionándolo para obtener un refrentado correcto y completo de las superficies, no mayor de 2 mm de su espesor. Una vez hecho esto las caras o superficies no deben ser tocadas para asegurar que estas no posean alguna impureza (aceite, tinta, etc.) que impidan la realización de una buena soldadura.
- Verificar el alineamiento, uniendo suavemente los extremos refrentados. Luego se constata la perpendicularidad del corte, controlando que la separación entre las caras no sea mayor del 0.2% de espesor.
- Limpiar con un toallín impregnado de alcohol las superficies o extremos de la tubería, no utilizar ningún tipo de solvente, evitando tocar las superficies a ser unidas.
- El termoelemento debe estar limpio y debe tener en buenas condiciones su recubrimiento de teflón. La temperatura del termoelemento debe ser de $210 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($410 \pm 5 \text{ }^\circ\text{F}$), para espesores de pared menores a 10 mm y de $200 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($392 \pm 5 \text{ }^\circ\text{F}$) para espesores de pared superiores a 10 mm.

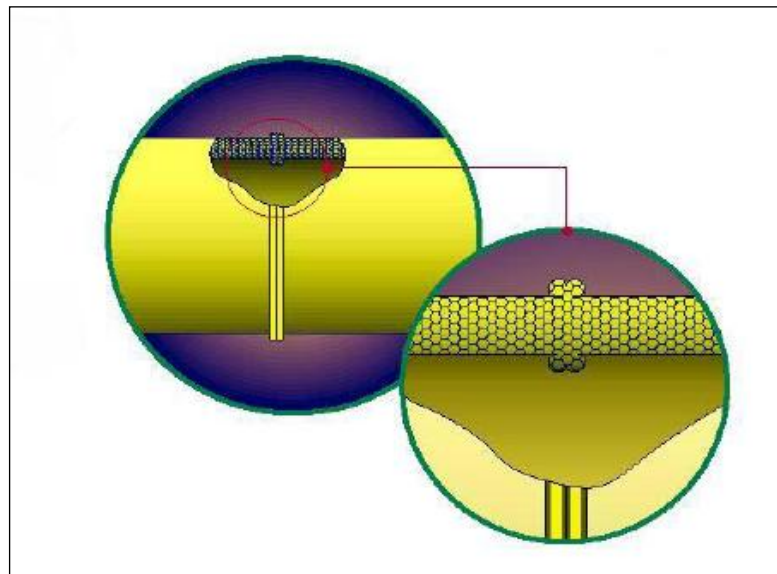
- Las superficies a soldar deben comprimirse contra el termoelemento con una fuerza que es proporcional al diámetro de la tubería, esto se hace con el objeto de que las caras absorban el calor necesario para la polifusión. Esta disminución provoca la formación de un cordón regular alrededor de la circunferencia, que está relacionado directamente con el espesor del tubo.
- Una vez transcurrido el tiempo de calentamiento de las superficies a soldar, se retira el termoelemento, sin tocar el material blando, esto se realiza de manera uniforme. El tiempo de retiro del termoelemento debe ser lo más breve posible, máximo un (1) segundo por milímetro del espesor que tenga el tubo. Se debe inspeccionar que los extremos de los tubos tengan una fusión uniforme.
- Juntar inmediatamente los dos extremos de los tubos aplicando una fuerza gradual, desde un valor de 0.15 N/mm^2 (1.50 Kg. Fuerza) hasta el valor final especificado por el fabricante. La fuerza final debe ser mantenida hasta que la soldadura haya bajado a una temperatura de 70°C . No se debe acelerar el enfriamiento con agua, solventes o con corrientes de aire.
- Inspeccionar que en toda la circunferencia, el reborde esté contra el tubo. La unión de la tubería debe permanecer inmóvil en un periodo de 10 a 60 minutos adicionales antes de su manejo o ensayo. En la figura 26 se muestra el encadenamiento inicial de la estructura molecular del material base, el cual se convierte en una estructura amorfa muy flexible a medida que se produce el calentamiento. En la figura 27 se muestra la estructura molecular después de que el material se ha fundido, se observa que el material vuelve a su estructura cristalina que produce una unión homogénea de la tubería.

Figura 28. Encadenamiento inicial



Fuente: Revinca C.A-Procedimientos de soldadura

Figura 29. Estructura molecular



Fuente: Revinca C.A-Procedimientos de soldadura

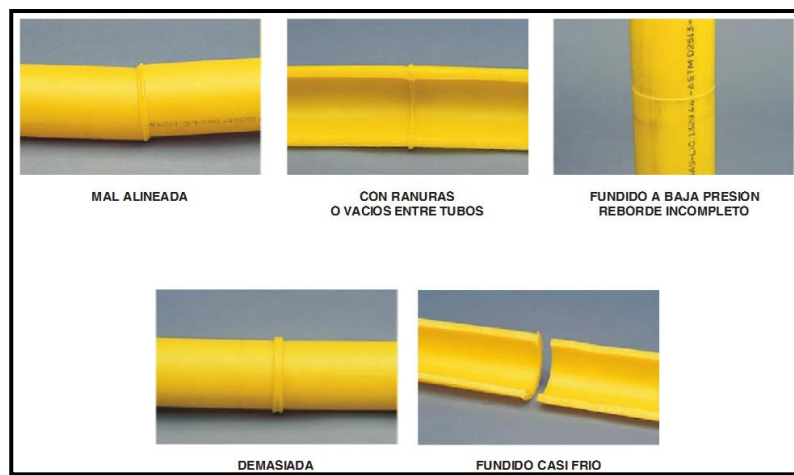
Calificación del Procedimiento de Soldadura

- Verificar que se sigue el procedimiento de soldadura apropiado.
- Inspeccionar la soldadura visualmente y compararla con la soldadura de muestra (soldadura de referencia).
- Visualmente, examinar el corte superficial de la pared del tubo en la soldadura, para determinar si hay vacíos o áreas sin unir.
- Cortar la probeta en forma axial al tubo a través de la soldadura por lo menos tres partes o tiras, luego examinar completamente toda el área de fusión sosteniendo cada tira por los extremos y doblándola o flexionándola 180°. Para someter soldaduras a pruebas de flexión se debe dejar enfriar dicha soldadura por lo menos 1 hora.

Prueba de soldadura

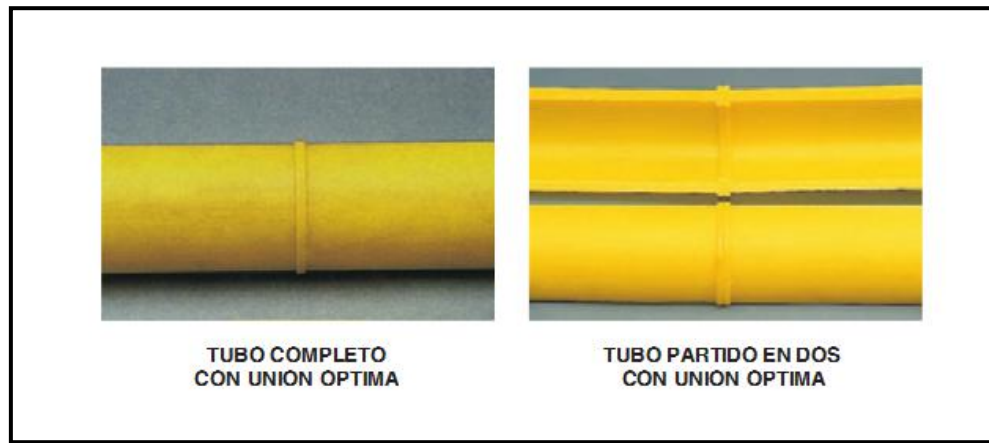
Si se encuentra la presencia de separaciones, ranuras o vacíos, en el área de la soldadura, esta se considera defectuosa, en caso de que no se presente ninguna anomalía, la soldadura se considerará aceptable. En las siguientes figuras se verán ejemplos de uniones mal efectuadas y uniones bien efectuadas en tuberías de Polietileno.

Figura 30. Uniones a tope-Errores usuales



Fuente: Guía instalación de las Tuberías de Polietileno y Accesorios para Gas

Figura 31. Uniones a tope-Bien realizadas



Fuente: Guía instalación de las Tuberías de Polietileno y Accesorios para Gas

Figura 32. Detalle de la soldadura en tubos de PEAD mediante Termofusión



Fuente: <http://fagamaplus.com/soldaduras.html>

4.5.7 Apertura de la Zanja. Esta labor se realiza una vez definido el derecho de vía sobre el cual quedará localizada la tubería, para tal efecto se demarca el eje de la tubería con cal, con el fin de que los operadores de las retroexcavadoras tengan un trazado guía.

Las tuberías en campo abierto, en zonas verdes y en andenes se alojarán en las zanjas de ancho mínimo de 30 cm y máximo de 50 cm, profundidad mínima 60 cm y máxima de 120 cm.

El material extraído del zanjado se dispondrá junto a la zanja conservando una distancia de 1 m, como mínimo desde el borde de esta. El fondo de la zanja será nivelado uniformemente y quedará libre de rocas sueltas, gravas, raíces y material extraño que pudiera dañar la tubería.

4.5.8 Bajado de la Tubería. Las tuberías se instalarán en un fondo libre de piedras o residuos que puedan averiarlas. El contratista colocará en el fondo 10 cm de material suelto, proveniente de la excavación y libre de piedras, cubrirá con el mismo material proveniente de la excavación, en un espesor igual al del diámetro de la tubería. Si el material proveniente de la excavación no se presta por tener piedras o residuos, se empleará arena u otro material seleccionado de granulometría similar.

