

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA PARA CONSTRUCCIÓN DE REDES
DOMICILIARIAS DE SUMINISTRO DE GLP PARA EL CORREGIMIENTO DE
PORTUGAL DEL MUNICIPIO DE LEBRIJA, DEPARTAMENTO DE
SANTANDER**

**Victor Alfonso Peña Cruz
Omar Alfredo Rios Cárdenas**

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

2015

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA PARA CONSTRUCCIÓN DE REDES
DOMICILIARIAS DE SUMINISTRO DE GLP PARA EL CORREGIMIENTO DE
PORTUGAL DEL MUNICIPIO DE LEBRIJA, DEPARTAMENTO DE
SANTANDER**

**Victor Alfonso Peña Cruz
Omar Alfredo Rios Cárdenas**

**Trabajo de Grado para optar el título de
Ingeniero de Petróleos**

**Director
Nicolas Santos Santos
Ingeniero de Petróleos, Msc**

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

2015

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. GENERALIDADES DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)	19
1.1 GLP EN COLOMBIA.....	21
1.1.1 Reseña histórica.....	21
1.1.2 Producción.	22
1.1.3 Transporte y almacenamiento	24
1.1.4 Calidad.....	27
1.2 MERCADO	29
2 NORMATIVIDAD PARA EL USO DEL GLP EN REDES DOMICILIARIAS ..	33
2.1 NORMATIVIDAD DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN.....	33
2.1.1 Organización de la Industria.....	33
2.1.2 Tarifas	34
2.1.3 Calidad del Servicio.....	35
2.2 NORMATIVIDAD CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE LA RED	35
2.3 NORMATIVIDAD AMBIENTAL	37
3 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE LEBRIJA	39
3.1 GEOGRAFÍA.....	39
3.1.1 Delimitación.....	40
3.2 ECONOMÍA	41
3.3 DEMOGRAFÍA.....	43
3.4 CORREGIMIENTO DE PORTUGAL.....	44
4 ESTUDIO DE MERCADO	46

4.1	PROYECCIONES DEMOGRÁFICAS	46
4.2	ESTUDIO SOCIO ECONÓMICO	48
4.2.1	Diseño de la Encuesta	48
4.2.2	Resultados de la encuesta	49
4.3	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE GLP POR REDES Y GLP EN CILINDRO.....	55
4.4	CÁLCULO DE LA DEMANDA DE GAS	57
5	FUNDAMENTO MATEMÁTICO	61
5.1	FLUJO EN UNA TUBERIA	61
5.2	REDES DE GAS	64
5.2.1	Método de Hardy Cross	65
5.2.2	Método de Renouar.....	66
5.2.3	Método de Desmallaje Simplificado	67
5.2.4	Método de solución de redes por ensayo y error	68
6	DISEÑO DE RED DOMICILIARIA.....	70
6.1	TRANSPORTE DEL GLP	70
6.2	REDES DE DISTRIBUCION	71
6.2.1	Geografía del proyecto.....	71
6.2.2	Redes de distribución.....	71
6.3	DEFINICION DE VARIABLES	71
6.3.1	Presión de Red.....	72
6.3.2	Temperatura de flujo.	72
6.3.3	Gravedad específica.	72
6.3.4	Eficiencia de flujo	72

6.3.5	Factor de simultaneidad	73
6.3.6	Factor de demanda	73
6.3.7	Velocidad de gas.....	74
6.4	DISEÑO DE TANQUES.....	74
6.4.1	Ubicación	75
6.4.2	Instalaciones	77
6.4.3	Dimensionamiento.....	77
6.4.4	Tiempo de recarga	79
6.5	DISEÑO REDES DE DISTRIBUCIÓN	80
7	ANÁLISIS FINANCIERO	85
7.1	RED EXTERNA	85
7.2	RED INTERNA.....	87
7.3	INTERVENTORÍA.....	89
7.4	COFINANCIACIÓN.....	90
7.5	INVERSIÓN EN ACTIVOS PARA ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	91
7.6	CALCULO DE TIR Y VAN	92
8	CONCLUSIONES	96
9	RECOMENDACIONES	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	98
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fuentes de producción y transporte de GLP.....	26
Figura 2. Diagrama de estructuración de entidades reguladoras del GLP.....	30
Figura 3. Diagrama de comercialización del GLP.....	31
Figura 4. Localización del municipio de Lebrija en Colombia.....	39
Figura 5. División territorial y límites del municipio de Lebrija.....	40
Figura 6. Corregimiento de Portugal.....	44
Figura 7. Instalación típica para tanque de almacenamiento de GLP.....	75
Figura 8. Esquema red de gas domiciliario GLP para el corregimiento de Portugal.....	83

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Demanda y Almacenamiento de Plantas.....	27
Gráfica 2. Composición del GLP.....	28
Gráfica 3. Distribución poblacional en el municipio de Lebrija.....	44
Gráfica 4. Estratificación porcentual del corregimiento de Portugal.....	50
Gráfica 5. Tipo de combustible para la cocción utilizado en el corregimiento de Portugal.....	52
Gráfica 6. Duración promedio del cilindro.....	54
Gráfica 7. Representación gráfica del Valor Actual Neto para diferentes tasas de interés.....	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Producción de GLP por compañía productora.....	22
Tabla 2. Principales indicadores de calidad según NTC y ASTM.....	29
Tabla 3. Normas técnicas para la construcción de una red de gas.....	36
Tabla 4. Normas ambientales vigentes para la construcción de una red de gas.....	37
Tabla 5. Distribución poblacional en el municipio de Lebrija.....	43
Tabla 6. Proyección de población y vivienda en el corregimiento de Portugal.....	47
Tabla 7. Estratificación corregimiento de Portugal.....	50
Tabla 8. Tipo de actividad en la vivienda.....	51
Tabla 9. Tipo de combustible utilizado.....	52
Tabla 10. Tipo de combustible utilizado.....	53
Tabla 11. Tiempo promedio de uso de los cilindros.....	54
Tabla 12. Interés en la adquisición del servicio de gas por red domiciliario.....	55
Tabla 13. Comparación de costos entre GLP por cilindros y red domiciliario.....	56
Tabla 14. Total de conexiones de nuevas conexiones por año.....	57
Tabla 15. Conexiones por estratificación.....	58
Tabla 16. Demanda de gas esperada durante los 20 años.....	59
Tabla 17. Guía de selección para seleccionar la mejor ecuación según el caso.....	69
Tabla 18. Factor de demanda para distinta cantidad de usuarios.....	74
Tabla 19. Distancias mínimas a tener en cuenta para la ubicación de los tanques.....	76
Tabla 20. Consumos promedios población de Portugal.....	78

Tabla 21. Volumen máximo permitido de líquido para recipientes superficiales de 0 a 1200 gal.....	80
Tabla 22. Consumos y flujos por nodo.....	80
Tabla 23. Diámetros y longitud de tramos de la red.....	81
Tabla 24. Presiones y caudales de la red.....	82
Tabla 25. Velocidad alcanzada por el gas en la tubería.....	84
Tabla 26. Costos de instalación sistema de almacenamiento.....	86
Tabla 27. Costos de Instalación tubería.....	86
Tabla 28. Costos total red externa.....	87
Tabla 29. Análisis de precios para derechos de conexión por cada usuario (acometida y medidor).....	88
Tabla 30. Análisis de precios para construcción de la red interna, por cada usuario (suministro e instalación).....	88
Tabla 31. Estimación de costos generales del proyecto por concepto de obra civil.....	89
Tabla 32. Estimación de costos generales del proyecto por concepto de interventoría.....	89
Tabla 33. Cofinanciación del proyecto.....	90
Tabla 34. Inversiones en calidad.....	91
Tabla 35. Inversiones en otros activos - municipio.....	91
Tabla 36. Flujo de fondos para los primeros 20 años de puesta en marcha del proyecto; se presenta la descripción de cada entrada y salida de fondos en el flujo de caja.....	92

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA PARA CONSTRUCCIÓN DE REDES DOMICILIARIAS DE SUMINISTRO DE GLP PARA EL CORREGIMIENTO DE PORTUGAL DEL MUNICIPIO DE LEBRIJA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER*

AUTOR: Victor Alfonso Peña Cruz
Omar Alfredo Rios Cárdenas**

PALABRAS CLAVE: GLP, redes de gas, diseño, análisis financiero.

CONTENIDO:

La utilización de materia orgánica para la cocción de alimentos ha sido ampliamente utilizada por las personas, porque no se cuenta con la infraestructura o recursos para el uso de otros energéticos como el gas. El gobierno ha desarrollado distintas estrategias para suplir el uso de la leña que tiene grandes impactos ambientales y en la salud, algunas de estas estrategias es el subsidiar la construcción de redes domiciliarias y el servicio para los estratos más bajos 1, 2 y 3.

El municipio de Lebrija ha tenido un crecimiento significativo en los últimos años, como causa a la cercanía con la ciudad de Bucaramanga y la variedad de climas que se presentan en este que la hacen óptima para la agricultura, que es la principal fuente de ingresos para el municipio. Pero es el corregimiento de Portugal el de mayor crecimiento en Lebrija, esto debido a la creación del colegio Portugal y su ubicación que ha hecho que tenga una gran influencia en las veredas circunvecinas, haciéndolo un lugar óptimo para la creación de nuevas viviendas.

Es por eso que en este proyecto se desarrollara un estudio técnico y económico para la implementación de una red domiciliaria de gas en el corregimiento de Portugal, dentro del estudio técnico se estudiara las ecuaciones de diseño y la reglamentación Colombiana para la construcción de redes de GLP y se realizara un estudio económico para determinar la factibilidad del proyecto teniendo en cuenta variables financieras como la TIR y VAN.

* Proyecto de Grado. Modalidad investigación.

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Msc. Nicolas Santos Santos

ABSTRACT

TITLE: TECHNICAL AND FINANCIAL EVALUATION FOR BUILDING SUPPLY NETWORKS DOMICILIARY LPG FOR THE DISTRICT OF PORTUGAL LEBRIJA MUNICIPALITY, SANTANDER DEPARTMENT *

AUTHOR: Victor Alfonso Peña Cruz
Omar Alfredo Rios Cárdenas**

KEYWORDS: LPG, gas networks, network design, financial analysis.

CONTENTS:

The use of organic matter for cooking has been widely used by people, because it does not have the infrastructure or resources to use other energy such as gas. The government has developed various strategies to supplement the use of wood that has great environmental and health impacts, some of these strategies is to subsidize the construction of home networks and service for the lowest strata 1, 2 and 3.

The town of Lebrija has seen significant growth in recent years, and because of its proximity to the city of Bucaramanga and variety of climates that are presented in this that make it optimal for agriculture, which is the main source of income for municipality. But Portugal is the village of the fastest growing in Lebrija, this due to the creation of the school and its location Portugal has done that has a great influence on the surrounding sidewalks, making it an ideal place for building new homes.

That's why this project a technical and economic study for the implementation of a household gas network in the village of Portugal, within the technical study was to develop the design equations and the Colombian regulations for the construction of networks of LPG is studied and an economic study be undertaken to determine the feasibility of the project taking into account variables such as financial IRR and NPV.

* Working Grade. Research mode.

** Physicochemical Engineering Faculty. School Of Petroleum Engineering. Director: Msc. Nicolas Santos Santos

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud ha declarado en sus estudios que la mitad de la población mundial depende de combustibles sólidos, como la madera, el carbón, residuos agrícolas o estiércol, para satisfacer sus necesidades energéticas básicas. La energía de biomasa, que incluye la leña, residuos de cultivos y desechos de animales, provee en promedio cerca del 30% de la energía primaria en los países en desarrollo.

En regiones apartadas de Colombia la falta de una fuente energética que ofrezca una mayor eficiencia y bajo costo, hace que estas poblaciones acudan a distintos fuentes de energía como lo son la leña, carbón entre otros, estas tienen un alto impacto ambiental y en la salud de las personas debido a la deforestación para su obtención y la gran cantidad de gases contaminantes que producen durante la combustión, lo cual produce una gran cantidad de muertes al año.

En el municipio de Lebrija y la población de Portugal, es común el uso de leña y cilindros de GLP, como forma de suplir la necesidad de una fuente de combustible para la cocción. Estas fuentes de energía han representado un mayor costo que se ve reflejado en la canasta familiar. En el caso de la leña representa un problema ambiental y de salud pública como consecuencia de las enfermedades respiratorias que estas generan.

En Colombia se vienen desarrollando proyectos para disminuir el uso de la leña como fuente de energía, estos proyectos se enfocan en el cambio de esta por combustibles como el gas natural (GN) o el gas licuado del petróleo (GLP). Este cambio se logra, gracias a los nuevos gasoductos que se han construido a lo largo de Colombia que permiten la distribución del GN por las distintas redes de distribución, pero en lugares apartados donde no se está cerca a estas redes de distribución el GLP es el mejor reemplazante debido a su transporte y distribución.

Es así como en Portugal (Lebrija) se desea implementar una red de distribución domiciliaria de GLP que permitan a la población obtener una nueva fuente de energía menos contaminante y que represente un ahorro para los habitantes.

La principal finalidad de esta tesis es hacer una evaluación técnica y financiera para construcción de redes domiciliarias de suministro de GLP para el corregimiento de Portugal del municipio de Lebrija, departamento de Santander; de acuerdo a esta finalidad el presente documento de tesis se encuentra estructurado en 9 capítulos:

En el capítulo 1 se dan a conocer las generalidades del gas licuado del petróleo, donde se tratan los siguientes temas: se presenta el panorama actual del GLP en Colombia, se presenta una reseña histórica, se da a conocer la producción, transporte, almacenamiento, calidad y mercado del GLP.

En el capítulo 2 se da a conocer la normatividad vigente para la implementación y uso del GLP en redes domiciliarias, aquí se tratan los temas relacionados con normatividad, distribución y comercialización, la organización de la industria, las tarifas, la calidad del servicio, la normatividad construcción y diseño de la red y finalmente se expone la normatividad ambiental.

El capítulo 3 muestra las generalidades del municipio de Lebrija, aquí se expone las características geográficas, la delimitación, la economía, la demografía y algunas particularidades del corregimiento de Portugal.

El estudio de mercadeo para el GLP es estudiado en el capítulo 4 donde se hizo una estimación de la proyección demográfica del corregimiento de Lebrija, posteriormente se hizo un estudio socioeconómico mediante el diseño y aplicación de una encuesta hecha a cada núcleo familiar del corregimiento.

El diseño de la red de GLP inicia con la investigación del fundamento matemático, este tema se expone en el capítulo 5 donde se presenta la teoría para flujo en tuberías, redes de gas y los cuatro métodos matemáticos principales con los que se cuenta para hacer el diseño.