Al terminar cada jornada de trabajo, matinal o diaria, se taponarán, mediante fusión, todos los extremos abiertos de tubería. Al reanudar la labor se cortará una porción del extremo del tubo que contenga el tapón, lo suficientemente larga para permitir sucesivas reutilizaciones del tramo de tubo con su tapón adosado.

Para el zanjado y tendido se seguirán las recomendaciones del Manual de Especificaciones Técnicas de la Empresa que este encargada de este proyecto.

4.5.9 Prueba de presión. Llamadas también de integridad, son aquellas en las que se prueba la capacidad de un componente o de un recipiente para contener un fluido (líquido o gaseoso), a una presión establecida, sin que existan pérdidas apreciables de presión de prueba en un periodo previamente establecido. Este tipo de inspección se utiliza empleando cualquiera de los siguientes ensayos:

- Prueba Hidrostática (Presión con Agua).
- Prueba Neumática (Presión con un fluido gaseoso inerte: aire, nitrógeno u otro).

Estas pruebas aseguran que no haya fugas del fluido en las soldaduras efectuadas en un tramo parcial o en la red total, (según lo permita el urbanismo), y se hará con la tubería fuera de las zanjas o dentro de ellas.

Las redes de gas deben someterse a una prueba de presión antes de ser puestas en operación. Por ser tubería de polietileno, no se hace prueba hidrostática, se hace prueba neumática. Puede ser conveniente realizar una prueba preliminar para encontrar fugas.

Todas las pruebas de presión deben ser realizadas 24 horas después de haber terminado la última unión.

4.5.10 Prueba preliminar. Esta prueba se ejecuta con la tubería puesta en la zanja pero aun sin ser tapada, más que todo con el fin de detectar fugas en las soldaduras. Se puede hacer en tramos parciales o en la red total según lo permita el urbanismo.

Esta prueba preliminar consiste en inyectar aire comprimido a una presión de 7 Kg/cm² (100 Psi), localizando con agua de jabón las fugas. La duración de esta

prueba será el tiempo necesario para aplicar el agua de jabón a las soldaduras del tramo.

- La prueba se realizara cada máximo 200 metros de tubería.
- La burbuja formada debe producir una película que no se separa del área a ser probada.
- La prueba es aceptable si no se observa ninguna indicación de goteo y en su defecto si se observa formación de burbuja. Entonces el componente debe despresurizarse, si es necesario, y se reparan las zonas donde se produce la gotera. Después de haberse hecho las reparaciones, él (las) área (s) reparada (s), deben ser nuevamente evaluadas bajo el mismo método de prueba.
- Después de haber realizado la prueba, el (las) área (s) deben limpiarse de cualquier solución potencialmente perjudicial.

4.5.11 Prueba definitiva. La tubería podrá ser presurizada con aire, dejando transcurrir un lapso de 5 horas como mínimo, para estabilizar la presión y la temperatura.

La duración de la prueba en función de la longitud de la tubería de distribución en la zona de bloqueo será:

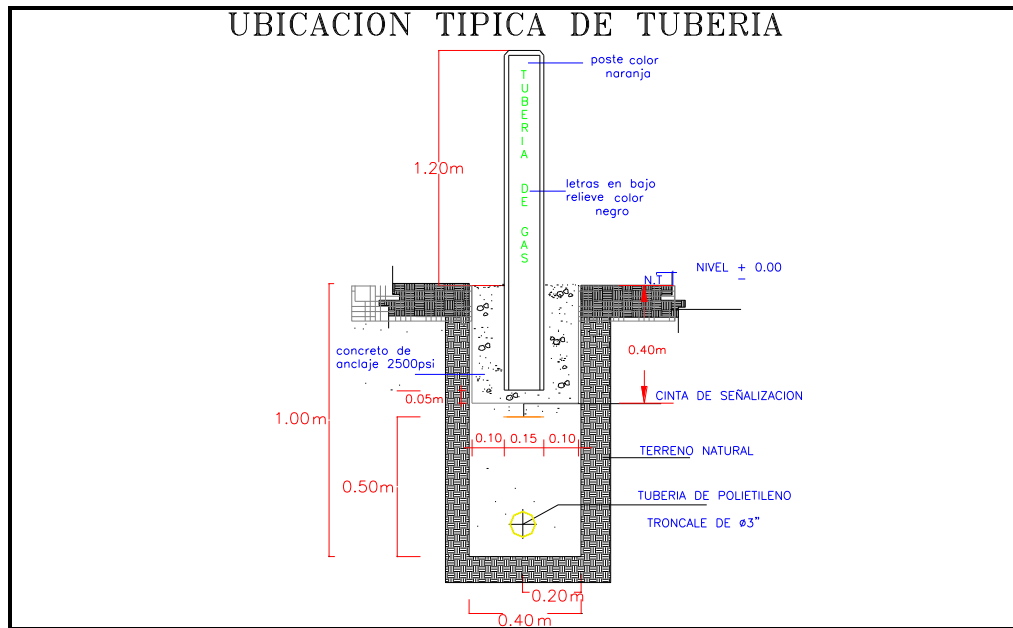
- 24 horas para longitudes de hasta 5.000 m
- 48 horas para longitudes de hasta 10.000 m
- 72 horas para longitudes mayores de 10.000 m

Al iniciar la prueba se harán 3 lecturas cada 10 minutos y se medirá la presión inicial periódicamente cada 12 horas.

Verificada la prueba, cada zona de bloqueo se despresurizara hasta la presión máxima de operación, manteniéndose así en condición hasta su rehabilitación definitiva, a fin de detectar cualquier intervención o deterioro accidental.

4.5.12 Tapado de la tubería. El relleno de la zanja se deberá realizar inmediatamente después de bajar la tubería, para evitar cualquier daño. Como material de relleno se empleará el proveniente de la excavación, seleccionando aquel que se encuentre libre de materia orgánica y suelos blandos muy húmedos. El relleno que se coloque en él debe ofrecer un soporte firme a la tubería.

Figura 33. Detalle de Colocación y Tapado de la Tubería



4.5.13 Cinta de Señalización. Las redes de distribución no solamente se ubicarán a las profundidades exigidas por las normas, sino que contarán con cinta de señalización que marque su presencia cuando cualquier persona excave sobre la tubería.

Para protección de la tubería se colocará sobre ella, a 40 cm aproximadamente y en toda su longitud, la cinta preventiva de señalización. Esta, en color contrastante con el material del suelo, de ancho no menor a 8 cm, marcada con letreros continuos de prevención, en letra de imprenta en color que destaque contra el de la cinta, anuncia la existencia de la tubería de gas y el nombre de la Empresa.

4.5.14 Limpieza de tubería (Barrido). A pesar de las precauciones tomadas durante la construcción para evitar el ingreso de materias extrañas, líquidas y sólidas, a la tubería, se procederá a la limpieza interna de las mismas, mediante el barrido con aire.

Para el barrido se carga la red a limpiar a presión neumática con aire. Luego se da salida a éste por un extremo, para que el aire arrastre el material, generalmente compuesto por polvo y partículas pequeñas sólidas y líquidas.

Para que la limpieza sea eficaz, deberá realizarse en diferentes puntos, dependiendo de lo intrincado que sea el trazado de la red. Debe realizarse para cada anillo y troncal.

El barrido puede agilizarse si se ejecuta por más de un punto simultáneamente, siempre y cuando se disponga de un compresor que suministre aire a una rata que permita una adecuada velocidad de salida en los puntos.

5. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)

El Plan de Manejo Ambiental, para la construcción y operación del gasoducto tramo Fundación-Magdalena a Bosconia-Cesar, ha sido elaborado y estructurado teniendo en cuenta las características ambientales de esta área, los efectos derivados en cada actividad, de la zonificación ambiental, y las especificaciones de diseño y construcción, establecidas para el desarrollo del mismo.

Por esta razón, las medidas ambientales desarrolladas, sirven de apoyo en la planeación y toma de decisiones, de tal manera que permita prevenir, reducir y mitigar, efectos que conlleven a un efecto negativo en el medio ambiente.

A través de la identificación de los efectos ambientales que se ejercen en el entorno físico, biótico y social, derivados de las distintas actividades que conlleva la construcción del gasoducto, la formulación del plan de manejo tiene como objetivo principal desarrollar las medidas concordantes con el proyecto, que permitan prevenir, controlar y minimizar los efectos negativos que se causen en los componentes físico-biótico y socio-económico, y realizar aquellos que presentan un grado de conservación o mantenimiento.

5.1 ESTRATEGIAS PARA LA APLICACIÓN DEL PMA.

La aplicación y ejecución de las medidas de manejo ambiental, en concordancia de las condiciones naturales y sociales existentes en el área de influencia, requieren de la definición de las siguientes estrategias.

5.1.1 Concertación en el Área del Proyecto. Por medio de esta estrategia, se establece con la comunidad y las autoridades municipales las diferentes acciones del programa de Gestión Social y de Asuntos con la Comunidad, tales como información a la comunidad y autoridades municipales, educación ambiental a la comunidad y participación – generación de empleo.

5.1.2 Acción Integrada entre los Programas del PMA. En esta estrategia debe complementarse las acciones formuladas en el Plan de Manejo del Proyecto de las acciones de Gestión Social y el Programa de Asuntos con la Comunidad, a través de mecanismos como la conformación de un grupo profesional (Supervisión Ambiental), encargados de ejecutar todas las acciones propuestas, que deberán estar enfocadas hacia ejercer un estricto control en el manejo de los residuos, manejo del material de excavación de la zanja y la estabilización final del derecho de vía.

5.1.3 Relaciones con la Comunidad para el Apoyo al Área con Proyectos de Carácter Socio-Ambiental. Esta estrategia permite fortalecer y establecer relaciones con la comunidad, requerida de acuerdo con las políticas de las gobernaciones de estos departamentos, y con el PMA formulado, de tal manera que contribuya a las buenas relaciones del Proyecto con la región.

5.1.4 Evaluación Periódica del Desarrollo del Proyecto

Esta estrategia consiste en la evaluación permanente del desarrollo del Proyecto, frente a la ejecución del Plan de Manejo, la Gestión Social y el programa de Asuntos con la comunidad que se haya acordado. Principalmente, se relaciona con la definición y ejecución de acciones no previstas de manejo ambiental, e inquietudes, reclamos o situaciones surgidas entre las comunidades.

5.2 MEDIDAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

5.2.1 Prevención y Control

Educación Ambiental al Personal

El taller de educación ambiental estará dirigido a todo el personal involucrado en la construcción y operación del gasoducto: profesionales, técnicos, operarios y trabajadores. Este se orientará a visualizar los posibles impactos ambientales y problemas de salud ocupacional originados por descuidos en la ejecución de las actividades del Proyecto, como son:

- Desbosque, manejo y protección de la vegetación y fauna asociada.
- Adecuación de las áreas operativas y utilización de las mismas.
- Manejo y mantenimiento de maquinaria y equipo.
- Descapote y obras en el derecho de vía.
- Excavación de zanja.
- Cruces subfluviales.
- Prueba Neumática.

Señalizaciones en el Área de Trabajo

La señalización, en los diferentes frentes de trabajo (desbosque, apertura del derecho de vía, cruce de vías, centros operativos, etc.), debe conformar una medida ambiental de tipo preventiva, con el fin de reducir al máximo los riesgos, que pongan en peligro la salud, el Proyecto y el medio ambiente.

Se deben tener algunos criterios para la ubicación de señales tales como nivel de tráfico vehicular y tránsito peatonal, cercanía a zonas habitadas, cercanía a frentes de trabajo y áreas de movilización de maquinaria pesada.

Señalización durante la Construcción

Es necesario mantener día y noche señales:

- **Preventivas:** Tiene por objeto, advertir al usuario de la vía la existencia de un peligro y la naturaleza de éste.
- **Reglamentarias:** Su objeto es indicar a las personas las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre el uso, y cuya violación constituye una falta.
- **Informativas:** Tienen por objeto identificar y guiar al usuario, proporcionándole la información que pueda necesitar, así como las direcciones que debe seguir.

Señales Varias

Dentro de estas señales de tipo temporal, se incluyen barricadas, conos de guía, mecheros, delineadores luminosos y canecas.

Señalización después de la Construcción

Dichas señales consistirán de postes metálicos. Las señales deberán colocarse a la derecha de la línea en el sentido del flujo. Los números del abscisado deberán quedar en ambas caras de los postes.

Control y Seguimiento.

- Todas las señales deben ser claras y legibles.
- Las señales que exijan visibilidad durante las horas de la noche, deben ser reflectivas o estar convenientemente iluminadas con mecheros.
- Las señales deben permanecer en su posición correcta.
- Todas aquellas señales que se hayan deteriorado por acción de agentes externos deben ser reemplazadas o retocadas.

5.2.2 Protección de la Fauna Silvestre. Esta protección se hará en áreas de vegetación de galería, vegetación arbórea, matorrales y pastos, localizadas a lo largo del derecho de vía del gasoducto.

Antes de la Construcción

Se proveerán los mecanismos para llevar a cabo charlas instructivas con trabajadores y operarios. La orientación de los talleres será dirigida por personal capacitado (biólogo o zootecnista), a través de ayudas audiovisuales, folletos, revistas, etc.

Por lo tanto, se dará énfasis al valor ecológico que cumple la fauna silvestre en el mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas, favoreciendo los procesos de regeneración natural en áreas intervenidas por el proyecto.

Durante la Construcción

En zonas boscosas, antes de iniciar la conformación y apertura del derecho de vía, se realizará un reconocimiento visual del lugar, por parte de la interventoría ambiental, de manera que permita establecer posibles sitios de refugio de fauna (nidos, madrigueras, etc.).

Durante la apertura del derecho de vía, en los frentes de trabajo se dispondrá de una persona capacitada (interventor-biólogo), para realizar el rescate y posible reubicación de la fauna encontrada.

En casos de encuentros eventuales con animales silvestres, éstos no podrán ser capturados y se les respetará la vida (hasta donde sea posible, mientras no representen peligro potencial para los trabajadores, por ejemplo Serpientes).

Por lo general, la huida de la fauna ante la presencia humana, depende de su capacidad de desplazamiento, resultando menos favorecidos en estos casos los anfibios y reptiles. Las aves y algunos mamíferos tienden a refugiarse hacia lugares más protegidos.

En casos donde un animal resulte afectado (herido), se deberá dar atención rápida y reubicarlo en un lugar cercano al sitio con vegetación natural. No obstante, en la mayoría de los casos, la reubicación no garantiza el éxito del programa de protección. En este caso, el animal capturado puede ser entregado a la división de fauna – MMA.

No se deberá intervenir áreas aledañas con vegetación arbórea o matorral, más allá del ancho establecido para el derecho de vía; por el contrario se deberá minimizar el ancho del derecho de vía y mantener en pie los árboles de mayor altura y de copas más frondosas.

Durante la actividad de apertura de la zanja, se establecerán pasos provisionales en áreas cercanas a bosque, mediante la construcción de pequeños puentes en tabla.

Después de la Construcción

Las acciones en esta etapa deben estar enfocadas a la restitución de la cobertura vegetal en áreas donde antes existía vegetación arbustiva, para lo cual se recomienda:

- Que las acciones de revegetalización de los sitios, a mediano plazo, genere una unidad multiestratos de vegetación, permitiendo así mantener la continuidad de las copas de árboles, principalmente en la vegetación de galería, con lo cual se facilita además el desplazamiento de la fauna de mayor talla y las aves que habitan dentro del bosque.
- El cerramiento de áreas revegetalizadas, no debe interferir con el paso de animales (excepto el ganado), por lo tanto, se recomienda cercas a tres cuerdas en intervalos de:
 - A 50 cm del suelo una primera hilera de alambre sin púas.
 - A 30 cm de la primera hilera una segunda de alambres de púas.
 - A 30 cm de la segunda una tercera hilera de alambre de púas. El total de la cerca es de 1.10 m.

Prohibición en el Reglamento de Trabajo

Incluir dentro de los términos, normas que reglamenten la prohibición de captura de animales por parte del personal de obra, capturas terrestres y acuáticas; se debe establecer dentro del contrato Contratista – obrero, una norma que prohíba la caza y/o pesca en áreas cercanas a la construcción e imponga las sanciones correspondientes por contravención de la misma.

Control y Seguimiento

El programa de protección de la fauna silvestre será supervisado por la interventoría Ambiental y el Contratista.

Se llevarán registros semanales o quincenales de la fauna encontrada en los diferentes frentes de trabajo, de acuerdo a lo programado con la interventoría y la entidad encargada del manejo de los recursos naturales (División de Fauna – MMA), de conformidad con lo establecido en el decreto 1608 de 1978 del código de los Recursos Naturales.

Un biólogo con amplia experiencia en el manejo de fauna, tendrá a su cargo el análisis de la información de campo y definirá a medida que avance el frente de trabajo, las estrategias para la conservación de las condiciones naturales.

Se evaluarán los conceptos impartidos sobre protección de la fauna durante las charlas que sobre este aspecto realice el personal del contratista, encargado de Seguridad y Medio Ambiente.

5.2.3 Movilización de Equipo, Manejo y Transporte de Tubería

Lugar de aplicación

En las vías de acceso utilizadas para la movilización de maquinaria y equipos, durante la construcción de los Ramales.

Acciones a Desarrollar

Las siguientes acciones pretenden con su aplicación mitigar los impactos ambientales generados durante el desarrollo de esta actividad.

- Revisión del estado mecánico de la maquinaria y vehículos del contratista, para verificar que no exista escape de lubricantes y combustibles.
- El mantenimiento periódico debe garantizar la buena sincronización y carburación de los motores, lo que se refleja en una mínima emisión de gases.

- Previo a la realización de la actividad de transporte, se llevará a cabo la inspección de las obras existentes (puentes, alcantarillas, etc.). Con el fin de verificar la capacidad de soporte de éstas para las cargas aplicadas. Durante éste tiempo es necesario realizar un registro fotográfico el cual debe ser anexado al informe de inspección.
- Exigir la utilización de silenciadores en los exostos de vehículos, maquinaria y equipos. No se permitirá el uso de cornetas o pitos que emitan altos niveles de ruido.
- En lo posible, se debe evitar la utilización de vías de acceso y áreas de propiedad privada. Cuando exista la necesidad de utilizarlas, se debe contar con el permiso previo de los propietarios; de igual manera, se debe dejar los broches de las cercas en idénticas condiciones a las encontradas al momento de entrar o salir, ya sea abiertos o cerrados.
- Durante el tránsito de vehículos en áreas de vegetación boscosa, ya sea en vías o en derecho de vía, se deberá proteger la cobertura vegetal arbórea y arbustiva, la cual sirve como amortiguador del ruido.
- Sobre las vías de acceso, efectuar un rociado con agua mediante carrotanques, con el fin de mantener húmedo el afirmado, especialmente en aquellos sectores donde se transite por áreas habitadas, evitando así el levantamiento de polvo hacia la atmósfera y las molestias ocasionadas por el mismo.
- La limpieza y mantenimiento de los equipos y maquinaria se realizará, en las respectivas áreas de talleres, y por ningún motivo se permitirá la ejecución de esta actividad en los causes de agua, ya que las grasas y aceites contaminan las corrientes.