En el capítulo 6 se presenta el procedimiento y los criterios usado para hacer el diseño de la red domiciliaria, teniendo en cuenta aspectos como el transporte del GLP, las redes de distribución; se definieron las variables a tener en cuenta como la presión de red, la temperatura de flujo, la gravedad específica, la eficiencia de flujo, factor de simultaneidad y velocidad del gas; en este capítulo se incluye también el diseño de los tanques, teniendo en cuenta su ubicación, instalaciones, dimensionamiento y el tiempo de recarga.

En el capítulo 7 se presenta toda la información y los cálculos realizados en el análisis financiero, aquí se estiman los costos de la red externa, la red interna, la interventoría, se hace también el estudio de cofinanciación de las distintas entidades que participan en el desarrollo del proyecto; se muestra la inversión de activos en administración, operación y mantenimiento de la red de GLP, en este capítulo finalmente se hace el cálculo estimado de la TIR y el VAN del proyecto.

La parte final de este documento consta de los capítulos 8 y 9 en los cuales se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de todo el estudio hecho durante el desarrollo de la tesis. Donde se concluyó que el modelo de Müller el que mejor se adapta a la red de gas. Usando los indicadores VPN y TIR se determinó que la tasa máxima de interés que soporta este proyecto es del 4%, lo que muestra que la rentabilidad del proyecto es baja, no obstante es claro que la inversión es recuperada dentro de los primeros 20 años de proyección del proyecto.

1. GENERALIDADES DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)

El GLP se obtiene de la licuefacción de las fracciones líquidas del gas natural o por refinación del petróleo crudo, en este último proceso mediante distintos procesos como el cracking se pueden obtener la cantidad de GLP según las necesidades del mercado. Actualmente el 60% de la producción mundial se obtiene de las fracciones líquidas del gas natural y el 40% del procesamiento del crudo en refinerías [1].

La revolución del shale gas ha generado un incremento significativo en la producción de GLP a nivel mundial, esto se puede observar en la producción de los últimos años de EU y el cambio en la balanza comercial de este derivado, donde se aprecia un aumentaron en sus exportaciones y una disminución en sus importaciones [2]. Esto ha hecho que haya un mayor interés del shale gas donde se presente una gran fracción de livianos.

Este compuesto es una mezcla de diferentes hidrocarburos livianos constituidos principalmente por propano (C3) y butano (C4) con sus respectivos isómeros, en proporciones variables y que en condiciones normales es gaseoso, al comprimirlo entre los (75 – 150 psi) pasa a estado líquido; en forma gaseosa el volumen es aproximadamente 250 veces mayor que en su forma líquida, por lo cual para el transporte y manejo de este se hace principalmente estado líquido. Se considera como materia prima para la petroquímica, para la obtención de productos indispensables para la industria manufacturera, que generan mayor valor agregado al país.

El GLP es inflamable a temperatura ambiente y presión atmosférica, por lo tanto para el diseño de las instalaciones deben cumplirse los estándares de calidad establecidos en el país. Este genera vapores desde una temperatura de -42°C , los cuales al mezclarse con el aire en proporciones entre 1,9 y 9,5% en volumen, forman mezclas inflamables y explosivas, como tiene una densidad aproximada de 1,8 veces mayor que la del aire, cuando se presentan escapes sus vapores tienden a concentrarse en las zonas bajas, donde hay riesgo de encontrar puntos de ignición tales como interruptores eléctricos, pilotos de estufas de gas, tomas de corriente eléctrica, lámparas y puntos calientes.

El GLP en su estado gaseoso puede causar asfixia simple y deprimir el sistema nervioso central, a causa del desplazamiento del aire del ambiente en lugares cerrados, en estado líquido puede provocar quemaduras por congelamiento e irritación de la piel. Debido a que es incoloro e inodoro se hace necesario la adición de compuestos de azufre, como mercaptanos, los cuales actúan como odorizantes para la detención de este en el ambiente.

En general el GLP es una mezcla de hidrocarburos formado principalmente por propano y butano, estos permanecen en estado líquido a presiones moderadas y temperatura ambiente, y en cuanto a su uso puede subdividirse en:

- **GLP Doméstico:** Este es comercializado tanto a granel como en bombonas. Su uso doméstico es principalmente para la cocción de alimentos.
- **GLP Comercial/Industrial:** Es comercializado a granel y su precio es determinado por la variación del mercado. Su uso industrial se emplea como combustible en hornos, secadores y calderas de diferentes tipos de industrias. También en motores de combustión interna y en turbinas de gas para generar energía eléctrica.

- **GLP Automotor:** Aquí este compuesto es comercializado a granel. Debido a su bajo nivel de emisión de contaminantes es utilizado en muchos países.

1.1 GLP EN COLOMBIA

1.1.1 Reseña histórica.

El sector del Gas Licuado del Petróleo (GLP) en Colombia, inicio en los años 30, con la producción de las refinerías de Tibú y Barrancabermeja, durante las primeras tres décadas el GLP se abrió mercado fundamentalmente en el sector doméstico por la facilidad que ofrecía en la cocción de alimentos. En los años 50 se convertiría en el energético de mayor uso doméstico, incrementando la demanda sustancialmente por lo cual se construyeron los primeros poliductos y propanoductos [3].

A partir de la década de los sesenta como consecuencia de la alta demanda y poca oferta el Ministerio de Minas y Energía crea un sistema de cupos, donde se le asignaba a cada distribuidor un volumen mensual y una zona exclusiva para su distribución.

En 1993, se eliminó el sistema de cupos y se crea la figura de distribuidor mayorista con base en el incremento de la oferta. Bajo esta figura ECOPETROL importa GLP para suplir el faltante del mercado, esto hasta 1995 cuando entra en funcionamiento la nueva planta de ruptura catalítica de la refinería de Barrancabermeja que le permite suplir la demanda interna del energético.

El aumento en la demanda continuo hasta el año 2000, como consecuencia de la masificación del gas natural y su diferencia de precio con este se presenta una caída en su demanda a partir de este año. Para contrarrestar este efecto el

Gobierno generó nuevos proyectos y planes, especialmente en las áreas rurales y zonas menos pobladas, con el fin de evitar la deforestación y los problemas ambientales.

A partir de 2008, entró en vigencia un nuevo marco regulatorio para el sector, el cual instauró cambios sustanciales tales como el esquema de marcas en los cilindros (ahora propiedad del distribuidor), cambios en la cadena de comercialización y el régimen de libertad vigilada para las actividades de distribución y comercialización minorista.

1.1.2 Producción.

ECOPETROL es el mayor productor de GLP en Colombia y hasta el 2005 fue el único, a partir de este año el campo Rancho Hermoso operado por Canacol inicia la producción de GLP, con un porcentaje inferior del 1% en la producción nacional, es hasta el año 2010 con la entrada en operación de nuevos campos que la producción por parte de operadores privados supera el 1% de la producción nacional. La producción de GLP en el país ha venido en aumento, diversificándose en productor y fuentes, sin embargo solo 6% del GLP comercializado para el servicio público domiciliario, proviene de productores diferentes a Ecopetrol [1].

En la tabla 1 se puede observar los aportes de GLP realizados por cada una de las compañías que proveen este recurso al mercado nacional, apreciándose una disminución en la producción nacional en el período comprendido del 2002-2010. Transcurrido este período dicho comportamiento cambió, motivado por la entrada en operación de nuevas compañías de producción nacional de GLP.

Tabla 1. Producción de GLP por compañía productora

Año	Ecopetrol					Canacoi	Interoil	Vetra	Perenco	Petrominerales	Termoyopal	Otros	Total
	Barranca	Cartagena	Apiay	Cusiana I	Dina	R. Hermoso	Toquí T.	La Punta	La Gloria	Corcel	Pauto-Flor.	Productores	Producción
	BPD	BPD	BPD	BPD	BPD	BPD	BPD	BPD	BPD	BPD	BPD	%	BPD
2002	19.906	3.552	1.201									0%	24.660
2003	19.271	2.587	1.071									0%	22.929
2004	18.293	2.589	983									0%	21.864
2005	18.329	2.586	969			39						0%	21.923
2006	18.718	2.750	893			184	12					1%	22.558
2007	18.623	2.898	628			207	14	4				1%	22.374
2008	17.043	3.209	667			91	11	36				1%	21.056
2009	15.363	2.697	724			110	4	116	17			1%	19.030
2010	14.154	2.734	760		190	253	4	52	21	81		2%	18.261
2011	13.031	3.437	755	264	305	161	23	158	42	279		4%	18.464
2012	11.438	2.166	723	4.008	340	100	39	8	42	245		2%	19.110
2013	9.983	3.112	705	4.420	264	75	38	18	16	83	881	6%	19.597

Fuente. Informe Cadena del Gas Licuado de Petróleo 2013

La producción total en 2002 ascendió a 24.660 BPD y el 2010 fue el año de menor producción con 18.261 BPD, lo que representa una caída de 25,9%, siendo la refinería de Barrancabermeja la mayor responsable, con una disminución en sus aportes de 10.000 BPD de GLP. Sin embargo Campos como Cusiana han aumentado su producción significativamente pasando de 264 BPD a 4420 BPD en el período comprendido entre el 2011 al 2013, cabe destacar la mayor participación que han tenido los operadores distintos a ECOPETROL a partir del año 2011.

El 50% de la producción nacional lo sigue aportando la refinería de Barrancabermeja y sumado a la refinería de Cartagena representaría más del 70% de la producción nacional, lo que significa que en Colombia las refinerías grandes productoras de GLP.

1.1.3 Transporte y almacenamiento

Producido el GLP ya sea en las refinerías o en yacimientos de gas este tiene que ser transportado a los consumidores finales. Para esta actividad se cuenta con una red de transporte que permite el traslado del producto a los almacenamientos de los comercializadores, de estos a los distribuidores y finalmente a los usuarios. En Colombia es la Cenit (filial de transporte de hidrocarburos de ECOPETROL), quien administra los poliductos y propanoductos que se encargan de la distribución a lo largo del país, esta puede ser dividida en cuatro zonas [4] :

- **Zona Este.** Poliducto Galán – Bucaramanga con una longitud de 96,872 km, garantiza el abastecimiento de los departamentos de Santander y Cesar.
- **Zona Central.** Poliducto Galán – Sebastol - Salgar con un diámetro de 8 pulgadas y una longitud de 245 km, se encarga de evacuar el GLP desde la Refinería de Barrancabermeja hasta el centro operativo de Puerto Salgar.
- **Zona Oeste.** Poliducto Salgar – Yumbo con una longitud de 368,683 km y diámetros de 6”, 8” y 10”, garantiza el abastecimiento del eje cafetero y Norte de Valle.
- **Zona Bogotá.** Poliducto Salgar – Mansilla con una longitud de 107,670 km dedicado al transporte de GLP garantiza el abastecimiento de los Departamentos Cundinamarca y Boyacá.

El suministro de las demás regiones, se hace directamente desde los campos de producción de GLP como lo es el caso de los llanos orientales con campo Apiay, Cusiana, Pauto-Floreña entre otros.

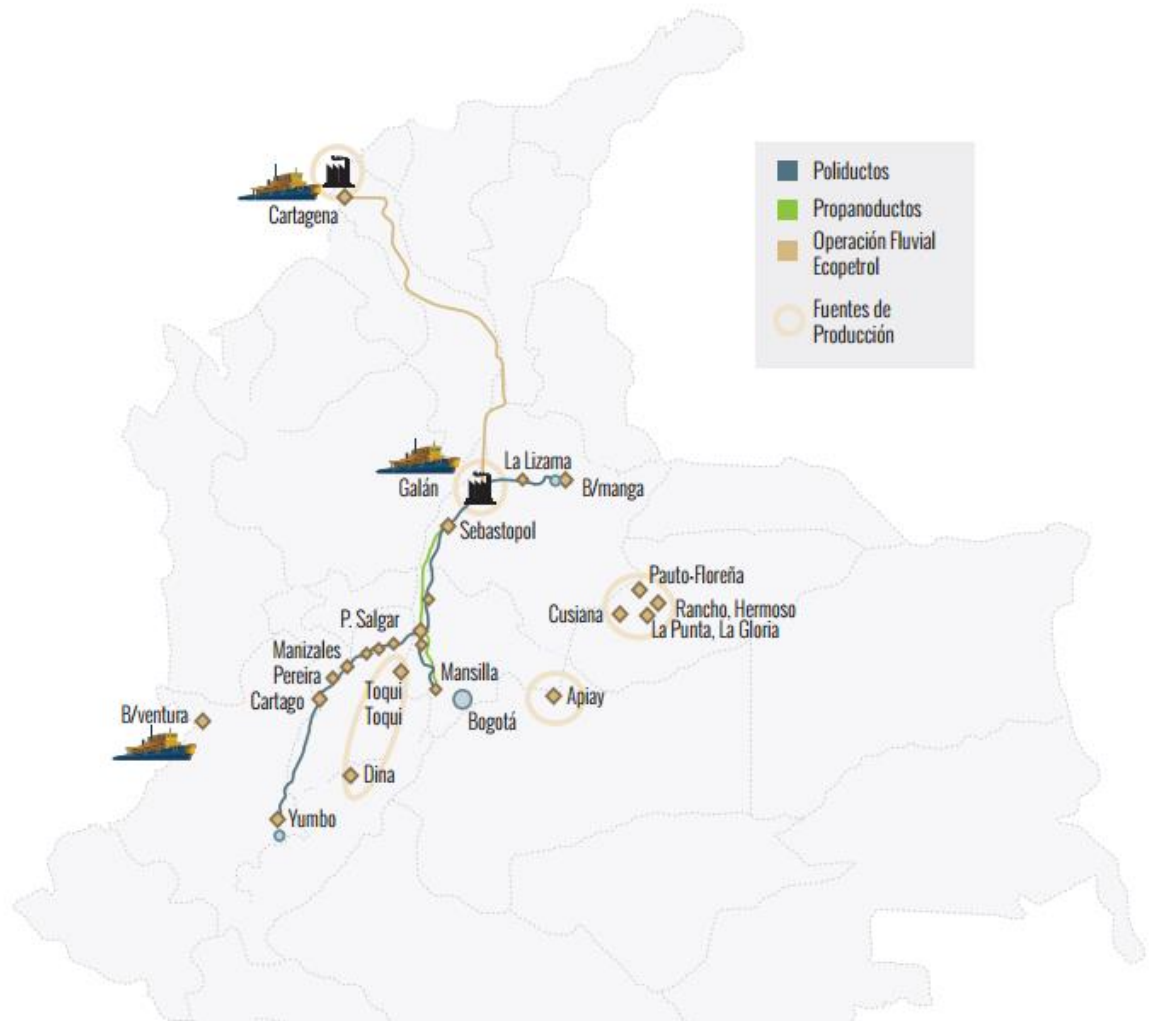
La entrega a los comercializadores se hace desde una de las plantas que existen a lo largo de los poliductos, y estos se encargaran de la distribución en lugares donde no se cuente con la infraestructura necesaria.