- Disponer de señalización vial adecuada en todas las vías y áreas de circulación a utilizar, de acuerdo con la ficha de señalización.
- La movilización de equipos dotados de orugas, se efectuará mediante tractomulas con cama baja. Esto evitará el deterioro de las vías y obras existentes.
- Las labores de manejo de tubería se deben efectuar utilizando los equipos, herramientas e implementos de seguridad adecuados y que garanticen su buen estado y funcionamiento.
- Durante la movilización de maquinaria y equipos o el transporte de tubería, se debe evitar la sobrecarga o el sobreancho en los camiones, cuando por razones de forma o tamaño de la carga no se pueda cumplir con esta recomendación, se debe disponer de la señalización vial adecuada y contar además, con vehículos acompañantes.
- Durante la realización de pruebas no destructivas a efectuar a la tubería (inspección de “pegas”). Siempre que se vaya a ejecutar esta actividad, se deben seguir rigurosamente, las normas y procedimientos de seguridad existentes para este tipo de labor.
- Cuando sea necesario dejar temporalmente algún tramo de tubería sin soldar (al final de la jornada de trabajo, durante los cruces de camino o carreteras etc.), los extremos de la tubería deben ser taponados convenientemente para evitar la entrada de elementos ajenos a la misma.

Control y Seguimiento

Antes de iniciar el desplazamiento de la maquinaria, los equipos y la tubería por la vías y carreteras existentes en el área del proyecto, que se van a emplear para el acceso a los sitios de trabajo, se debe efectuar una inspección detallada para determinar el estado en que éstos se encuentran. Se garantizará, que al terminar la obra el estado de las vías de acceso sea como mínimo igual al que encontró antes de iniciar los trabajos.

Se realizaran chequeos periódicos en los equipos y maquinaria en cuanto a carburación, silenciadores, sincronización y filtros se refiere, así como medición periódicamente la intensidad y variabilidad del ruido generado durante el proyecto y velar porque ésta permanezca por debajo de los valores máximos admisibles.

5.3 MITIGACIÓN Y RESTAURACIÓN

5.3.1 Solicitud del Permiso de Aprovechamiento Forestal. La intervención de áreas boscosas debe contar con el estudio correspondiente para la solicitud de permiso de aprovechamiento forestal con las autoridades pertinentes.

Delimitación y Señalización del Área

El ancho del derecho de vía se demarca y señala aprovechando la presencia de árboles y con banderolas. Se tendrá en cuenta minimizar en lo posible el ancho del corredor.

Limpieza

Después de ubicada y delimitada la franja arbórea o arbustiva a tumbar, se procede a cortar los árboles que deben ser despejados de lianas, plantas trepadoras, arbustos, que estén localizados junto a la base de los fustes. Si la especie tiene abundante látex, se recomienda eliminar la corteza en la zona de los cortes, esto para que la herramienta no se impregne con el látex aumentando el

roce y dificultando la tumba de árboles. Para aquellos árboles muy ramificados, se requiere la eliminación de las ramas muy cerca de la base, hasta una altura que facilite maniobrar cómodamente.

Es necesario preparar la ruta de escape del operario, por donde tiene que avanzar rápidamente cuando empieza a caer el árbol. No debe quedar por lo tanto ningún obstáculo con el cual se pueda tropezar. Esta ruta debe tener una dirección diagonal, opuesta a la dirección de caída.

Apeo o Tumba

El sistema de aprovechamiento es mecanizado, por cuanto se utilizarán motosierras, con motor de dos tiempos a gasolina.

El corte de apeo o tumba, se realizará por cortes horizontales, a la altura en que el fuste se halle libre de la influencia de las raíces, los más cerca del suelo. Para árboles con aletones en su base, el acote se realizará longitudinalmente.

Residuos y Desechos

Los residuos y desechos obtenidos después del aprovechamiento estarán constituidos por ramas, hojas, tocones, raíces y restos de vegetación arbórea, separados del fuste o tronco del árbol troceado.

Estos desechos se pueden mezclar con el material proveniente del descapote (primer horizonte de suelo), para luego ser utilizados en la reconfirmación final del derecho de vía.

Consideraciones Finales para Manejo de la Vegetación

- No se deberá disponer material vegetal o térreo, sobre cuerpos de agua natural.

- En caso de requerirse aplicar material procedente del troceado, éste se dispondrá en montones de 2m de alto y separados cada 8m, con el fin de evitar que al secarse la madera, se presente un incendio.
- En áreas boscosas se deberá minimizar al máximo posible el ancho del derecho de vía y conservar la vegetación aledaña.

5.3.2 Adecuación, Conformación y Manejo de Áreas Físicas

Adecuación y Conformación del Derecho de Vía

- La apertura y conformación del derecho de vía deberá restringirse al ancho y alineamiento estipulado durante la etapa de replanteo.
- Todas las áreas cercadas, deberán mantenerse para evitar la destrucción de cultivos y migración de animales domésticos, para tal fin se deberán construir broches de acceso al derecho de vía.
- El uso de derechos de vía existentes permitirá en estos tramos minimizar los cortes de terreno de modo que el material de excavación de la zanja pueda ser dispuesto en un costado de derecho de vía, para su posterior reutilización durante la etapa de reconformación.
- La utilización de curvas inducidas con el ánimo de reducir movimientos de tierra excesivos se debe complementar en lugares donde el grado de dificultad constructiva así lo exija y se deberán determinar durante la etapa de diseño.
- En sitios escarpados se podrá optar por no realizar apertura del derecho de vía y su conformación se limitará a la excavación de la zanja, ya sea

mediante retroexcavadora o excavación manual, con el fin de evitar cortes en cajón sobre los filos topográficos.

- En lomos tipo cresta la conformación del derecho de vía se hará respetando un ancho máximo de 20 metros y disponiendo el material de descapote y corte en trinchos longitudinales a lado y lado del corredor.
- En lomos tipo filo y cuchilla donde generalmente se aprecia bosque sobre una de las laderas, la conformación del derecho de vía se hará mediante corte y relleno respetando una franja en la cabecera de este.
- En los sectores de derecho de vía nuevos y durante el replanteo, se deberá señalar el corredor a intervenir mediante la instalación de banderolas. Durante esta actividad, se podrá definir las obras preventivas para el manejo de los materiales de descapote.
- En lomos tipo filo y cuchilla y zona de bosques el material inerte y la capa vegetal retirada, provenientes del descapote, se deben disponer a cada lado del corredor, evitando su mezcla y conteniéndolas con trinchos laterales de dimensiones adecuadas.
- En sectores donde el derecho de vía se acerca a zonas pobladas, se deberá tener especial precaución para no afectar la infraestructura de servicios públicos, viviendas, vías y estabilidad de los asentamientos.
- En los sectores donde se requiera realizar cortes de terreno, se deberá construir muros de gaviones con el fin de disponer los sobrantes, y evitar la inestabilidad que se pueda generar durante esta actividad, incrementada por agentes erosivos. Los muros se complementarán con filtros y cunetas que evacuaran las aguas de escorrentía superficial y subsuperficial.

- Durante el desarrollo de las actividades relacionadas con el proyecto, se deberá evitar el aporte de materiales a los cuerpos de agua para evitar la alteración de las condiciones naturales del cauce.
- Una vez finalizados los trabajos, se deberá acomodar la capa vegetal removida, sobre el derecho de vía, con el objeto de retomar las condiciones naturales de este y facilitar la recuperación vegetal.

Adecuación de Vías de Acceso

- Previo a cualquier trabajo de adecuación de las vías de acceso, se deberá inspeccionar y reparar todas las obras de arte existentes.
- Los cruces de corrientes tanto secundarios como menores que requieran para el acceso de maquinaria deberán ser acondicionados con alcantarillas temporales.
- Se mejoraran las condiciones de estabilidad en zonas potenciales a fenómenos de remoción en masa con la construcción de obras de protección geotécnica.
- Se instalaran sedimentadores en las corrientes de agua para prevenir el aporte excesivo de sólidos que puedan ser incorporados a estos en época de lluvia.
- Todas las vías deberán ser correctamente señalizadas de acuerdo con la normatividad vigente, considerando factores técnicos y ecológicos.
- Para el uso de vías de acceso privadas se deberán contar con los respectivos permisos de transito de parte de los propietarios. En estos casos las cercas y broches se mantendrán cerrados.

Localización y Locación de Áreas de Botadero

Las áreas destinadas como botaderos deben reunir ciertas condiciones geotécnicas con el fin de atenuar los efectos ambientales:

- En lo posible el sitio debe corresponder a una depresión natural del terreno, libre de drenajes naturales permanentes o intermitentes.
- No utilizar sitios que correspondan a áreas especiales, zonas boscosas o terrenos sujetos a inundación.
- Los sitios escogidos deben ofrecer condiciones de estabilidad geotécnica y ambiental óptimas, ya que se va a someter el terreno a una carga adicional y ocasionalmente permanente.
- No corresponder a zonas de nacideros o corrientes de agua, los cuales puedan ser afectados por la construcción.
- En lo posible se debe elaborar un escalonamiento del área, con el fin de evitar la generación de superficies de falla.
- El botadero deberá cerrarse con el muro de gaviones construido en la parte baja del área, para aumentar la capacidad de almacenamiento e impedir el desarrollo de procesos de inestabilidad en la masa acumulada.
- El sistema de drenaje interno del botadero constará de un filtro basal en espina de pescado, el desembocará en una caja colectora localizada a la base de los muros de gaviones de cierre y a donde también convergerán las cunetas perimetrales.

- El agua colectada en la cuneta receptora se evacua hacia drenaje naturales, previniendo la generación de fenómenos de inestabilidad mediante la construcción de descoles.
- Finalizada la disposición de materiales sobrantes, se procederá a la empradización y arborización de la superficie del botadero. Para la empradización es recomendable emplear el material vegetal previamente removido y complementado con la técnica del biomanto, con el fin de garantizar una recuperación adecuada.
- El manejo de aguas de escorrentía sobre la superficie ya reconfigurada, se hará mediante un sistema de cortacorrientes y canales colectores que evacuen el agua hacia el terreno natural.

5.3.3 Apertura de Zanja y Tapado de Tubería

Excavación de la Zanja

- La apertura de la zanja solo se efectuara cuando la tubería se encuentre lista para su instalación (doblada, soldada y protegida). El bajado y tapado se efectuara de forma inmediata procurando que la zanja no permanezca abierta más de un día.
- Las paredes de la zanja deben ser las más verticales posible, entibadas o acomodadas en las zonas donde la estabilidad del terreno así lo requiera.
- El fondo de la zanja debe ser emparejado lo máximo posible y estar libre de rocas sueltas, gravas, raíces y materiales extraños que puedan dañar su revestimiento.

- De acuerdo con las especificaciones técnicas de construcción, la profundidad de las obras de protección necesarias para acordonar el material.
- El material proveniente de la excavación de la zanja deberá disponerse adyacente a esta y al lado opuesto de la zona de tránsito de maquinaria, a 1 m del borde de excavación.

Tapado de la Zanja

- Ambientalmente no se considera conveniente que el relleno de la zanja alrededor de la tubería, para su protección, se realice con material arenoso, dado que su obtención implicara la apertura de accesos hasta las fuentes de materiales y un impacto sobre los ecosistemas.
- Las zanjas se deben rellenar inmediatamente después de la instalación de la tubería.
- De acuerdo con lo anterior se sugiere que la primera capa de relleno de zanja sea el mismo de la excavación de ellas, libre de materia orgánica y suelos muy húmedos y blandos, separando los materiales gruesos o angulares.
- Las capas posteriores incorporarán los bloques y fragmentos rocosos para completar el relleno de la zanja.
- El relleno deberá ser compactado con un mínimo de cuatro (4) pasadas de la oruga del bulldozer.

5.3.4 Cruce de Corrientes Superficiales

Corrientes Principales

Serán de uso obligatorio utilizar los cruces construidos durante la ejecución de proyectos anteriores, en los cuales se hayan dejado camisas o segmentos de tubería instalados. En el caso de este gasoducto, que no hay ningún cruce construido, será necesario realizar toda la construcción de los cruces.

- Antes de iniciar la construcción de los cruces, se debe contar con el permiso de ocupación de cauces otorgado por la autoridad ambiental correspondiente.
- La construcción del cruce deberá realizarse en época de verano, para facilitar el manejo hidráulico de la corriente y minimizar efectos por sedimentación.
- En caso de existir una o más tuberías instaladas en el sitio de cruce, estas deben localizarse con anterioridad para evitar afectarlas durante la excavación.
- Las juntas de tubería realizadas en el tramo deben ser radiografiadas al 100%.
- La prueba Neumática se efectuara para el tramo de tubería correspondiente al cruce, antes re conformar el lecho, chequeado y reparando los tramos de tubería averiada o mal soldada si la prueba no resulta satisfactoria.
- Durante la construcción de los cruces se debe impedir el aparte de materiales extraños a las corrientes, como desechos de construcción, aceites, etc.
- Se debe realizar un estricto control sobre los materiales de excavación en los sitios de cruce, disponiéndolos sobre las márgenes y acomodándolos mediante trinchos construidos con sacos de suelo o arena o trinchos de estacones, con el fin de evitar la caída de materia hacia la corriente.

- Se deberán construir sedimentadores en las zonas localizadas aguas abajo del cruce, que cumplan la función de retener finos en suspensión.
- Una vez finalizado la construcción del cruce y reconformado el cauce se deberán retirar los sedimentadores previa limpieza del material fino retenido.
- La recuperación vegetal de las márgenes se efectuara de acuerdo con el grado de intervención ejercido durante los trabajos.
- En los sitios donde la excavación se realice en roca, la profundidad mínima de enterramiento del tubo será de 1.5 m medidos a partir del contacto roca-aluvial, de tal manera que la tubería quede embebida en ella, en este caso se tendrá en cuenta el sistema de atraque consistente en rodear la tubería con concreto ciclópeo hasta el nivel superior de roca.
- En caso que la tubería no quede embebida en la roca, se adoptara como profundidad de enterramiento determinada en los cálculos de socavación.
- Desde el punto más bajo de la zanja se proyectaran los taludes de la misma, que serán lo más vertical posible.
- La tubería se protegerá con doble recubrimiento aislante y cobertura de concreto.
- El lecho de la corriente intervenida durante la excavación deberá ser protegidos por fragmentos de roca (cantos) con tamaño mínimo de 30 cm, según recomendaciones del estudio geotécnico.
- Para la reconstrucción y protección de las márgenes, se deberá instalar gaviones.
- Luego de los trabajos de instalación, se reconformara el lecho, removiendo apilamientos o diques que entorpezcan el flujo natural.

Corrientes Secundarias

Los procedimientos ambientales para realizar cruces de corrientes menores se describen a continuación, de acuerdo con las obras tipo protección geotécnica y ambiental diseñadas.

- El material producto de la excavación de la zanja y el manejo hidráulico del cauce deberá realizarse en forma semejante al descrito en el cruce de corrientes principales, evitando el aporte de sedimentos aguas abajo del sitio de cruce y socavación lateral de márgenes.
- La profundidad de enterramiento del tubo será de 2.5 m, medidos a partir del punto más bajo de sección del cruce.
- La tubería se protegerá con doble recubrimiento aislante, complementada con esterillas de guadua o tabillas de madera.
- El lecho de la corriente deberá ser reconstruido con material común, proveniente de la excavación compactada de la mejor manera posible.
- Las márgenes serán restauradas y protegidas mediante muros de gaviones, o con la disposición horizontal de sacos de polipropileno rellenos de suelocemento.

5.3.5 Cruce de Vías

- Los cruces de vías principales se realizaran mediante tunelera, adecuando para esto un área de trabajo para el control de residuos líquidos y sólidos que se pueden generar.
- Los cruces de vías secundarias o vías de acceso a fincas, deberá realizarse mediante excavación a cielo abierto sin que los trabajos a realizar impliquen la interrupción del tráfico. Para evitar esto se avisara con suficiente anticipación a la comunidad usuaria o a las entidades administradoras de las vías a cruzar, acerca de los trabajos y las fechas de ejecución de los mismos, de acuerdo con la programación de la obra.

- Los cruces se deben hacer lo más perpendicular posible al eje de la vía y en ningún caso el ángulo que forme con el eje de la vía, debe ser inferior a 30 grados.
- En los cruces de las carreteras se deberá garantizar como mínimo que los sitios queden en las condiciones en que se encontraban inicialmente. Se deberá una efectiva recuperación de la banca de las vías cruzadas.
- El relleno de la zanja deberá efectuarse inmediatamente después de bajar la tubería. El acabado y compactación deben ser, como mínimo, iguales a los existentes en la vía antes de efectuar el trabajo.

5.3.6 INTERVENTORÍA AMBIENTAL

Objetivo

- Garantizar el cumplimiento de las actividades y programas expuestos en el Plan de Manejo Ambiental.
- Garantizar un mejoramiento continuo de los procesos de construcción y operación, mediante evaluaciones periódicas de la eficiencia y eficacia de las medidas adoptadas en el Plan de Manejo Ambiental.

Etapas De Aplicación De Actividades

Construcción.

Tipo De Medida Recomendada

Prevención y Control.

Lugar De Aplicación

Las acciones de interventoría ambiental se desarrollarán en todos los frentes de actividad y lugares previstos en el PMA, en forma coordinada con cada una de las fases en que fue formulado (construcción, operación, restauración final y manejo integral).

Acciones A Desarrollar / Tecnologías Utilizadas

Metodología

La Interventoría será de carácter neutral, sin ningún tipo de nexo o relación con los contratistas ejecutores del proyecto.

- Se realizarán visitas de inspección en las que se verificará el estado de las acciones del PMA.
- A partir de lo observado en cada visita, durante el desarrollo de la obra, la interventoría ambiental realizará los respectivos informes, en los que debe darse el respectivo concepto sobre el manejo ambiental, y realizar las sugerencias del caso.
- La interventoría, igualmente debe estar al tanto de los incidentes y accidentes que impliquen “pérdida de carácter ambiental”, e igualmente, debe participar en la investigación de estos incidentes.

Actividades

- Inspección, verificación y evaluación de los Programas de Manejo Ambiental, durante la construcción del Proyecto.
- Inspección de los soportes respectivos para verificación de la realización de charlas ambientales, programas de inducción y educación ambiental, y programas de información a la comunidad y a los contratistas.
- Preparación, elaboración y Presentación de Informes: La interventoría elaborará informes semanales, respecto a los resultados de sus actividades, donde además se darán recomendaciones para la solución a

problemas que se hayan detectado, durante la ejecución de la Interventoría. En el mismo se debe visualizar el avance de las actividades del PMA.