En la figura 1 se observa las distintas fuentes de producción y transporte de GLP en Colombia y los puntos de entrega de la Cenit.

El GLP producido o importado por la refinería de Cartagena hacia el interior del país es transportado mediante vía fluvial a través del río Magdalena, por lo cual dicho transporte dependerá de los niveles de navegabilidad que presente el río, como consecuencia dicho transporte puede llegar a ser intermitente.

Por otra parte la capacidad de almacenamiento del país apenas alcanza un 44% de la demanda nacional mensual, equivalente a nueve millones de galones o 225 miles de barriles. En Colombia solo se cuenta con nueve puntos de almacenamiento de GLP distribuidas a lo largo del país, teniendo en cuenta la oferta y demanda de determinadas regiones del país, estos puntos de almacenamiento pueden llegar a ser sobredimensionados o insuficientes.

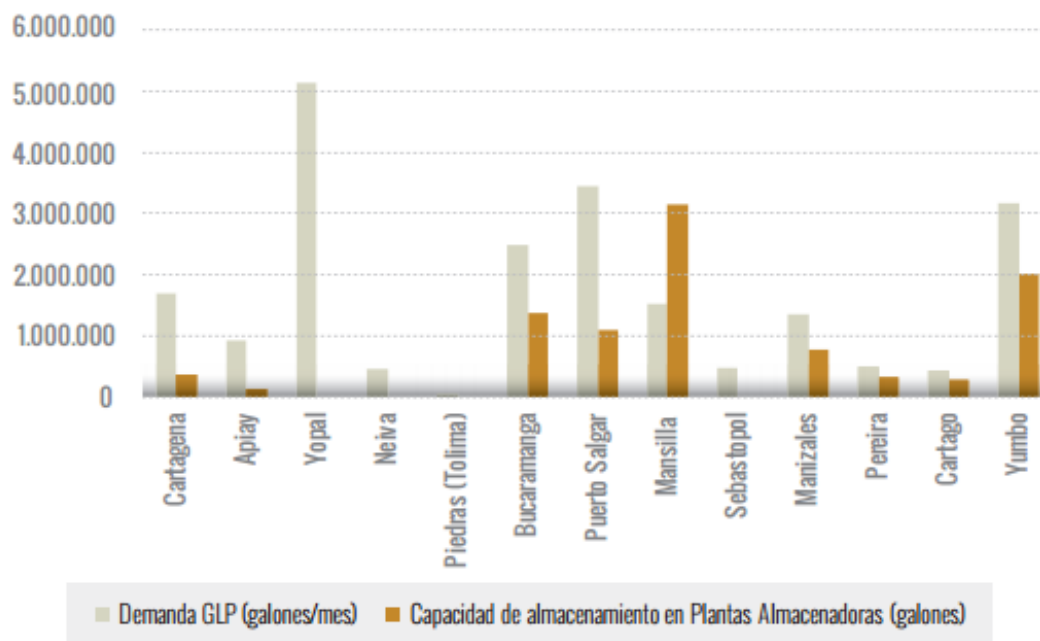
Figura 1. Fuentes de producción y transporte de GLP



Fuente. Informe Cadena del Gas Licuado de Petróleo 2013

En la Gráfica 1. se puede observar la oferta y demanda en los distintos puntos de distribución, en Yopal, Neiva, Sebastopol y Piedras (Tolima), se carece de un punto de almacenamiento frente a la alta demanda de la región, por lo contrario en mansilla hay un sobre diseño en lo requerido por el mercado y su capacidad de almacenamiento teniendo un 207% de su demanda.

Gráfica 1. Demanda y Almacenamiento de Plantas



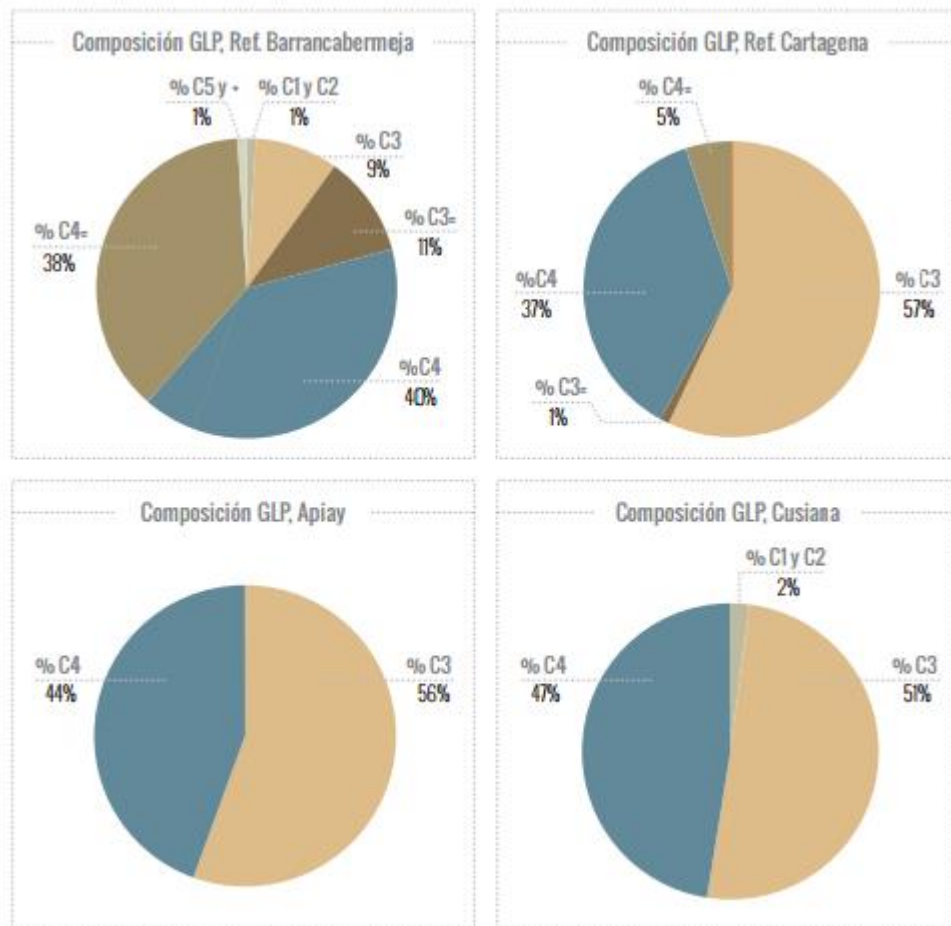
Fuente. Informe Cadena del Gas Licuado de Petróleo 2013

1.1.4 Calidad

La calidad del GLP producido en Colombia es variable y dependen del lugar de origen del mismo, es así como la refinería de Barrancabermeja presenta una mayor concentración de butanos por lo contrario la de Cartagena una mayor concentración de propanos, en los campos de Apiay y Cusiana presentan una composición muy similar como se observa en la gráfica 2.

La gráfica 2. Muestra la concentración de los distintos componentes del GLP para 4 mayores productores del país [1].

Gráfica 2. Composición del GLP



Fuente. Informe Cadena del Gas Licuado de Petróleo 2013

En Colombia no todos los indicadores de calidad del GLP están estandarizados como si sucede en el Gas Natural, esto permite que las composiciones de un lugar a otro varíen, en la tabla 2 se pueden observar los indicadores de calidad que se encuentran estandarizados en el país según normas NTC y las normas ASTM para los demás indicadores.

Tabla 2. Principales indicadores de calidad según NTC y ASTM

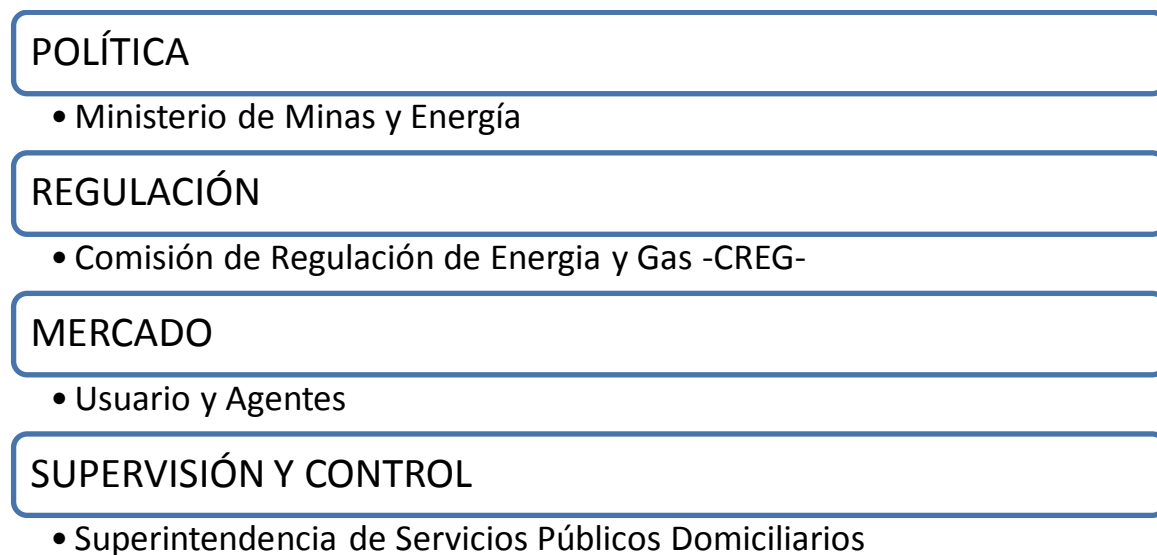
INDICADORES DE CALIDAD	NORMA NTC	NORMA ASTM
Presión manométrica de vapor	2562	D1267-02R07
Densidad y densidad relativa	2521	D1657-02R07
Volatilidad (temperatura de evaporación al 95% evaporado)	2563	D1837-11
Corrosión de tira de cobre	2515	D1838-11
Residuos sólidos (mancha de aceite)	2517	D2158-11
Contenido de sulfuro de hidrógeno	-	D2420-07
Sequedad	-	D2713-12
Contenido de azufre	-	D2784-11
Concentración de etil mercaptano	-	D5305-97R07
Composición (cromatografía de gases)	2518	D2163-07
Poder calorífico	-	D240-09
Índice de Wobbe	-	BS-EN-ISO-6976-2005

Fuente. Informe final estándares de los sistemas de medición en las actividades de la cadena de prestación del servicio público domiciliario de GLP.

1.2 MERCADO

Actualmente en Colombia es el Ministerio de Minas y Energía es quién se encarga de la política del sector y a partir de 1994 con la creación Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) es quien entra a reglamentar la comercialización del GLP. La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, es el ente que se encarga de vigilar y controlar las empresas privada y públicas. En la figura 2 se puede observar la distribución del mercado que hay actualmente en Colombia [3].

Figura 2. Diagrama de estructuración de entidades reguladoras del GLP



Fuente. Página Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)

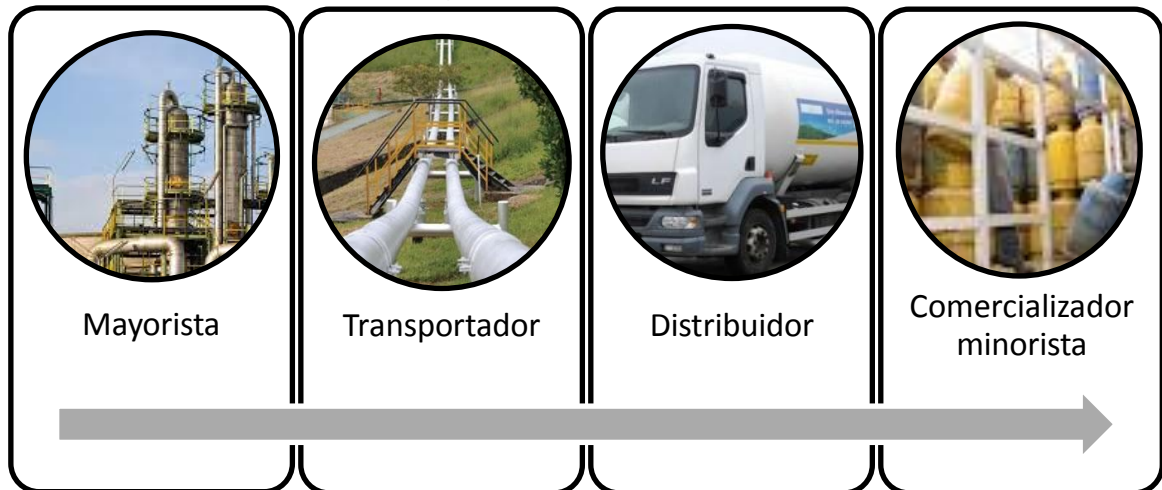
El objetivo de la CREG es lograr que los servicios de energía eléctrica, gas natural y GLP se presten al mayor número posible de personas, al menor costo permisible para los usuarios y con una remuneración adecuada para las empresas que permita garantizar calidad, cobertura y expansión. Con esto ha creado políticas anti monopolio y competencia entre las diversas empresas para que presten un mejor servicio y menor precio.

Con base en la Resolución CREG 053 de 2011 y la Resolución 023 del 2008 el mercado colombiano puede dividirse en 4 grandes sectores [1] [6]:

Comercializador mayorista: Es la actividad que involucra la producción del GLP en refinería o yacimientos en el país, o la compra de este combustible en el mercado internacional para venderlo en grandes cantidades. Estas empresas antes de asumir compromisos de exportación, deben dar prioridad al mercado mayorista de GLP interno. La venta de GLP con precio regulado, la deberán hacer

los comercializadores mayoristas a través de una OPC (Oferta Pública de cantidades).

Figura 3. Diagrama de comercialización del GLP



Transportador: esta actividad consiste en la movilización en grandes cantidades de GLP a granel, entre un punto de recibo del transportador y un punto de entrega del transportador utilizando ductos del sistema de transporte. En Colombia ECOPETROL realiza esta actividad mediante su filial Cenit.

Dentro de las obligaciones se encuentran:

- Es obligación de los propietarios y/o operadores de los sistemas de transporte permitir el libre acceso de otros agentes a tales bienes, mediante el pago de los cargos por uso.
- Respaldo físicamente la entrega continua de GLP pactada contractualmente en los puntos de entrega a través de la capacidad de transporte y/o almacenamiento.
- Celebrar contratos escritos de transporte con los remitentes o realizar una declaración de capacidad comprometida de transporte.