- La interventoría igualmente preparará un informe consolidado de evaluación y seguimiento ambiental, los cuales se editarán con el material presentado por los profesionales e inspectores en los informes parciales. Con base en estos informes la empresa encargada de esta construcción presentará a las autoridades ambientales, de salud y demás entidades del orden Nacional, Regional, Departamental, Municipal y local, los resultados de Inspección ambiental.
- En todo caso, la interventoría tendrá permanentemente informado a los representantes de medio ambiente de la empresa encargada de esta construcción.
- Orientación y cooperación con el contratista de construcción para un adecuado cumplimiento de las obligaciones adoptadas en materia ambiental.

Informes de Interventoría

Los informes deberán contener, mínimo, los siguientes aspectos:

- Periodo evaluado
- Descripción de los aspectos más relevantes del desarrollo del proyecto.
- Presentación y análisis de datos sobre monitoreos físico - químicos (los informes de laboratorio son entregados).
- Presentación y evaluación de indicadores de operación (cantidades de obra, volúmenes de materiales, etc.).
- Descripción de los impactos generados y sus medidas de mitigación.
- Descripción de la eficiencia de las medidas de mitigación.

- Conclusiones y recomendaciones
- Anexos (planillas de control, resultados de laboratorio, fotos, etc.).

Responsable

Subgerencia Técnica.

Personal Requerido

Profesionales:

- Interventor Ambiental, Profesional con experiencia en Manejo Ambiental de Proyectos.

Seguimiento Y Monitoreo

Hará todo el seguimiento a la obra, de acuerdo con las funciones establecidas adelante.

5.3.7 Manejo de residuos sólidos

Objetivo

- Realizar el manejo adecuado de los residuos sólidos durante las etapas del proyecto.
- Evitar la generación de basuras en los frentes de trabajo de los ramales, evitando afectar otras áreas.

Etapas De Aplicación De Actividades

Construcción.

Impacto Ambiental

Contaminación suelos y aguas superficiales o subterráneas.

Tipo De Medida Recomendada

Prevención, Control y Mitigación.

Lugar De Aplicación

En todos los frentes de trabajo.

Acciones A Desarrollar / Tecnologías Utilizadas

- Se realizará manualmente la recolección diaria de basuras en los frentes de trabajo, al final de la jornada de trabajo.
- En cada uno de los frentes se mantendrán bolsas de polietileno y personal encargado de recoger las basuras.
- Se evitará el suministro de agua para consumo en bolsas plásticas. Se procurará que este se realice en termos personales o en botellones.
- El suministro de alimentos se realizará preferencialmente en porta-comidas y no en elementos de plástico desechable o icopor.
- En los frentes de obras civiles se prestará especial atención a la recolección de bolsas de cemento.
- Se prohibirá la quema de basuras.
- Los recortes de tubería o tubería utilizada en los pasos provisionales de drenajes se dispondrán en las instalaciones de empresa encargada de la construcción.

Responsable

- Subgerencia Técnica
- Departamento Técnico

- Contratista Construcción

Personal Requerido

Profesionales:

- Supervisor Ambiental
- Ingeniero Residente Contratista

Seguimiento Y Monitoreo

- Se realizará el control de que todos los residuos sólidos producidos, se dispongan de acuerdo con lo planteado en el PMA.

MANTENIMIENTO

Objetivo

Verificar que las medidas propuestas en el PMA hayan cumplido con su propósito y realizar las inspecciones rutinarias para la conducción de gas.

Eta De Aplicación De Actividades

Operación.

Tipo De Medida Recomendada

Control.

Lugar De Aplicación

A lo largo de todo los ramales.

Acciones A Desarrollar / Tecnologías Utilizadas

Las actividades de operación y mantenimiento de los Ramales construidos quedarán contemplados dentro del Plan General de Mantenimiento y Operaciones así como el Plan de Manejo y Seguimiento Ambiental.

Responsable

Departamento de Mantenimiento de la empresa encargada de la construcción.

Personal Requerido

Profesional:

- Ingeniero Profesional del Departamento

Técnicos:

- Supervisores de Línea
- Instrumentistas
- Operadores
- Ayudantes.

Seguimiento Y Monitoreo

Esta actividad corresponde al seguimiento y a la buena operación de los ramales de acuerdo al plan de mantenimiento diseñado por la empresa encargada de la construcción e implementado en todas sus operaciones.

SEGUIMIENTO A LA GESTION SOCIAL

Objetivo

Verificar el cumplimiento del plan de gestión social, de acuerdo con los proyectos formulados y la efectividad de cada uno de ellos en el manejo de los impactos identificados.

Etapa De Aplicación De Actividades

Construcción.

Tipo De Medida Recomendada

Control.

Lugar De Aplicación

Todas las localidades involucradas en el proyecto.

Acciones A Desarrollar / Tecnologías Utilizadas

Las acciones de seguimiento de la gestión social, deben enfocarse a:

- Identificar y verificar la ejecución de las medidas propuestas, en las áreas y tiempos determinados para tal fin.
- Coordinar con los actores involucrados en la ejecución de las actividades, las estrategias y procedimientos para la realización de éstas.
- Presentar los informes sobre el estado de avance y ejecución de medidas propuestas, para ser involucrados a los reportes de Supervisión ambiental que se entregan a la autoridad ambiental competente.

Responsable

- Supervisor Ambiental
- Contratista Construcción.

Personal Requerido

Profesionales:

- Supervisor Ambiental.

MONITOREO DE RECURSOS NATURALES**Objetivo**

- Establecer los procedimientos de seguimiento y monitoreo a los recursos naturales que aseguren el éxito de las medidas de manejo planteadas, durante las diferentes actividades del proyecto.

Etapas De Aplicación De Actividades

Construcción.

Tipo De Medida Recomendada

Control.

Lugar De Aplicación

- Derecho de Vía
- Sitios de Acopio de Materiales
- En general todas las áreas intervenidas por el Proyecto.

Acciones A Desarrollar / Tecnologías Utilizadas

Manejo de Vegetación

- Se evitará la intervención de las áreas con vegetación, aledañas al corredor de los Ramales y se inspeccionará su estado una vez terminen los trabajos de adecuación, para constatar que no hubo afectación.

Responsable

- Supervisor Ambiental
- Contratista Construcción.

Personal Requerido

Profesionales:

- Supervisor Ambiental
- Ingeniero Residente Contratista

PLAN DE EMERGENCIA

Durante la Construcción

Impactos A Mitigar

- *Por derrames de Productos de Hidrocarburos, durante la Construcción:*

- Contaminación del recurso hídrico.
- Contaminación del suelo superficial.
- Contaminación de la cobertura vegetal.

- Destrucción de nichos y hábitats de fauna silvestre.

- *Por incendio:*

- Destrucción de la regeneración de la vegetación natural.
- Afectación de las concentraciones comunitarias de la región.
- Deterioro de la calidad del aire.

- *Por salud y accidentes:*

- Afectación de vidas humanas.
- Alteración del nivel social y de ingreso familiar.

Causas Del Impacto

- Fallas de operación y mantenimiento en el desarrollo de la Construcción.
- Fallas humanas en labores asociadas a las actividades del proyecto.
- Prácticas artesanales con el uso del fuego.
- Acciones inseguras por personas involucradas directa e indirectamente con el desarrollo del proyecto.

Áreas De Afectación

- A lo largo del Corredor de los Ramales
- Áreas con rastrojos.

- Concentraciones comunitarias.

Medida De Mitigación

- El Constructor deberá conocer los Planes de Contingencia de las líneas existentes en la Zona, antes de iniciar la construcción, como una medida de prevención de desastres.
- Señalar y asignar las funciones y responsabilidades del plan de emergencia que en cada situación o actividad del proyecto deben desarrollarse.
- Al registrarse una emergencia, se debe tomar la respuesta o acción inicial, de acuerdo con el nivel en que se catalogue.
- En el caso de presentarse una emergencia, se debe informar a la dirección del proyecto para dar aviso del evento a la dependencia correspondiente, y registrar la información preliminar tal como lugar y tipo de emergencia, descripción del suceso y servicio solicitado de atención médica o ambulancia o bomberos.
- El personal del Contratista debe conocer el Plan de Contingencia de la empresa encargada de la construcción para utilizar sus recursos durante la Construcción, en caso de presentarse una emergencia mayor.

Acciones Para El Caso De Accidentes

Los accidentes se dividen en dos categorías:

- Lesiones menores que no amenazan la vida de la persona y no requieren atención médica inmediata.

- Lesiones mayores son aquellas donde se produce hemorragia abundante, alteración del estado de conciencia, dificultad respiratoria o deformidad anatómica, cuyo tratamiento requiere el traslado a un centro hospitalario.

Se realizarán las acciones pertinentes de acuerdo con el tipo de lesión según se debe establecer para cada caso.

Acciones Para El Caso De Incendios

- Al detectar fuego en el área de trabajo, se debe conservar la calma y dar aviso inmediato a las personas que se encuentran en el área y que ignoren el evento.
- Tratar de controlar el fuego con extintores, y evacuar inmediatamente el área, siguiendo la ruta contraria a la dirección del fuego. Si existe un coordinador, espere las instrucciones que dé al respecto.