Distribuidor: Son empresas de servicios públicos domiciliarios encargada de la compra de GLP a los comercializadores mayoristas, y el flete desde los puntos de salida del sistema de transporte hasta la planta de envasado, donde se

introduce el combustible en cilindros y tanques especializados para garantizar la calidad y cantidad del gas y la seguridad del cilindro. Dentro de sus obligaciones se encuentran:

- Cilindros marcados, propiedad del distribuidor.
- No debe recibir, tener o transportar cilindros de propiedad de otra empresa.
- Un Distribuidor puede tener varias marcas.
- Celebrar contratos de exclusividad con el Comercializador Minorista, en caso de no hacer directamente esta actividad.
- Devolver el depósito de garantía al usuario al finalizar el uso y tenencia del cilindro.
- Cumplir la normatividad técnica.

Comercializador minorista: Son empresas de servicios públicos domiciliarios encargada de la entrega de GLP en cilindros en el domicilio del usuario final o en expendios. Incluye la compra del producto envasado mediante contrato exclusivo con un distribuidor, el flete del producto en cilindros, la celebración de contrato de servicios públicos con los usuarios y la atención de los usuarios. Los comercializadores minoristas pueden ser a su vez distribuidor de GLP.

El mercado minorista ha sido blanco de cambios en el servicio desde la liberación del mercado en 1993, puesto que luego de este año se presentaron fenómenos no deseados en la distribución de GLP, entre ellos el deterioro de los cilindros universales, el “culebreo” o transvase de cilindros y el transporte de cilindros por empresas legalmente no constituidas, las cuales no garantizaban calidad ni seguridad en el producto.

2 NORMATIVIDAD PARA EL USO DEL GLP EN REDES DOMICILIARIAS

Para la construcción, diseño y puesta en marcha de una red de distribución de gas hay que cumplir una serie de normas y reglamentaciones. Estas permiten garantizar tanto el servicio como el producto al consumidor, manteniendo un control durante toda la cadena productiva.

2.1 NORMATIVIDAD DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

En Colombia los entes encargados de vigilar y regular las empresas comercializadoras y distribuidoras de gas son, el ministerio de minas y energía , la comisión reguladora de energía y gas y la superintendencia de servicios públicos..

A continuación se mostrará alguna de la reglamentación para el diseño, construcción y comercialización de una red de gas (GLP) domiciliario.

2.1.1 Organización de la Industria

Este tipo de normas establecen las obligaciones que debe tener todo distribuidor minorista, como el contar con los vehículos suficientes para cubrir la demanda, contar con una línea de atención al cliente y emergencia, garantizar la calidad del producto. Esto se encuentra establecido en:

- Resolución CREG 023 de 2008
- Resolución CREG 165 de 2008
- Resolución CREG 177 de 2011

Para la distribución minorista de GLP por redes de gas deben garantizar el suministro continuo del servicio, la integridad de las instalaciones, además de hacer una revisión periódica de la red interna de las viviendas. Esto esta contempla en:

- Resolución CREG 067 de 1995
- Resolución CREG 057 de 1996
- Resolución CREG 059 de 2012

2.1.2 Tarifas

En Colombia las tarifas para el distribuidor minorista se encuentran bajo una libertad regulada, quiere decir que los precios se fijan por la oferta y demanda del mercado y la libre competencia, este sistema surgió con el fin de beneficiar el usuario al permitirle elegir al distribuidor que mejores precios ofreciera, resolución CREG 001 de 2009.

Para el caso de distribución de redes de gas, las tarifas deben ser reguladas y presentadas ante la CREG para su aprobación, estas contemplan los costos operativos e inversión para fijar el precio que se le cobra al usuario, este estudio de tarifas se hace para el tiempo estimado del proyecto que es de 20 años. La regulación se debe a la no libertad que existe en los usuarios para la escogencia del distribuidor, por lo cual la empresa puede llegar a cometer abusos en las tarifas a los usuarios. Esto se contempla en las resoluciones:

- Resolución CREG 045 de 2002
- Resolución CREG 011 de 2003
- Resolución CREG 069 de 2006
- Resolución CREG 103 de 2010
- Resolución CREG 137 y 138 de 2013

2.1.3 Calidad del Servicio

Establecen las obligaciones que tiene el distribuidor con los usuarios para garantizar el servicio, como lo es la atención de las solicitudes hechas y oportuna atención por parte del servicio técnico, índices de presiones individuales por línea, calidad del producto que se le entrega por parte del transportador que en caso de incumplir con los estándares puede ser rechazado resolución CREG 100 de 2003.

2.2 NORMATIVIDAD CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE LA RED

Actualmente existe un gran número de normas y técnicas para la construcción de redes de distribución como lo son:

- NTC: Normas Técnicas Colombianas
- ASME: American Society of Mechanical Engineers
- ANSI: American National Standard Institute
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- API: American Petroleum Institute
- MSS: Manufacturer's Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
- NFPA: National Fire Protection Association

Para la construcción y diseño de redes en Colombia son las NTC quienes priman sobre las demás, después de todo son creadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), ente que se encarga de brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Para la normalización técnica el ICONTEC cuenta con el personal idóneo con amplia experiencia en la industria que garantice la aplicabilidad de las mismas. En caso que no exista una norma NTC para un proceso se podrá emplear una norma internacional de las entidades anteriormente descritas. En la tabla 3 se muestran algunas de las normas para la construcción de una red domiciliaria.

Tabla 3. Normas técnicas para la construcción de una red de gas.

NORMAS	TITULO	Descripción
NTC 1746	Tubos y accesorios termoplásticos para la conducción de gas a presión	Determina las especificaciones mecánicas y químicas que deben tener la tubería y accesorios plásticos para la aplicación en redes de transporte y distribución de gas para uso bajo tierra o en revestimiento de redes ya existentes.
NTC 2505	Instalaciones para suministro de gas en edificaciones residenciales y comerciales	Establece los parámetros a cumplir en la construcción e instalación de redes de gas de uso residencial y comercial
NTC 2576	Válvulas y mecanismos termoplásticos de corte accionados manualmente para sistemas de distribución de gas	Establece el tipo de válvula a utilizar y las condiciones que esta debe cumplir para su instalación en un sistema de distribución de gas
NTC 3409	Accesorios de polietileno para unión por fusión a tope con tubería de polietileno	Especifica el tipo de accesorios y sus especificaciones técnicas para la unión por fusión en tuberías. Además de la forma de instalación
NTC 3728	Redes de distribución urbana de gas	Dicta normas a cumplir en la construcción de una red de gas en un sector urbano, con esto se busca la correcta instalación para la no ocurrencia de accidentes.
NTC 3838	Presiones de operación permisibles para transporte, distribución y suministro de gases combustibles	Se establece las presiones de operación permisibles para el manejo del gas en toda la cadena de comercialización, esto con el fin de garantizar su correcto manejo
NTC 3949	Estaciones de regulación de presión para redes de transporte y distribución de gas combustible	Establece los requisitos mínimos que deben cumplir las estaciones de regulación de y líneas primarias de redes de distribución de gas combustible en estado gaseoso, en cuanto al diseño, construcción, ensayo, operación y mantenimiento.

2.3 NORMATIVIDAD AMBIENTAL

Estas normas son dictadas por distintas entidades nacionales como el ministerio del medio ambiente, trabajo y agricultora, además de entes territoriales como planeación municipal y departamental. El fin de estas normas es garantizar la protección del medio ambiente, el espacio público y las personas, estableciendo parámetros mínimos a cumplir cada nuevo proyecto. En la tabla 4 se muestran algunas normas vigentes en la implementación de nuevos proyectos.

Tabla 4. Normas ambientales vigentes para la construcción de una red de gas.

ASPECTO	NORMA	DESCRIPCIÓN DE LA NORMA	ENTIDAD
PREVENCIÓN DE DESASTRES	Dec. 919 de 1989	Se organiza el sistema de atención de desastres	Planeación Municipal
	Res. 1016 de 1989	Reglamenta la organización y de desarrollo de un plan de emergencia teniendo en cuenta las tres ramas: preventiva, pasiva o estructural y activa o control de emergencia.	Min. Trabajo
	Dec. 1295 de 1994	Organización, administración del sistema de riesgos profesionales, funcionamiento y contenido de programas de salud ocupacional.	
	Dec. 1281 de 1994	Reglamenta las actividades de alto riesgo	
GENERACIÓN DE RESIDUOS	Ley 09 de 1979	Código sanitario Nacional: Reglamentación para la generación, manejo y disposición de residuos sólidos.	Ministerio de Salud
	Res. 541 de 1994	Reglamenta el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales como concreto y agregados sueltos de construcción.	Ministerio del Medio Ambiente
	Dec. 605 de 1996	Residuos sólidos	Ministerio de Desarrollo
GENERACIÓN DE RUIDO	Res. 8321 de 1983	Control de emisiones de ruido previniendo afectación de la salud y bienestar de las personas.	Ministerio de Salud
USOS DEL	Dec. Ley 2811	Parte VII: De la tierra y los suelos. Del	Ministerio de

SUELO	de 1974	suelo agrícola y no agrícola.	Agricultura
	Ley 388 de 1977	Sobre ordenamiento territorial y planes de ordenamiento territorial.	
CRUCE ESPECIALES: CRUCE AÉREO DE CORRIENTES DE AGUA	Dec. 1449 de 1977	Sobre franjas protectoras de nacimientos de cuerpos de agua. Zona de aislamientos de corrientes de agua.	Ministerio del Medio Ambiente
EMISIONES ATMOSFÉRICAS	Dec. 02 de 1982	Normas sobre el aire	Ministerio de Salud
	Dec. 948 de 1995. Dec. 1697 de 1997	Sobre la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.	Ministerio del Medio Ambiente
	Res. 623 de 1998	Protección de la capa de ozono	
	Res. 619 de 1977	Reglamenta la calidad del combustible	
	Ley 306 de 1996	Protección de la capa de ozono	
ESPACIO PÚBLICO	Ley 09 de 1998	Artículo 8: Defensa del espacio público	Planeación Municipal
	Dec. 1504 de 1998	Reglamentación del espacio público en los planes de ordenamiento territorial.	
PAISAJE	Dec. 1715 de 1978	Protección del paisaje	Ministerio de Agricultura
	Ley 140 de 1994	Descontaminación visual y de integridad del medio ambiente	
FLORA Y BOSQUES	Dec. Ley 2811 de 1974	Parte VIII: De los bosques y aprovechamientos forestales y reforestación.	Ministerio del Medio Ambiente
FAUNA	Dec. 2811 de 1974	Parte 10 Título I: Protección y conservación de la fauna	Ministerio del Medio Ambiente
	Dec. 1608 de 1978	Preservación, conservación, restauración y fomento de la fauna silvestre.	
	Ley 84 de 1989	Estatuto Nacional de Protección de los Animales	

Fuente: Proviservicios S.A.

3 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE LEBRIJA

Lebrija es un municipio del departamento de Santander (Colombia). Llamada la Capital piñera de Colombia, por ser este producto agrícola el más importante renglón en la economía de este municipio.

3.1 GEOGRAFÍA

Figura 4. Localización del municipio de Lebrija en Colombia



Fuente. www.lebrija-santander.gov.co

Lebrija tiene una extensión total de 549,85 Km², se localiza dentro de la Zona Andina, ubicado en la región noroccidental del departamento de Santander a 17 Km de la ciudad de Bucaramanga, sobre la vía que de esta capital comunica a

Lebrija limita por el oriente con el municipio de Girón; por el occidente, con el municipio de Sabana de Torres; por el norte, con el municipio de Rionegro y por el sur con Girón así:

Por el oriente, desde el punto denominado las becas, en la vía para el municipio de Rionegro, siguiendo hacia la cordillera o alto de Palonegro, pasando por el alto del Rubén a dar al de Girón, hasta el punto en donde se encuentra el camino nacional que de dicho municipio conduce al puerto de Martha, limitando en todo este trayecto con territorio del mismo municipio de Girón.

Por el sur, desde el punto últimamente dicho y siguiendo la referida vía hasta dar al punto de El Salado y siguiendo el camino que lleva al Cedro hasta el que llega a la quebrada llamada Boca del Monte, esta, aguas abajo, hasta su desembocadura en la de Pujamanes o Negra; de ahí partiendo en línea recta, a dar a la cordillera de la Paz en su parte más elevada, y de ahí, siguiendo en la misma línea, hasta la quebrada río Sucio y desde este punto sigue río Sucio aguas arriba hasta donde desemboca en este río la quebrada Comero, lindando con Sabana de Torres de esta quebrada aguas arriba hasta su nacimiento, de aquí en línea recta hasta el nacimiento de la quebrada Doradas y de esto aguas abajo hasta su desembocadura con el río Lebrija y del río Lebrija aguas arriba lindando con el municipio del río Negro hasta llegar al punto denominado Bocas, punto de partida [7].

3.2 ECONOMÍA

La actividad económica en el municipio de Lebrija, esta soportada básicamente en el sector primario de la economía, principalmente en los subsectores agrícola y pecuario, de donde derivan sus ingresos cerca del 80% de la población. En similar proporción es el sector primario el principal contribuyente al fisco municipal, vía impuesto predial y complementario. La actividad en el sector agrícola es muy dinámica y variada, como se verá en el análisis del subsector, pero con muy serios problemas de rentabilidad y productividad de la cadena productiva; en lo referente al sector pecuario se debe hacer una distinción muy clara entre dos tendencias de

la actividad, una formada por empresarios bien capacitados, con altos niveles de tecnificación y con inversiones en infraestructura adecuada y moderna, quienes se dedican a la avicultura y a la ganadería; otro sector de los productores pecuarios tiene una actividad de ganadería extensiva, en zonas apartadas del municipio, con tecnologías poco avanzadas, de igual forma hay otros productores artesanales en porcicultura y piscicultura, quienes desarrollan una actividad de baja rentabilidad y con dificultad logran mantenerse frente a los productores más tecnificados.

En el sector urbano, las actividades comerciales se desarrollan a través de 699 establecimientos, en su mayoría tiendas (el 25.18%). En términos generales, la actividad comercial urbana se realiza a través de empresas que generan poco empleo o sirve para auto generarse ocupación, como sucede con las tiendas, atendidas por los mismos dueños. Tenemos un panorama de gran cantidad de negocios comerciales, con una baja composición de capital y generación de empleo. Para el casco urbano generan 951 empleos, que igualmente equivalen a un 37%, aproximadamente, si bien en comparación con la actividad general, incluida la rural significa un 5.8% en empleo.