Acciones A Seguir En El Caso De Escapes

- Notificación del escape o incidente, reporte del sitio de ocurrencia o fuente del derrame y dirección del viento.
- Tomar acciones de control y monitoreo según las asignaciones y responsabilidades que se hayan determinado inicialmente.
- Las acciones a tomar, en la fuente y en el sitio de control serán:
 - Control de la fuente.
 - Contar con el equipo contra - incendios en el sitio.
 - Analizar la dirección y velocidad del viento.
 - Detectar zonas que presenten peligro (poblados, bosques, rastrojos, etc.).
 -

Momento de ejecución

El Plan de Emergencia debe desarrollarse antes de iniciar las labores de construcción y ser aprobado por la empresa encargada de la construcción. Su desarrollo será durante la ejecución del proyecto y debe proyectarse hacia la operación.

Seguimiento Y Control

La Interventoría Ambiental se encargará de verificar la existencia, funcionalidad y organización del plan de emergencia durante la construcción del Proyecto.

Recursos

En los frentes de trabajo para la construcción de cada ramal, el contratista debe contar con equipos básicos para control de emergencias (extintores, botiquín, equipos de comunicación y demás).

Lineamientos del Plan de Emergencia para la Operación

Para el control de emergencias durante la operación del Proyecto, se activará el Plan de Contingencia del Gasoducto, el cual fue aceptado por el Ministerio del Medio Ambiente mediante Resolución Número 626 del 4 de agosto de 1999.

Antes de iniciar la operación es necesario identificar los escenarios de riesgo a lo largo de cada Ramal, para establecer las estrategias de prevención y control aplicables durante su funcionamiento en caso de una emergencia.

Los escenarios identificados por el análisis de riesgo se indican a continuación:

- Escenarios de riesgos por Fallas Operacionales que requieren de un Plan General
- Escenarios de riesgos por Condiciones Ambientales que requieren de un Plan General

Las acciones recomendadas deben integrarse con el Plan de Contingencia existente, ajustándose a los flujos de acción existentes y al organigrama general de personal.

En general las emergencias que se pueden presentar durante la operación son por fallas de equipos las que incluyen factores como la rotura de la estructura, desgaste de materiales, fallas en soldaduras, diseños inadecuados o incompletos, problemas asociados al mantenimiento de los equipos, materiales defectuosos, defectos de fabricación, etc.

PLAN DE MANEJO DE TRANSITO Y PROYECTO DE SEÑALIZACIÓN

Por las características de la obra civil que se realizara en el proyecto Fundación - Bosconia no habrá obstrucción del flujo vehicular durante el desarrollo del proyecto.

Sin embargo, se cumplirá con la normatividad de señalización y avisos que la norma exige.

Se colocaran avisos de “Hombres Trabajando en la Vía” 500 mts antes del sitio donde se estén desarrollando las excavaciones.

Se colocara un personal visible en la jornada normal, un palettero que se encargue desde 200 mts antes de la excavación correspondiente al día, para informar que paralelo a la vía se están realizando actividades de construcción.

Esto garantizara que con tiempo, los conductores puedan reducir la velocidad y conducir con precaución.

En caso de ser necesario acordonar una porción de la vía, se realizara parcialmente en forma triangular, para que los vehículos no encuentren el cierre de manera abrupta.

No se dejan excavaciones abiertas de un día para otro y en caso de ser necesario se señalizara, incluyendo la iluminación necesaria para el caso nocturno.

Toda la señalización se realizara con colombinas de señalización con cinta fluorescente para trabajos nocturnos, todo estará encerrado con cinta de peligro.

6. ANALISIS ECONOMICO

6.1 VALOR DE LA INVERSIÓN

Se realizó un estimativo de costos de inversión fija tomando en cuenta las cotizaciones directas con proveedores de los diferentes equipos, así como información de empresas con amplia experiencia en el diseño, construcción y montaje de gasoductos, valores que se estiman están muy ajustados a la realidad, entre las empresas cotizadas para el suministro de la tubería de polietileno está Comercializadora S & E y Cía. S.A. Este estimativo se realizó para el trazado de esta línea, como se muestran a continuación.

Se realizaron las estimaciones necesarias para determinar el costo de construir el gasoducto de Fundación-Bosconia. La evaluación económica del gasoducto en tubería de 6", 0.603 pulgadas de espesor de pared, 71 kilómetros de longitud, sería de US \$2'882.152,65 aproximadamente (Tabla 14).

6.2 COSTOS DE ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para efectos del estudio, se ha considerado que el costo del primer año de administración, operación y mantenimiento (AO&M) equivale al 3% del costo de la inversión.

Para efecto de los cálculos de viabilidad se supone que los costos de AO&M tienen un aumento del 2% con respecto al del año inmediatamente anterior.

Tabla 13. Costo Total de Construcción del Gasoducto Fundación-Bosconia

ITEM	D"	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	USD
Tubo de polietileno de alta densidad de 12 m	6	44,933 USD	71000 m	265.853
I.V.A		16%		42.536,48
COSTO DE LA TUBERIA				308.389,48
Apertura del derecho de vía		397,3 USD/Km	71 Km	28.208
Rebiselamiento		26,1 USD/Biesel	5,916 Km	154.407
Apertura de zanja, Bajado y Tapado		3511,5 USD/Km	71 Km	294.316
Transporte y tendido de la tubería		7.282,6 USD/Km	71 Km	517.064
Doblado, Alineación y Soldadura		4.141,2 USD/Km	71 Km	294.025,2
CONSTRUCCION				1'243.020,2
Revestimiento		2.500 USD/Km	71 Km	177.500
Factor de construcción				60.532
Factor de transporte				60.532
Factor ambiental				121.065
Condiciones socioeconómicas				121.065
Situación de Fuerza mayor				60.532
Condiciones de mercado				60.532
COSTO DE CONSTRUCCION				661.758
Pruebas de presión		395,6 USD/Km	71 Km	28.087,60
Cruces especiales			345,6 m	155.375
Válvulas de seccionamiento		558 USD/unidad	9	5.022
Estaciones			2	6.000
OTROS COSTOS				300.000
INTERVENTORIA				212.312
TOTAL DOLARES				2'919.964,28
TOTAL PESOS				5.758.169.560

Fuente: Los autores

6.3 DEMANDA

Retomando la Tabla 12, definida en el anterior capítulo, se estima el número de viviendas y el consumo de gas natural para la totalidad de los municipios en los próximos veinte (20) años utilizando el Método Geométrico,¹⁷ lo cuales se observan en la Tabla.

Tabla 14. Estimación del Número de Viviendas y Consumo de Gas Natural para la Totalidad de las viviendas de los Municipios y Corregimientos Beneficiados con el Proyecto.

Año	Total VIVIENDAS	Consumo TOTAL de las Viviendas en KPCD
2011	10884	392
2012	11010	396
2013	11137	401
2014	11266	406
2015	11396	410
2016	11528	415
2017	11661	420
2018	11796	425
2019	11932	430
2020	12070	435
2021	12210	440
2022	12351	445
2023	12494	450
2024	12638	455
2025	12784	460
2026	12932	466
2027	13081	471
2028	13233	476
2029	13386	482
2030	13540	487
2031	13697	493

Fuente: Los Autores

¹⁷ Método usado para estimar el Consumo de Gas Natural a partir del Número de Viviendas en la Cabecera Municipal en el la tesis titulada: “ESTUDIO Y DISEÑO CONCEPTUAL DEL GASODUCTO QUE PERMITE LA IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DE REDES DOMICILIARIAS DE GAS EN LOS MUNICIPIOS DE REGIDOR, RÍOVIEJO, ARENAL Y MORALES EN EL SUR DE BOLÍVAR”, p. 62.

Tabla 15. Estimación del Consumo de Gas Natural para la Totalidad de la Población Beneficiada con el Proyecto.

Año	Consumo Planta de GNV en Bosconia KPCD	Consumo TOTAL Mpios y C/entos en KPCD	COSUMO TOTAL DEL PROYECTO KPCD
0	170	392	561
1	171	396	568
2	173	401	574
3	175	406	581
4	178	410	588
5	180	415	595
6	182	420	601
7	184	425	608
8	186	430	615
9	188	435	623
10	190	440	630
11	192	445	637
12	195	450	644
13	197	455	652
14	199	460	659
15	201	466	667
16	204	471	675
17	206	476	682
18	209	482	690
19	211	487	698
20	213	493	706

Fuente: Los Autores

6.4 COSTOS.

Con el fin de estimar los cargos tarifarios de la mejor opción económica, se determinan los costos en dólares del Proyecto del gasoducto que permite la implementación y desarrollo de las redes domiciliarias de gas en los municipios y Corregimientos beneficiados. La Alternativa 1 (Suan Atlántico- Santa Rosa de Lima-Bosconia) de 140,39 Km; requiere 69.39 km más para su ejecución, realizando la comparación con la alternativa 3, es necesario contar con 5783 tubos más de polietileno de alta densidad, costando cada uno 44,933 USD y demás servicios.

La alternativa 2 (Valledupar-Bosconia-Santa Rosa de Lima) con una longitud de 143.47 Km, requiere 72.47 Km más que la alternativa 3 con un exceso de 6040 tubos de polietileno de alta densidad y costos de demás servicios.

Tabla 16. Estimación de la inversión y AO&M para cada una de las alternativas

TRAYECTO	INVERSIÓN (US)	AO&M (US)
Alternativa 1		
Suan Atlántico- Santa Rosa de Lima- B/nia	4'219,641.7	126,589.25
Alternativa 2		
Valledupar- Bosconia- Santa Rosa	4'273,720.7	128,211.62
Alternativa 3		
Fundación- Bosconia	2,919,964.2	87,598.9

TOTAL COSTOS DE TRANSPORTE ALTERNATIVA 3.