El sector industrial tiene dos empresas grandes, de cobertura departamental: una genera cerca de 190 empleos. Siguen en importancia las panificadoras en generación de empleo que producen para un mercado regional y las confecciones. Estas tres actividades generan el 82% del empleo industrial. Una de las grandes dificultades de las industrias reside en el costo de alumbrado público, que en comparación con el área metropolitana es demasiado oneroso. Las industrias general el 22.6% del empleo, pero en comparación con el rural caen a una cifra del 3.57%.

En el sector de los servicios prestados por empresas particulares o de capital mixto, existen 166 y generan 366 empleos, que en el sector urbano representan una cifra cercana al 25.8%. Las más importantes en generación de empleo son

las de transporte, que aportan el 30%, aproximadamente. Ahora bien, con relación a la totalidad del empleo, incluido el rural, el área de servicios urbanos cubre el 4.07%.

El sector público genera 217 empleos, que equivalen al 25% de la ocupación en funciones urbanas. No obstante, su importancia municipal es reducida al representar tan solo el 2.41%, aproximadamente [7].

3.3 DEMOGRAFÍA

El Municipio de Lebrija ha tenido un incremento de población del 36.60%, en los últimos 10 años, de acuerdo a la población determinada por el Censo de 1993, cuyo número de habitantes para 1995 era de 22.681, con respecto al censo actual (2005), en donde se ha establecido 30.984 habitantes. Y según la proyección del DANE al año 2010 la población total sería de 34.590 habitantes.

Según la última encuesta realizada en el municipio aproximadamente el 45% de la población se ubican en los cascos urbanos de la población los cuales comprende la cabecera municipal y cuatro corregimientos (Portugal, Uribe Uribe, Vanegas y el Conchal), lo que hace que se presente una mayor densidad poblacional en estas zonas. En la tabla 5 se observa la distribución poblacional en el municipio de Lebrija [8].

Tabla 5. Distribución poblacional en el municipio de Lebrija

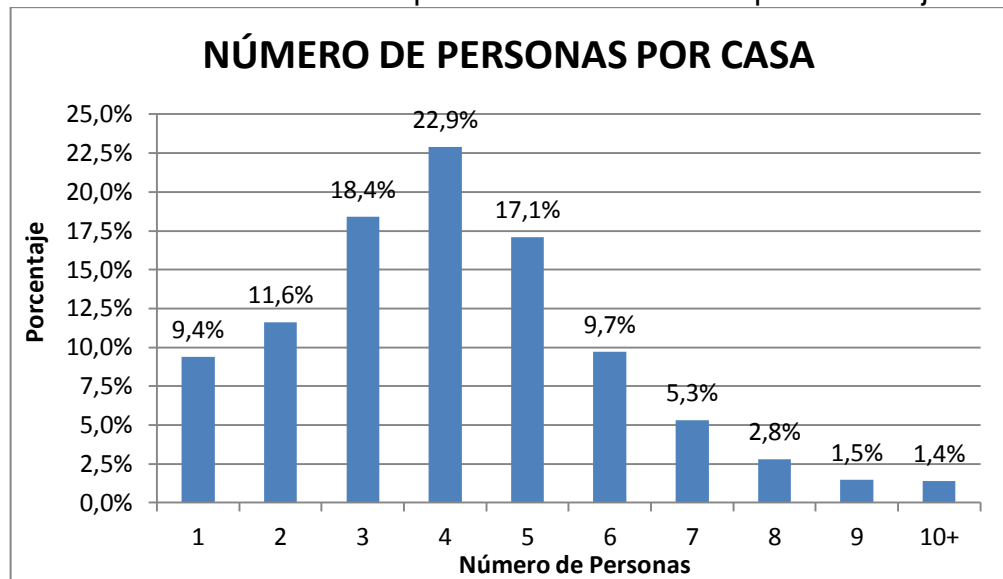
SEXO	No. URBANO	No. RURAL	TOTAL	PORCENTAJE
Hombres	6.872	11.045	17.917	51,72
Mujeres	7.069	9.660	16.729	48,28
Total	13.914	20.705	34.646	100,00

Fuente. PIU Lebrija año 2011-2015

Como se observa en la gráfica 3 los núcleos familiares se componen principalmente de entre 3 y 5 personas, estos representan el 57,4% de los

hogares de la población, componiéndose principalmente de dos padres y entre uno a tres hijos.

Gráfica 3. Distribución poblacional en el municipio de Lebrija



Fuente. PIU Lebrija año 2011-2015

3.4 CORREGIMIENTO DE PORTUGAL

Figura 6. Corregimiento de Portugal



Es el corregimiento más grande del municipio de Lebrija, cuenta con una población fija de aproximadamente 600 personas y una población flotante de 250. En el último plan de desarrollo se le concedieron 1,33 hectáreas de expansión urbana debido al constante crecimiento poblacional que ha presentado en los últimos años.

El centro poblado de Portugal ha adquirido en los últimos 10 años un gran impulso por el establecimiento del Colegio Portugal, que brinda servicio a veredas circunvecinas, fortaleciendo su comercio y oferta de servicios alimentarios. Su tendencia es a ser un gran oferente de servicios turísticos, dada su ubicación, clima y oferta paisajística de sus alrededores [8].

4 ESTUDIO DE MERCADO

Según la CREG en la resolución 011 de 2003 para todo proyecto de distribución de gas a través de redes el horizonte de proyección se define como “el período de tiempo, fijado en 20 años, utilizado para simular el comportamiento de las variables de demanda y gastos de administración, operación y mantenimiento asociados a la utilización de la Inversión Base, en la metodología tarifaria” [9].

4.1 PROYECCIONES DEMOGRÁFICAS

Según el horizonte de proyección el cálculo de la demanda en el corregimiento de Portugal se deberá hacer para un periodo de 20 años, para tal cálculo se debe realizar una proyección probabilística hasta el año 2034, teniendo en cuenta censos e información recolectada mediante encuestas realizadas en la población. La tasa de crecimiento para el periodo 2015-2034 de esta población es del 3%, esta se asume teniendo en cuenta información suministrada por planeación municipal y la secretaria de servicios públicos. Esta proyección poblacional es ligeramente superior a la proyectada para el municipio de Lebrija según información del censo realizado por el DANE en el año 2005, esto se debe a la importancia que ha tenido la implementación del colegio Portugal en las veredas aledañas que trae como consecuencia un aumento en el asentamiento del corregimiento [8].

El promedio de habitantes por vivienda es de 4, este dato es obtenido como resultado de una encuesta realizada en la población, esto permitirá realizar un estimativo de los nuevos posibles puntos y conexiones que se realizarán en la población y la futura demanda de GLP dentro del horizonte de proyección de la población. En la tabla 6 se presenta las proyecciones de la población y vivienda en este corregimiento durante los 20 años.

Tabla 6. Proyección de población y vivienda en el corregimiento de Portugal.

AÑO	POBLACION	RATA DE CRECIMIENTO	PERSONAS POR VIVIENDA	VIVIENDAS
2015	801	3%	4	200
2016	825	3%	4	206
2017	850	3%	4	212
2018	875	3%	4	219
2019	902	3%	4	225
2020	929	3%	4	232
2021	956	3%	4	239
2022	985	3%	4	246
2023	1015	3%	4	254
2024	1045	3%	4	261
2025	1076	3%	4	269
2026	1109	3%	4	277
2027	1142	3%	4	286
2028	1176	3%	4	294
2029	1212	3%	4	303
2030	1248	3%	4	312
2031	1285	3%	4	321
2032	1324	3%	4	331
2033	1364	3%	4	341
2034	1405	3%	4	351

4.2 ESTUDIO SOCIO ECONÓMICO

Con este proceso se pretende recolectar y cotejar información socioeconómica de la población, y determinar el posible consumo de gas de la población, su poder adquisitivo, fuentes de energía usadas y tipo de vivienda. Con los datos obtenidos se podrá determinar el mercado existente dentro de la población para la implementación de una red de gas licuado de petróleo.

El proceso de recolección de la información se realizara por medio de una encuesta personal casa a casa debido al tamaño de la población y características de esta. La encuesta tendrá la información necesaria para la determinación de la proyección de la demanda en los municipios de áreas no exclusivas lo cuales se especifican en el anexo 5 de la resolución CREG 011 del 2003 [9].

4.2.1 Diseño de la Encuesta

El tamaño de la muestra se calculó con un error estándar relativo esperado del 1%, un nivel de confiabilidad del 95%, la muestra se focalizo en el número de viviendas que se encuentran en la población, teniendo encuentra la totalidad de la población.

Como consecuencia del pequeño tamaño de la población se hace necesario que tenga una gran aceptación para que de este modo el proyecto sea viable, es por esto que se espera una aceptación del 99%, con estos datos se aplicará la ecuación de tamaño de muestra para una población definida y así determinar la cantidad de encuestas a realizar [10].

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (p-1)}{(N-1) * e^2 + Z^2 * p * (p-1)} \quad (4.1)$$

Dónde:

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la Población N= 200

Z: Nivel de confianza 90% Z=1,645

95% Z=1,96

99% Z=1,575

e: Margen de error máximo e=1%

p: Probabilidad a favor p=99%

Al resolver la ecuación se obtiene que el tamaño de la muestra es de 131 encuestas, las cuales se deberán realizar en el corregimiento de Portugal dentro del casco urbano de la población, que es donde se ubica el mercado del proyecto.

4.2.1.1 Método de muestreo

Para la selección de la muestra de las 131 viviendas se hará aleatoriamente en todo el corregimiento de Portugal, este proceso se realizara durante el trabajo en campo y no una selección con anterioridad para evitar y corregir problemas que se puedan presentar durante las encuestas como la no presencia de ningún habitante en la vivienda.

4.2.2 Resultados de la encuesta

4.2.2.1 Estrato Socioeconómico

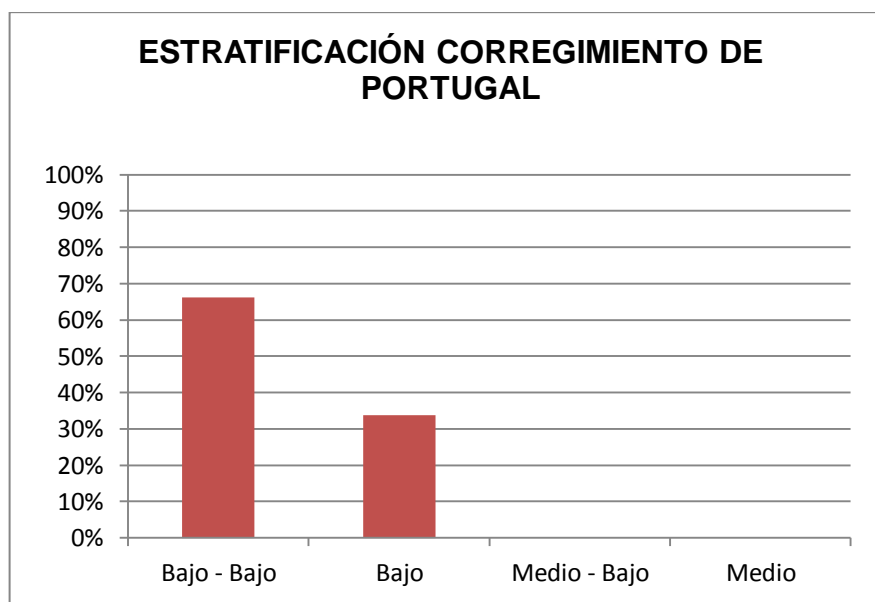
La determinación del estrato socioeconómico es clave en la implementación de servicios públicos debido a que este es un referente para identificar la cantidad de recursos con los cuáles cuenta la vivienda, además los de menores recursos en Colombia cuentan con subsidios en el pago de servicios públicos. En la tabla 7 se pueden observar los resultados de la encuesta.

Tabla 7. Estratificación corregimiento de Portugal.

ESTRATIFICACION		CANT ENCUESTADOS	PORCENTAJE
1	Bajo - Bajo	87	66%
2	Bajo	44	34%
3	Medio - Bajo	0	0%
4	Medio	0	0%
TOTALES		131	100%

Se puede observar en la gráfica 4 que el 34% de la población encuestada pertenece a viviendas con recursos bajo (estrato 2) y el 66% bajo-bajo (estrato 1) lo que representa el 100% de las viviendas. Esto implica que la totalidad de la población será beneficiaria de subsidios en los servicios públicos debido a su bajo nivel de ingresos.

Gráfica 4. Estratificación porcentual del corregimiento de Portugal.



4.2.2.2 Tipo de residencia

Se idéntico el tipo de actividad en cada una de las viviendas encuestadas y así determinar el tipo de uso doméstico o comercial que tiene el gas en el corregimiento.

Como se puede observar en la tabla 8 el 99,2% de las viviendas encuestadas funcionan como hogares residenciales donde el uso del gas es simplemente para la cocción de alimentos y necesidades básicas, mientras que el sector comercial solo es el 0,8% donde el uso de gas es para la venta de alimentos.

Las demás actividades comerciales desarrolladas en el corregimiento no son significativas en el estudio, debido a que el suministro de gas no tiene ningún tipo de función como lo son las tiendas la cual se encarga de la venta de víveres y bebidas y actividades agropecuarias.

Tabla 8. Tipo de actividad en la vivienda.

TIPO DE VIVIENDA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Residencial	130	99,2
Industrial / Comercial	1	0,8
TOTALES	131	100

4.2.2.3 Tipo de combustible usado

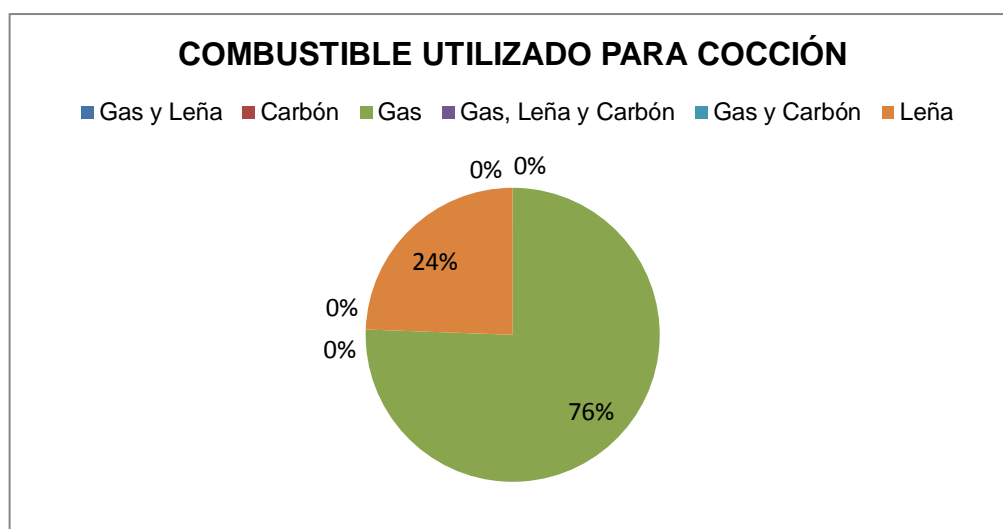
La utilización de biomasa como leña o carbón es un sustituto común de combustibles cuando no se tiene un fácil acceso a otras fuentes de energía, el uso de cilindros de GLP ha venido reemplazando el uso de biomasa debido a que permite un fácil transporte y una combustión más limpia.

Tabla 9. Tipo de combustible utilizado.

COMBUSTIBLE UTILIZADO PARA COCCION	CANTIDAD	PORCENTAJE
Utilización Gas y Leña Simultáneamente	0	0%
Utilización Carbón	0	0%
Utilización solo Gas	99	76%
Utilización Gas, Leña y Carbón	0	0%
Utilización Gas y Carbón	0	0%
Utilización solo Leña	32	24%
TOTALES	131	100%

Como se puede observar en la tabla 9 en el corregimiento de Portugal, las viviendas optan por el uso de solo una fuente de energía bien sea la utilización de leña o gas, esto debido a que las nuevas viviendas no construyen estufas para leña y quienes se cambiaron del uso leña a gas proceden a retirarlas debido al gran espacio que utilizan. El carbón no es utilizado consecuencia del alto costo en la zona comparado con la leña.

Gráfica 5. Tipo de combustible para la cocción utilizado en el corregimiento de Portugal.



La gráfica 5 muestra como el 76% de la población ya utiliza el GLP para la cocción, la gran aceptación de este se debe a su practicidad para el encendido y cocción, su menor daño ambiental y a la salud. El suministro de este es mediante cilindros. El 24% restante de la población utiliza leña debido a que esta la pueden conseguir gratis o a bajo costo en las zonas aledañas y porque el servicio de gas en cilindros les parece muy costoso, debido a su bajo nivel de ingresos.

4.2.2.4 Tipo de cilindro utilizado y frecuencia de cambio

Teniendo en cuenta las personas que utilizan el gas en cilindros se preguntó sobre qué tipo de cilindro utilizaban y cuanto era el tiempo de uso promedio para estos. Como se puede observar en la tabla 10 el cilindro más utilizado en las viviendas encuestadas es el de 33 libras llegando a un 100%, esto debido al precio del cilindro que es el más accesible comparado con las otras presentaciones.

Tabla 10. Tipo de combustible utilizado.

TIPO DE CILINDRO UTILIZADO		
CILINDRO	CANTIDAD	PORCENTAJE
10 libras	0	0%
33 libras	99	100%
77 libras	0	0%
100 libras	0	0%
Total	99	100%

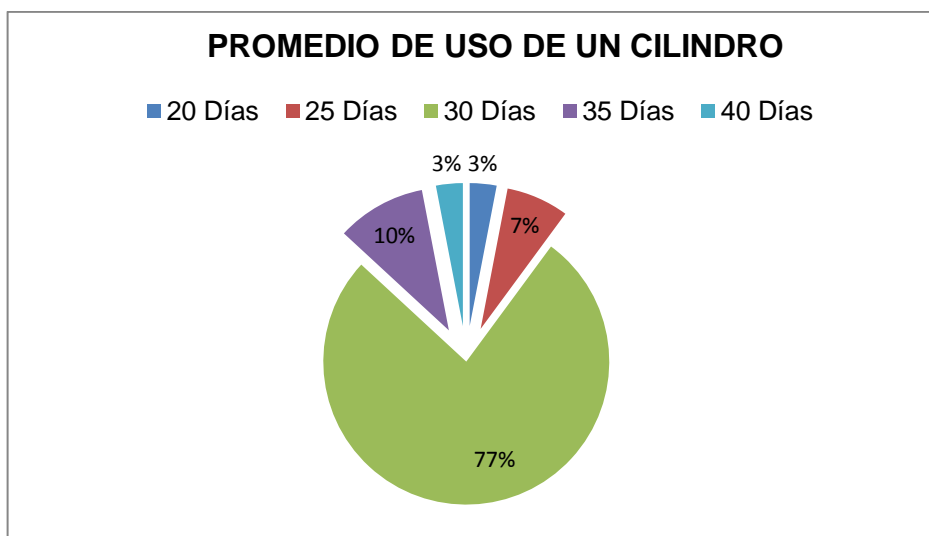
También se preguntó del tiempo promedio de uso de un cilindro antes de que se haga necesario el cambio, como se observa en la tabla 11, 76 de las viviendas encuestadas respondieron que el tiempo promedio es de 30 días, y en ocasiones se ven sin este servicio debido a que el camión que los reparte no pasa todos los días.

Tabla 11. Tiempo promedio de uso de los cilindros.

PROMEDIO DE USO DE UN CILINDRO		
DÍAS	CANTIDAD	PORCENTAJE
20 días	3	3%
25 días	7	7%
30 días	76	77%
35 días	10	10%
40 días	3	3%
Total	99	100%

En la gráfica 6 se observa que solo en un 10% y 13% el cilindro de 33 libras dura menos y más de treinta días respectivamente, esta variación en el consumo se debe principalmente a la cantidad de personas que viven en la casa que hace que se tenga que cocinar más o menos.

Gráfica 6. Duración promedio del cilindro.



4.2.2.5 Interés de compra del GLP por Red Domiciliaria

En la encuesta también se determinó el interés real de las personas en instalar GLP por red domiciliaria en sus viviendas, como se observa en la tabla 12 el 100% de los encuestados demostraron un interés real en la adquisición de este servicio.

Tabla 12. Interés en la adquisición del servicio de gas por red domiciliario.

INTERES DE ADQUISICION DE GLP POR REDES		
PREFERENCIA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Si	131	100%
No	0	0%
Total	131	100%

El gran interés en este servicio se debe principalmente a los beneficios económicos que este representa, ya que al ser estratos 1 y 2 obtendrán subsidios los cual es una disminución en el gasto mensual destinado a la compra del cilindro de gas.

4.3 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE GLP POR REDES Y GLP EN CILINDRO

Para el análisis comparativo se utilizó el cilindro de 33 libras el cual es el utilizado en las viviendas del corregimiento, estos cilindros tienen un promedio de uso de 30 días, este consumo mensual se comparara con el suministrado equivalente en metros cúbicos por redes de gas para una familia promedio de 4 personas.

Para el cálculo del valor por cilindro de 33 libras se utilizara un valor promedio de los últimos meses de \$42.000 pesos, el contenido del cilindro equivale a 7,26 metros cúbicos. Por lo tanto el consumo promedio mensual de una familia estrato

1 o 2 será de \$42.000 pesos mensuales, cabe aclarar que en algunas ocasiones un cilindro mensual no alcanza a suplir toda la demanda.

Los valores a comparar serán según las tarifas que tiene la empresa HEGA S.A. E.S.P. en el municipio de puerto Wilches en el cual presta el servicio de suministro de GLP por red domiciliaria en el sector rural según Resolución CREG 077 de 2011.

Como se puede observar en la tabla 13 el ahorro mensual para los estratos 1 y 2 es mayor del 50% para ambos casos, esto debido a los subsidios en los servicios públicos por parte del gobierno y a unos menores costos cuando el GLP es distribuido por red domiciliaria. El ahorro anual de las viviendas es de \$322.092 y \$285.708 para los estratos 1 y 2 respectivamente lo que representa casi la mitad del ingreso mensual de una familia, además al ser el suministro por red domiciliaria un proceso continuo garantizara a los habitantes del sector que no van a tener interrupciones en el servicio y no dependerán para el cambio que el prestador del servicio vaya a la zona para hacer la distribución [11].

Tabla 13. Comparación de costos entre GLP por cilindros y red domiciliario.

DESCRIPCIÓN	CILINDRO		RED DOMICILIARIA GLP	
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 1	Estrato 2
Capacidad	33 libras	33 libras	7,26 m3	7,26 m3
Costo Unidad	\$ 42.000	\$ 42.000	\$ 4.176	\$ 4.176
Subsidio	0%	0%	50%	40%
Costo Neto	\$ 42.000	\$ 42.000	\$ 2.088	\$ 2.506
Costo Mensual	\$ 42.000	\$ 42.000	\$ 15.159	\$ 18.191
<i>Ahorro Mensual</i>	\$ -	\$ -	\$ 26.841	\$ 23.809
<i>% Ahorro Mensual</i>	0%	0%	64%	57%
<i>Ahorro Anual</i>	\$ -	\$ -	\$ 322.092	\$ 285.708

4.4 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE GAS

La demanda de gas para el corregimiento de Portugal se hará teniendo en cuenta el horizonte de proyección del proyecto, el crecimiento anual de la población y la demanda promedio por vivienda.

Tabla 14. Total de conexiones de nuevas conexiones por año.

AÑO	USUARIOS POTENCIALES	USUARIOS TOTALES	CONEXIONES POR AÑO	CONEXIONES TOTALES	COBERTURA
1	200	200	200	200	100%
2	6	206	6	206	100%
3	6	212	6	212	100%
4	7	219	7	219	100%
5	6	225	6	225	100%
6	7	232	7	232	100%
7	7	239	7	239	100%
8	7	246	7	246	100%
9	8	254	8	254	100%
10	7	261	7	261	100%
11	8	269	8	269	100%
12	8	277	8	277	100%
13	9	286	9	286	100%
14	8	294	8	294	100%
15	9	303	9	303	100%
16	9	312	9	312	100%
17	9	321	9	321	100%
18	10	331	10	331	100%
19	10	341	10	341	100%
20	10	351	10	351	100%

En la tabla 14 se puede observar el total de las conexiones por año y el crecimiento potencial a lo largo de 20 años, el potencial de nuevos usuarios se hace teniendo en cuenta el crecimiento promedio de la población usando 4

habitantes por vivienda. Además con la red domiciliaria instalada se espera lograr una cobertura del 100%.

Tabla 15. Conexiones por estratificación

NÚMERO DE CONEXIONES ACUMULADAS POR AÑO				
AÑO	ESTRATO 1	ESTRATO 2	COMERCIAL	TOTAL
1	131	67	2	200
2	135	69	2	206
3	139	71	2	212
4	144	73	2	219
5	148	75	2	225
6	152	78	2	232
7	157	80	2	239
8	162	82	2	246
9	167	85	2	254
10	171	88	2	261
11	177	90	2	269
12	182	93	2	277
13	188	96	2	286
14	193	99	2	294
15	199	102	2	303
16	205	105	2	312
17	211	108	3	321
18	217	111	3	331
19	224	114	3	341
20	231	118	3	351

La tabla 15 muestra la cantidad de conexiones que se harán según el estrato de la vivienda y la actividad económica, se puede observar cómo según las

estimaciones el sector comercial aumenta solo transcurrido diecisiete años, mientras las viviendas principalmente las de estrato 1 alcanzan un aumento significativo dentro de la demanda.

Tabla 16. Demanda de gas esperada durante los 20 años

CONSUMO EN M³ POR AÑO				
AÑO	ESTRATO 1	ESTRATO 2	COMERCIAL	TOTAL
1	11442,41	5842,20	139,39	17424
2	11785,68	6017,46	143,57	17947
3	12128,96	6192,73	147,76	18469
4	12529,44	6397,21	152,63	19079
5	12872,71	6572,47	156,82	19602
6	13273,20	6776,95	161,69	20212
7	13673,68	6981,43	166,57	20822
8	14074,16	7185,90	171,45	21432
9	14531,86	7419,59	177,03	22128
10	14932,35	7624,07	181,91	22738
11	15390,04	7857,76	187,48	23435
12	15847,74	8091,44	193,06	24132
13	16362,65	8354,34	199,33	24916
14	16820,34	8588,03	204,91	25613
15	17335,25	8850,93	211,18	26397
16	17850,16	9113,83	217,45	27181
17	18365,07	9376,73	223,72	27966
18	18937,19	9668,84	230,69	28837
19	19509,31	9960,95	237,66	29708
20	20081,43	10253,06	244,63	30579

Es importante conocer la demanda a lo largo de los veinte años para poder garantizar que si se tiene la capacidad de suplir la demanda en un 100% y no haya una interrupción en el servicio. En la tabla 16 se hace una proyección de la demanda esperada en los diferentes sectores socioeconómicos del corregimiento, observando que la demanda de gas casi se duplica a lo largo de los veinte años, por lo cual el diseño se debe hacer teniendo en cuenta la futura demanda.

5 FUNDAMENTO MATEMÁTICO

Para poder determinar correctamente las condiciones de flujo a lo largo de la red es necesario elegir un adecuado modelo matemático que se ajuste a las condiciones de diseño, como lo es el flujo para bajas presiones y diámetros pequeños.

5.1 FLUJO EN UNA TUBERIA

Uno de los primeros autores determinar el flujo de gas a lo largo de una tubería fue Tomas R. Weymouth, este se basó en datos experimentales para la determinar la ecuación de flujo y el diámetro requerido en una tubería de gas. Diferentes estudios y técnicas de medición han propuesto una serie de modificaciones a esta ecuación para mejorar su exactitud, estas modificaciones han tenido una gran acogida en la industria del gas [12].

Jhonson y Beward propusieron una ecuación de flujo la cual es de uso común, esta fue basada en un balance de energía a lo largo de una tubería.

$$Q_h = (1,6156) \frac{T_b}{P_b} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) * d^5}{\gamma * T_f * L * f}} \quad (5.1)$$

Dónde:

Q_h : tasa de flujo, pies cúbicos por hora a T_b y P_b .

T_b : temperatura base o de contrato (°R) normalmente a 520 °R.

P_b : presión base o de contrato, lpca.

P_1 : presión de entrada al sistema considerado, lpca.

P_2 : presión de salida del sistema, lpca.

γ : gravedad específica del gas (aire = 1,0).

d: diámetro interno de la tubería, en pulgadas.

T_f : temperatura promedio del gas en el sistema en condiciones de flujo, (°R).

L: Longitud de la tubería, millas.

f: coeficiente de fricción.

G.G. Wilson ha basándose en la primera ley de la termodinámica, dedujo una ecuación la cual incluye un promedio del factor de compresibilidad del gas (Z_p):

$$Q_h = C * \frac{T_b}{P_b} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) * d^5}{\gamma * T_f * L * Z_p}} * \sqrt{\frac{1}{f}} \quad (5.2)$$

Donde el valor de $(1/f)^{1/2}$ se denomina factor de transmisión.