Para obtener el cargo total de transporte es necesario sumarles la tarifa por el Transporte del tramo Ballena- Cartagena- jobo (pareja 80/20), y los cargos por Estampilla tanto de gasoductos principales como ramales, a saber:

Cargo por Ballena – Jobo:

Cargo Fijo por inversión	32.358 US/KPCD - Año
Cargo variable por inversión	0.109 US/KPCD - Año
Cargo Fijo por AO&M	4,508 US/KPCD - Año
Total cargos	0.204 (US\$ / KPC)

Estampilla Principales y Ramales:

Cargo Fijo por Estampilla	85.578 US/KPCD - Año
Cargo Variable por Estampilla	0.306 US/KPCD - Año
Cargo AO&M por Estampilla	72,251 US/KPCD - Año
Total cargos	0.639 (US\$ / KPC)

Cargo por Tramo Nuevo:

Cargo Fijo	45.695 US/KPCD - Año
Cargo variable	0.154 US/KPCD - Año
Cargo Fijo por AO&M	38270 US/KPCD - Año
Total cargos	0.337 (US\$ / KPC)

COSTO TOTAL TRANSPORTE DE GAS ALTERNATIVA 3:

Cargo Equiv. Tramo Nuevo	0.337 (US\$ / KPC)
Cargo Equiv. Ballena – Jobo	0.204 (US\$ / KPC)
Cargo Equiv. Estampillas	0.639 (US\$ / KPC)
Total Cargos	1.18 (US\$ / KPC)

6.5 COMPARACIÓN COSTOS DEL GLP vs. GAS NATURAL

➤ Costos del GLP

Precio del cilindro de 40 Libras:	52.311 pesos ¹⁸
Precio del GLP por galón en el Cesar (1 galón = 4.24 lb.):	5.508 pesos ¹⁹
Precio del GLP por MBTU (1 galón = 95,000 BTU):	57.978 pesos

¹⁸ Precios a partir del 15 de Mayo de 2011, Documento VIDAGAS:
<http://www.vidagasglp.com/site/LinkClick.aspx?fileticket=jgluDvqJK8s%3d&tabid=64>

¹⁹ Lbid.

a) Precio del GLP por MBTU (US\$1 = 1.794²⁰): 32,31 dólares

➤ **Costos del Gas Natural**

b) Precio del gas de Guajira por MBTU (1 KPC = 1.13 MBTU): 4,0010 dólares²¹

Costo de la acometida por vivienda (pago anual): 17,52 dólares²²

Consumo mensual de gas: 30,6 m³

Consumo mensual de gas en KPC (1 m³ = 0.0353 KPC): 1,080 KPC

Consumo anual de MBTU (1 KPC = 1.13 MBTU): 14,64 MBTU

c) Costo anual de la acometida por MBTU: 1,80 dólares²³

Costo por distribuidor (Dt) por m³: 304,97 pesos²⁴

d) Costo por distribuidor por MBTU: 3,167 dólares²⁵

Costo por transporte por MBTU: ?

e) Costo total usando Gas Natural: (b+c+d+e)

Costo del gas sin transporte (b+c+d): 8,968 dólares

Costo máximo por transporte de gas: a - e

Costo máximo por transporte de gas por MBTU: 23,342 dólares

Costo máximo por transporte de gas por KPC: 26,37 dólares

6.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

La evaluación Económica y Financiera es determinante para analizar la viabilidad de la ejecución del proyecto, debido a esto se analizaran las siguientes variables; Costo de las Tarifas de Transporte, Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de

²⁰ Valor Dólar tomado del 26 de Agosto del 2011

²¹ BOLETIN ESTADISTICO DE MINAS Y ENERGIA 1990-2010, p.230

²² Tesis de grado titulada: "INGENIERIA CONCEPTUAL EN EL DISEÑO DEL GSODUCTO SANTANA-ARATOCA", del año 2010

²³ Lbid.

²⁴ Reporte S.U.I, Julio 2011, Mercado Cesar y Magdalena:

http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=gas_com_102

²⁵ Documento de la UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA, "La Cadena del Gas Natural en Colombia", p. 81

Retorno (TIR) y Relación Beneficio Costo.

Esta evaluación financiera se hizo con la ayuda de Excel el cual es un programa que permite el ingreso de información de Proyectos de producción. Permite realizar el análisis de los indicadores financieros.

Los indicadores económicos involucrados en la evaluación financiera del proyecto fueron: VAN (VPN), TIR, TIR.

Se introdujeron valores como el cargo de transporte de 6 USD/MBTU y se aumentó anualmente ese precio respecto a la inflación anual en un 4%.

Tabla 17. Estimación Flujo de Caja del Proyecto (Alternativa 3).

AÑO	CONSUMO KPCD	CONSUMO ANUAL	TARIFA US\$/KPC	FLUJO NETO US\$	FLUJO NETO DE LA INVERSIÓN
0	561.36			-2919964.28	
1	567.85	207265.00	1.18	244572.70	-2675391.58
2	574.41	209660.99	1.23	257295.96	-2418095.62
3	581.05	212084.67	1.28	270681.12	-2147414.50
4	587.77	214536.37	1.33	284762.60	-1862651.90
5	594.57	217016.41	1.38	299576.63	-1563075.27
6	601.44	219525.12	1.44	315161.33	-1247913.95
7	608.39	222062.83	1.49	331556.77	-916357.17
8	615.42	224629.87	1.55	348805.15	-567552.02
9	622.54	227226.59	1.61	366950.83	-200601.19
10	629.74	229853.33	1.68	386040.50	185439.31
11	637.01	232510.44	1.75	406123.25	591562.56
12	644.38	235198.26	1.82	427250.76	1018813.32
13	651.83	237917.15	1.89	449477.37	1468290.68
14	659.36	240667.47	1.96	472860.26	1941150.94
15	666.99	243449.59	2.04	497459.58	2438610.53
16	674.70	246263.87	2.13	523338.62	2961949.15
17	682.50	249110.68	2.21	550563.96	3512513.11
18	690.38	251990.40	2.30	579205.61	4091718.72
19	698.37	254903.40	2.39	609337.28	4701056.00
20	706.44	257850.09	2.49	641036.47	5342092.47

Fuente: Los Autores

Tabla 18. Estimación Resultados Flujo de Caja del Proyecto

INFLACIÓN	4%
TASA DE DESCUENTO	12.51%
VPN DEL PROYECTO	-446970.5835
TIR DEL PROYECTO	10%
TIEMPO RETORNO INVERSIÓN (Años)	10

Fuente: Los Autores

Dado que la TIR es menor a la tasa de descuento y el VPN negativo , el proyecto no es viablemente económico. Por tal motivo sería bueno que por medio de Gobierno nacional se gestionen dineros para la realización de esta obra, la cual estaría encaminada al desarrollo de la región.

CONCLUSIONES

- El estudio preliminar arroja una viabilidad técnica durante el trazado fundación- Bosconia, pero económicamente NO es viable de acuerdo a la proyección realizada. Se recomienda que los entes gubernamentales correspondientes, gestionen recursos para llevarle a este sector este servicio que traerá desarrollo y calidad de vida.
- Debido a las propiedades del gas natural que será transportado, las condiciones de operación y los mínimos cambios de elevación en el trazado del gasoducto, no se requiere un infraestructura demasiado compleja para el tratamiento del gas natural, debido a que no hay la posibilidad de formación de condensados en la línea.
- El simulador de procesos Hysys permitió realizar un modelo de simulación acertado, que garantiza el transporte de gas natural en forma segura y eficiente a las cabeceras municipales, cuando se presentan diferentes escenarios operacionales, tales como, máxima presión de entrada al gasoducto, temperatura de ambiente media en la zona de influencia y diferentes caudales proyectados en el periodo de operación del gasoducto.
- Durante el proceso de diseño del nuevo gasoducto, se debe tomar la aplicación y el seguimiento de un buen Plan de Manejo Ambiental que garantice la minimización y mitigación de los impactos ambientales que puedan ser generados durante la ejecución de este proyecto.
- Un proyecto como este, se hace con el fin de satisfacer las necesidades sociales de los habitantes de estos municipios, el cual es un objetivo contemplado por el Plan de Masificación del Gas Natural.

BIBLIOGRAFIA

- Harold Coronado Arango y Eduardo Uribe Botero, "EVOLUCION DEL SERVICICIO DE GAS DOMICILIARIO DURANTE LA ÚLTIMA DECADA", DOCUMENTO CEDE 2005-22, ISSN 1657-7191 (Edición Electrónica), Marzo de 2005.
- <http://www.tgi.com.co/Paginas/GasNatural.htm>
- <http://tms.ingeminas.gov.co/web/2004/mapas/map2/index.html>
- http://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/20060T7T000.PDF
- <http://www.definicionabc.com/general/gas-natural.php>
- <http://www.promigas.com/wps/wcm/connect/Promigas/Otros+Vinculos/El+Sector+Gas+Natural/>
- <http://elcopey-cesar.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=l-xx-1-&s=m&m=l-1-&m=f>
- <http://bosconia-cesar.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mlxx-1-&m=f>
- Boletín Energético N° 19- Aspectos Técnico económicos del GNL
- <http://portal.gasnatural.com/servlet/ContentServer?gnpage=1-402¢ralassetname=1-40-4-2-1-0-0>
- Resoluciones CREG, empresas del sector, Promigas, Inf. Anuales Ecogas, Coronado y Uribe (2005)
- Boletín Estadístico de Minas y Energía 1990-2010
- <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=127&conID=36123&pagID=127173>
- http://www.ecopetrol.com.co/multimedias_gas/mapa_transporte.html