Distintas relaciones se han desarrollado por diferentes autores pero estas se pueden clasificar en cuatro principales modificaciones:

a) Aquellas donde el coeficiente de fricción es una constante numérica:

Rix:	$(1/f)^{1/2} =$	14,72
Pole:	Diámetro	$(1/f)^{1/2}$
	3/4" 1"	9,56
	1 1/4" 1 1/2"	10,50
	2"	11,47
	3"	12,43
	4" y mayores	12,90

b) Aquellas donde el coeficiente de fricción es una función del diámetro interno de la tubería (d):

Spitzglass:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = \sqrt{\frac{354}{1 + \frac{3,6}{d} + (0,03)d}} \quad (5.4)$$

Weymouth:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = (11,19)d^{1/6} \quad (5.5)$$

Unwin:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = \sqrt{\frac{227}{1 + \frac{12}{(7)d}}} \quad (5.6)$$

Oliphant:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 13,0 + (0,433)\sqrt{d} \quad (5.7)$$

- c) Un número de ecuaciones cuyo coeficientes de fricción es una función del número de Reynolds (Re)

Pandhandle

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = (6,872)R_e^{0,0730} \quad (5.8)$$

Nueva Panhandle:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = (16,49)R_e^{0,01961} \quad (5.9)$$

Blasius:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = (3,56)R_e^{0,125} \quad (5.10)$$

Müller:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = (3,35)R_e^{0,130} \quad (5.11)$$

Less:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = \sqrt{\frac{R_e^{0,35}}{(0,0018)R_e^{0,35} + 0,153}} \quad (5.12)$$

- d) Aquellas donde el coeficiente de fricción es una función del número de Reynolds y del diámetro interno de la tubería:

Fritzsche:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = (5,145)(R_e * d)^{0,071} \quad (5.13)$$

5.2 REDES DE GAS

A diferencia del cálculo de la caída de presión en una tubería que requiere la aplicación de una única ecuación de flujo, en un sistema de distribución la mayor parte de las tuberías están interconectadas formando una red, como consecuencia de la interconexión el gas puede fluir desde la fuente hasta los nodos de consumo, por diferentes vías y a diferentes tasas de flujo. Por eso, cuando se habla de resolver una red, se requiere especificar el cálculo del caudal en cada tramo y la presión en cada nodo.

Existen diversos tipos de inconvenientes que pueden exigir el análisis riguroso de una red:

- Desarrollo de planes para reforzar una red existente para la distribución de gas.
- Determinación del efecto de nuevas tasas de flujo agregada a un sistema de distribución en operación.
- Estudio del efecto de válvulas y reguladores de presión en tuberías existentes.

- Tendido y cálculo de diámetros de ductos para una nueva distribución.

La compleja red que forma un sistema de distribución origina por si sola un maravilloso problema de análisis de flujo. El gas puede introducirse al conjunto de varios puntos: estaciones de compresión a la entrada de una ciudad; planta de almacenamiento para satisfacer la demanda pico o desde las facilidades de almacenamiento de la instalación. La complejidad de los cálculos implícitos en una red de gas dificultan su diseño y las posibilidades de predecir su comportamiento futuro.

Algunos de los métodos más usados se presentan a continuación:

5.2.1 Método de Hardy Cross

El fundamento matemático de la mayoría de métodos de cálculo utilizados en las redes de gas tienen su base en la teoría de Hardy Cross que, a su vez, proviene de una aplicación directa de las leyes de Kirchoff, las cuales establecen lo siguiente:

- En todo nodo, la sumatoria algebraica de los flujos que entran y salen es igual cero.
- En todo circuito cerrado o red, la suma total de las pérdidas de carga es igual a cero.

La pérdida total de carga (h) para una cierta longitud de tubería (L) y una pérdida unitaria de carga (α) es igual a:

$$h = \alpha * L * Q^n \quad (5.14)$$

donde la resistencia de la tubería (r) es:

$$r = \alpha * L$$

y, por lo tanto:

$$h = r * Q^n$$

Dependiendo de la ecuación que seleccione, el exponente n varía entre 1,75 y 2. El procedimiento para cerrar redes de gas se basa en el cálculo de un ajuste (ΔQ_0) para el caudal de flujo (Q_0) previamente asignado, de tal manera que la nueva tasa de flujo, en el tramo referido será:

$$Q_n = Q_0 + \Delta Q_0 \quad (5.15)$$

Dónde:

Q_n *Caudal corregido*
 ΔQ_0 *Es la corrección*
 Q_0 *Es el caudal original asignado al tramo*

El término ΔQ_0 , es calculado mediante el balance de flujo de un sistema de una red de gas, en esta cada nodo debe cumplir con las leyes propuestas por Kirchoff. Donde:

$$\Delta Q_0 = - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Q_i^2 * L_i}{K_i^2}}{(2) \sum_{i=1}^n \frac{Q_i^2 * L_i}{K_i^2}} \quad (5.16)$$

5.2.2 Método de Renouar

Este método supone que al igual que Hardy Cross que la perdida de la carga depende de la resistencia pero además de la cantidad de tuberías de la red como se muestra en la ecuación.

$$h = r * Q^n \quad (5.17)$$

$$h' = n * r * Q^{n-1} \quad (5.18)$$

Pudiéndose reducir la sumatoria de las pérdidas de cargas como se muestra en la ecuación, dándole así cumplimiento a la segunda ley de Kirchoff

$$0 = \sum_{i=1}^n h + \Delta Q_0 \sum_{i=1}^n h' \quad (5.19)$$

siendo:

$$h = (\Delta P^2) = K^{-2} * Q^2 * L \quad (5.20)$$

$$h' = (2) * K^{-2} * Q * L \quad (5.21)$$

y para una red reducida a un sistema equivalente:

$$h = Q_i^2 * L_i$$

$$h = (2) * Q_i * L_i$$

de donde, sustituyendo en la ecuación 5-44 y despejando, resulta:

$$\Delta Q_0 * \sum_{i=1}^n Q_i * L_i = - \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^2 * L_i}{2} \quad (5.22)$$

Renouard considera que $\Delta Q_0 = X_i$ y lo aplica a mallas colindantes, por lo cual:

$$X_i (\sum_{i=1}^n Q_i * L_i) - X_j (\sum_{j=1}^n Q_j * L_j) = - \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^2 * L_i}{2} \quad (5.23)$$

Donde X_i es la corrección de flujo (ΔQ_0) para una malla i y X_j , en el ajuste de la malla colindante j . Este procedimiento lleva al establecimiento de un sistema de tantas ecuaciones como mallas existan en la red, cuya solución entrega, de una sola vez, los ajustes del caudal para cada uno de los tramos. En la sección común el ajuste del caudal se hace corrigiendo con las diferencias de los ΔQ_0 entre el valor de la malla respectiva y la adyacente.

5.2.3 Método de Desmallaje Simplificado

El método de desmallaje simplificado reduce el número de mallas en la red, y en el ejemplo específico, a una sola malla. Consiste en eliminar los tramos intermedios y distribuir el flujo de cada tramo cortado, hacia los respectivos nodos de alimentación; de tal manera que la solución se simplifique. Luego se trabaja el sistema hasta obtener un valor despreciable de ΔQ_0 (menor que la tercera cifra decimal o 0,009). Para ello se emplea la misma ecuación de Hardy Cross.

$$\Delta Q_0 = - \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^2 * L_i}{(2) \sum_{i=1}^n Q_i * L_i} \quad (5.24)$$

5.2.4 Método de solución de redes por ensayo y error

Durante cierto tiempo este fue el único método utilizado, haciendo que este varíe de persona a persona según su utilización, sin embargo todos deben seguir ciertas pautas en su procedimiento como:

- a) Asignar las tasas de flujo en todas las secciones de la tubería, lo cual debe satisfacer en cada nodo la primera ley de Kirchoff. En grandes redes, el procedimiento consiste en estudiar la zona irrigada por la fuente y trabajar desde el perímetro de cada área de invasión de una determinada fuente, hacia esta.
- b) Calcular las pérdidas de presión en las diferentes secciones de tubería, utilizando la ecuación de flujo.
- c) Sumar pérdidas de presión en cada malla, a lo largo de las secciones continuas de tubería que unen dos fuentes, los valores de estas sumas se verifican luego con la segunda ley de Kirchoff.
- d) Modificar las tasas de flujo asignadas en el paso a) tratando de lograr c). Repetir b, c y d.

continúan las modificaciones en las tasas de flujo, hasta que las pérdidas de presión satisfagan la segunda ley de Kirchoff dentro de una tolerancia aceptable. Este procedimiento de ensayo y error es muy tedioso y los errores son difíciles de evitar. Todavía se usa en soluciones manuales de problemas de flujo.

Un analista experimentado difícilmente puede resolver una red por ensayo y error, pero trabaja el problema solamente hasta obtener suficientes detalles y establecer el diámetro de tubería adecuado para una determinada carga. Se empieza balanceando las cargas entre las fuentes hasta satisfacer aproximadamente la segunda ley de Kirchoff. Luego se investigan los tramos de tubería que tienen mayores pérdidas de presión y se corrigen, tratando de satisfacer la segunda ley de Kirchoff en estas áreas.

En la tabla 17 se pueden observar los distintos métodos y las mejores formas de aplicación de los mismos, esto permite identificar para cada caso con cual se obtiene el mejor resultado. Se puede identificar como el mejor método de aplicación para la instalación de la red domiciliaria en el corregimiento de Portugal es el método de Müller que tiene buenos resultados para diámetros menores a 2" y tubería plástica.

Tabla 17. Guía de selección para seleccionar la mejor ecuación según el caso

REDES DE DISTRIBUCIÓN		
MEDIA Y ALTA PRESIÓN	WEYMOUTH	Recomendada para diámetros entre 2" < D < 16" con flujos completamente turbulentos
	PANHANDLE	Recomendada para diámetros mayores a 12" y número de Reynolds $4 \times 10^6 < Re < 40 \times 10^6$. Para altas temperaturas es bueno con $Re > 300.000$
BAJA PRESIÓN	OLIPHANT	Recomendada para $P < 35 \text{ lpcm}$
	SPITGLASS	Recomendada $D < 12"$
	POLE	Recomendada $D < 4"$
	MUELLER	Muy buena para derivaciones de servicio, diámetros pequeños, tuberías de cobre, aluminio o plásticas. Normalmente se usa con $D < 2"$ y presiones bajas

Fuente. Cálculo de tuberías y redes de gas. Marcías J. Martínez. Modificada por el autor

6 DISEÑO DE RED DOMICILIARIA

Infraestructura requerida para la distribución de GLP

El GLP es comúnmente distribuido en cilindros o bombonas los cuales son transportados a las viviendas por medio de carros y camiones, para ser conectados directamente a los gasodomésticos, en el caso de una red domiciliaria el procedimiento varia debido a que no el GLP no es almacenado en cilindros para el transporte hasta las viviendas, si no que el gas será inyectado a un tanque almacenador, distribuido a los hogares mediante una estación reguladora y llevada a los hogares por una red de tubería.

La configuración más básica de una red de gas consta de:

Tanque de almacenamiento estacionario. Tiene como función recibir el gas entregado por el camión transportador, almacenar el GLP a granel, manteniendo condiciones de almacenamiento para ser distribuido por la red de gas y suministrarlo a la estación de regulación o red distribución. Para la construcción de estos se debe cumplir con las especificaciones técnicas ASME y NTC 3853.

Redes de distribución. Estas se encargaran de llevar el gas de los tanques a las viviendas, en su diseño hay que tener en cuenta que todos los usuarios cuenten con el servicio aun en las horas de mayor demanda del servicio.

6.1 TRANSPORTE DEL GLP

El GLP es producido en la refinería de Barrancabermeja mediante destilación catalítica y fraccionada del crudo. El transporte se realizara desde la refinería hasta el corregimiento de Portugal por medio de camiones cisternas debidamente

certificados para la movilidad de este tipo de combustibles, para disponerlos en los tanques estacionarios que alimentaran la red de gas.

6.2 REDES DE DISTRIBUCION

Para el diseño de las redes domiciliarias en Colombia hay que tener en cuenta la norma NTC-2505, en esta específica pautas y procedimientos para garantizar el continuo suministro de gas a todos los usuarios y las condiciones óptimas de seguridad de la red. La geografía y demanda son uno de los factores relevantes en el diseño.

6.2.1 Geografía del proyecto

En esta fase se recopilaran mapas y planos municipales que permitan identificar zonas de protección ambiental, zonas de alto riesgo, pasos elevados, vías y distribución de las viviendas en el corregimiento. Esta información permitirá conocer a detalles los pormenores de la geografía del corregimiento de Portugal y así poder realizar los posibles trazados de la red.

6.2.2 Redes de distribución

Esta se diseñara con tubería de polietileno de densidad media (PE-80) cuyos diámetros varían según la función a cumplir, la troncal se diseñara con un diámetro de 2", la subtroncal con un diámetro de 1" y los anillos de distribución con 1/2". Esta tubería tendrá que pasar por las vías y los andenes para poder conectarse a las viviendas.

6.3 DEFINICION DE VARIABLES

Para el diseño de la red se utilizó el Software Integrado de Gas (SIG), que junto con la ecuación de Müller, requieren una serie de variables que serán definidas a continuación [13] [14]:

6.3.1 Presión de Red

La presión de operación de la red está limitada por el tipo de tubería a utilizar y el tipo de fluido que se va a transportar. Para nuestro caso de estudio el fluido a transportar es GLP en tubería de polietileno de media densidad – PE80, por lo cual las presiones son:

- Presión mínima de operación: 15 psig

- Presión máxima de operación: 21 psig

6.3.2 Temperatura de flujo.

Para la determinación de la temperatura de diseño de la red habrá que tener en cuenta la temperatura promedio del corregimiento de Portugal, ya que cambios en la temperatura pueden llevar a un aumento o disminución de la temperatura. La temperatura de diseño para esta red es de 26°C (78,8°F). La temperatura base o estándar para el sistema es de 60°F (15.56°C).

6.3.3 Gravedad específica.

La gravedad específica se define como la relación entre el peso molecular de un gas y el aire. En el caso del GLP esta varía ya que depende de las concentraciones de los distintos componentes de este. En Colombia no existe una estandarización en la producción de GLP, es por esto que la composición puede variar mucho, pero para nuestro caso de estudio se asume una gravedad específica de 1,93 teniendo en cuenta la composición reportada por Ecopetrol (2013) para la refinería de Barrancabermeja. Composición [1]:

C1 y C2: 1%

C3: 20%

C4: 78%

C5+: 1%

6.3.4 Eficiencia de flujo

Permite establecer las limitaciones del sistema como consecuencia de los materiales y estado con los cuales se construye. La eficiencia de flujo está

directamente relacionada con la rugosidad de la tubería y su medida en una escala de 0 a 1. Para el diseño del caso de estudio se utilizó una tubería de polietileno (PE-80) es de 0,98.

6.3.5 Factor de simultaneidad

Para un grupo de instalaciones es la relación entre la máxima demanda coincidente (máxima demanda simultánea) del grupo y la suma de las máximas demandas de las instalaciones individuales.

Para determinar los Factores de Coincidencia experimentalmente es necesario obtener información sobre la demanda individual de las instalaciones en un período razonable, con el fin de conocer las demandas máximas individuales de las instalaciones y la demanda máxima del grupo de instalaciones.

6.3.6 Factor de demanda

Es la relación de la máxima demanda coincidente del grupo y la suma de todas las cargas conectadas (suma de las potencias de todos los artefactos a gas conectados por cada una de las instalaciones).

Como se puede concluir de las definiciones anteriores, es mucho más fácil de obtener el Factor de Demanda que el de Simultaneidad puesto que la información sobre la demanda sólo se requiere para todo el grupo de instalaciones y la otra información es la correspondiente a los artefactos instalados por los suscriptores y sus correspondientes potencias.

En la tabla 18 se puede observar los factores de demanda para los distintos usuarios.

Tabla 18. Factor de demanda para distinta cantidad de usuarios.

No.	FD	No.	FD	No.	FD
1	1,00	35	0,50	90	0,41
5	0,74	40	0,48	100	0,40
10	0,65	45	0,47	200	0,38
15	0,60	50	0,46	300	0,36
20	0,55	60	0,45	400	0,33
25	0,53	70	0,43	500	0,30
30	0,51	80	0,42	>1000	0,26

Fuente. Guía diseño redes de gas EPM. Modificado por el autor.

6.3.7 Velocidad de gas

La velocidad del gas es el valor del caudal dividido por la sección del conducto. Para evitar ciertos problemas se han establecido unas velocidades máximas permitidas para el gas, según sea la el sitio por el cual transite, estas velocidades son:

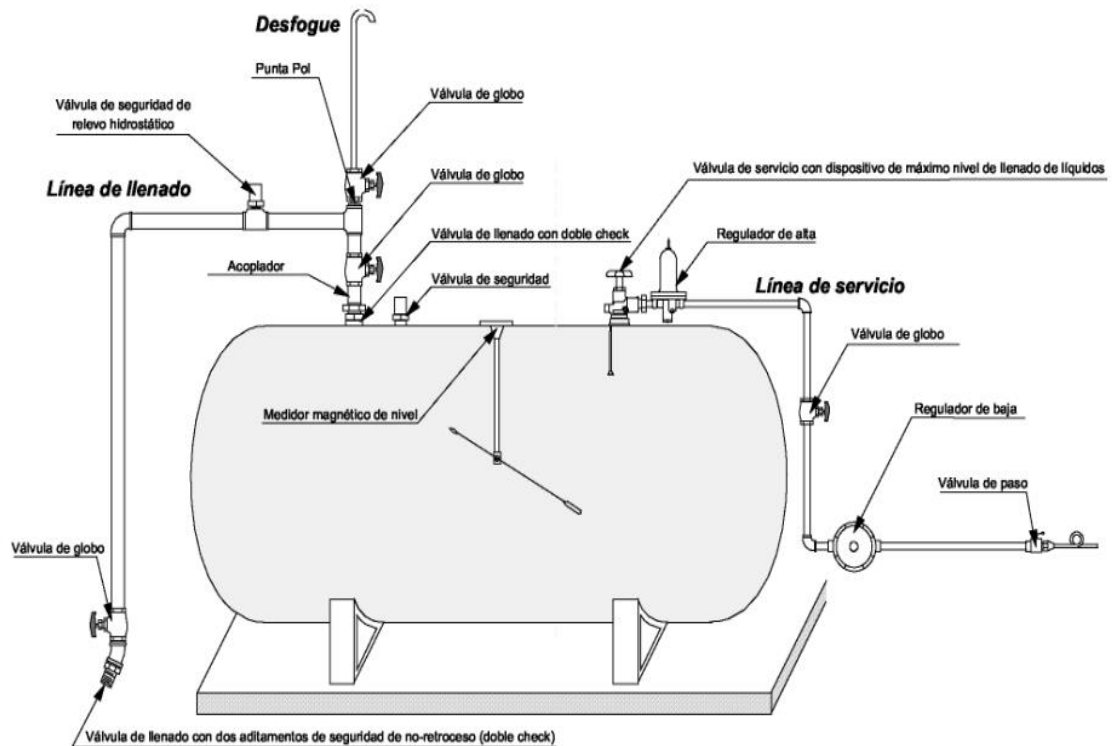
- Red general de distribución, conducciones enterradas: 30 m/s (98,43 ft/s)
- Red general de distribución, conducciones aéreas: 20 m/s (65,62 ft/s)
- Instalación común en edificios e instalación individual: 10 m/s (32,81 ft/s)

Los problemas que se pueden presentar por un exceso de velocidad, son ruido, arrastre de material dentro de la tubería produciendo abrasión de la misma y daño de la tubería por operar a su capacidad limite.

6.4 DISEÑO DE TANQUES

Los tanques para el almacenamiento de GLP se deben construir según NTC 3853 o Código ASME, sección VII, división 1. Los elementos de seguridad y características principales se pueden apreciar en la figura 7.

Figura 7. Instalación típica para tanque de almacenamiento de GLP



Fuente. Hoja de datos de seguridad para sustancias químicas GLP PEMEX

6.4.1 Ubicación

La resolución 80505 de 1997 del Ministerio de Minas y Energía dicta el reglamento técnico al cual debe someterse el almacenamiento, manejo, comercialización mayorista y distribución de Gas Licuado del Petróleo, GLP.

Los tanques estacionarios en superficie y enterrados, deberán colocarse a una distancia mínima entre sí, de edificios y linderos vecinos, de acuerdo con lo indicado en la tabla 19.

Tabla 19. Distancias mínimas a tener en cuenta para la ubicación de los tanques

Capacidad de agua por Tanque Estacionario Metro cubico (gls)	Distancias Mínimas (m)		
	A edificaciones y linderos vecinos		Entre tanques
	Enterrados	Superficiales	
De 0,45 a 1,0 (120 a 250)	3,0	3,0	Ninguna
De 1,01 a 1,9 (251 a 500)	3,0	3,0	1,0
De 1,91 a 7,6 (501 a 2000)	3,0	7,6	1,0
De 7,61 a 15,2 (2001 a 4000)	7,6	7,6	1,0
De 15,21 a 114 (4001 a 30000)	15,0	23	1,5
De 114,01 a 265 (30001 a 70000)	15,0	30	(*)

(*) $\frac{1}{4}$ de la suma de los diámetros de los Tanques Estacionarios adyacentes

Fuente. Res. 80505/97 MME. Modificado autor

El área donde se vaya a ubicar el tanque debe hacerse un estudio del suelo para garantizar la estabilidad de la instalación y la protección contra la corrosión, además su ventilación debe ser natural mediante la disposición en espacios abiertos, siendo prohibida la ventilación a través de edificaciones locales y ductos. Los Tanques Estacionarios en superficie y enterrados, deben ubicarse en el exterior de la edificación y no podrán estar ubicados en los siguientes sitios:

- En el interior de las edificaciones (patios o jardines interiores);
- Debajo de las edificaciones (semisótanos o sótanos).

Teniendo los estándares para la ubicación de los tanques de almacenamiento para la red de gas domiciliario del corregimiento de Portugal, estos se ubicaran en un lote comprado para el proyecto ubicado sobre la vía principal, aproximadamente a 30 metros de la iglesia Dios viviente, con este lote se garantiza cual edificación se encuentra a más de 10 metros de cualquier vivienda alrededor.

6.4.2 Instalaciones

Las instalaciones contarán con una malla alrededor para garantizar la no manipulación por personas ajenas al proyecto, además las bases de los tanques que es el lugar donde van a reposar estos durante toda el horizonte del proyecto, se tiene que garantizar su calidad y asegurarse que cumplan con los estándares para que no presenten daños, por lo tanto estos son fabricados en concreto con acero reforzado, enterrados hasta un 80% del cuerpo para asegurar la estabilidad necesaria.

Para el proyecto se utilizara malla de 2 metros de altura eslabonada para el cerramiento de las instalaciones, además el concreto de las bases será de resistencia de 300 psi.

6.4.3 Dimensionamiento

Para el dimensionamiento de un tanque hay que tener en cuenta la vaporización del tanque, tiempos de recarga y el consumo máximo de la población, esto con el fin de no incurrir con gastos excesivos en el transporte del GLP. Se ha tenido por regla general la recarga del tanque debe hacerse cuando alcanza un nivel de líquido del 30% de su capacidad total, esto con el fin de garantizar el continuo suministro a los usuarios [15].

Para determinar las dimensiones del tanque es necesario calcular la vaporización de este a un 30% de su capacidad total y a la temperatura a la cual va a estar expuesto que es la temperatura ambiente, este nivel se toma con el fin de garantizar que no haya interrupción en el servicio. Para el cálculo de la vaporización se utiliza la siguiente ecuación:

$$H = D \times L \times C \quad (6.1)$$

Donde

$$H = \text{Vaporización [BTU/h]} \qquad D = \text{Diámetro del tanque [in]}$$

$$H = \text{Factor de Vaporización [BTU/in}^2 \times h] \qquad L = \text{Longitud del tanque [in]}$$

Obteniendo la vaporización del tanque se pueden calcular el número de estos que se requieren, partiendo de la demanda máxima del sistema, esto se hace mediante la ecuación:

$$NT = \frac{DMH}{H} \qquad (6.2)$$

Donde

$$NT = \text{Número de tanques} \qquad DMH = \text{Demanda máxima horaria [BTU/h]}$$

Para el cálculo de la demanda máxima horaria se utilizaran los datos del estudio de mercado que se realizó, basándose en un promedio se identificarán las demandas de la red planteada como se observa en la tabla 20, y con la siguiente ecuación se puede determinar la DMH.

$$DMH = NV \times dmh \times FD \qquad (6.3)$$

Donde

$$NV = \text{Número de viviendas} \qquad FD = \text{Factor de demanda}$$

$$dmh = \text{Demanda máxima horaria por vivienda [BTU/h]}$$

Tabla 20. Consumos promedios población de Portugal

	Cantidad viviendas	Consumo [m ³ /mes]	Consumo [m ³ /día]	Consumo [BTU/día]	dmh [BTU/hora]
Usuarios Actuales	200	7,26	0,242	26016,02	7433,15
Usuarios a 20 años	351	7,26	0,242	26016,02	7433,15

Con la tabla 18 se obtiene el factor de demanda que es 0,36 por lo tanto se calcula el DMH.

$$DMH = 351 \times 7433,15 \times 0,36 = 939253 \text{ [BTU/hora]}$$

Debido a que los tanques vienen estandarizados por los fabricantes para el cálculo inicial se tomara un cilindro de 1000 galones el cual tiene de diámetro de 45 in y 190 in de longitud. El valor típico de la constante de vaporización (C) para el GLP es 193.

$$H = 193 \times 45 \times 190 = 1650150 \text{ [BTU/hora]}$$

Calculando el número de tanques se puede comprobar si este es suficiente para cubrir la demanda total:

$$NT = \frac{939253}{1650150} = 0,57$$

El tanque de 1000 galones si cumple con las necesidades del proyecto.

6.4.4 Tiempo de recarga

El tiempo de recarga se calcula en base a la capacidad máxima de llenado del tanque y el consumo promedio diario, el cual debe hacerse al tener un 30% de su capacidad total como se muestra en la ecuación:

$$TR = MLL - 0,3 \times \frac{CT}{CPD} \quad (6.4)$$

Donde

$TR =$ Tiempo de recarga [dias] $CT =$ Capacidad total de los tanques [gal]

$MLL =$ Nivel máximo de llenado $CPD =$ Consumo promedio diario [gal]

Para la composición de GLP del caso de estudio, la gravedad específica en la fase líquida es de 0,597. Con la tabla 21 se obtiene la capacidad máxima de llenado la cual es del 91%

Tabla 21. Volumen máximo permitido de líquido para recipientes superficiales de 0 a 1200 gal

Temperatura de líquido °C	Gravedad Específica						
	0,545 a 0,552	0,553 a 0,560	0,561 a 0,568	0,569 a 0,576	0,577 a 0,584	0,585 a 0,592	0,593 a 0,600
15,6	85	86	86	87	87	88	88
18,3	86	86	87	87	88	88	89
21,1	86	87	87	88	88	89	89
23,9	87	87	88	88	89	89	90
26,7	87	88	88	89	89	90	90
29,4	88	89	89	89	90	90	91
32,2	89	89	90	90	90	91	91
35,0	89	90	90	91	91	91	92
37,8	90	90	91	91	92	92	92

Fuente. Norma Técnica Colombiana 3853

Por lo tanto se puede calcular el tiempo que se requiere para hacer el llenado del tanque.

$$TR = 91 - 0,3 \times \frac{1000}{73,36} = 86,91 \text{ dias}$$

6.5 DISEÑO REDES DE DISTRIBUCIÓN

Para el diseño de la red de distribución de gas se tuvo en cuenta el caudal requerido en cada uno de los nodos, esto con el fin de suplir la demanda futura y garantizar la continuidad del servicio a lo largo de la vida del proyecto. En la tabla 22 se muestra los caudales requeridos para cada nodo y teniendo en cuenta las viviendas proyectadas dentro de 20 años.

Tabla 22. Consumos y flujos por nodo

NODO	VIVIENDAS AÑO 2015	VIVIENDAS A 2034	CONSUMO [m3/mes]	CONSUMO [m3/dia]	CONSUMO [MMPCD]	FLUJO [MMPCD]
1	45	85	617,1	20,57	0,00073	0,00073
2	75	107	776,82	25,894	0,00091	0,00164
3	0	0	0	0	0,00000	0,00164

4	0	0	0	0	0,00000	0,00300
5	0	0	0	0	0,00000	-
6	0	0	0	0	0,00000	0,00136
7	50	85	617,1	20,57	0,00073	0,00073
8	10	19	137,94	4,598	0,00016	0,00063
9	0	0	0	0	0,00000	0,00047
10	30	55	399,3	13,31	0,00047	0,00047
TOTAL	210	351	2548,26	84,942	0,00300	

Con base a los planos cartográficos para el diseño de la red se obtienen las distancias entre los nodos como se observa en la tabla 23.

Tabla 23. Diámetros y longitud de tramos de la red

TRAMO	DISTANCIA		DIAMETRO [in]
	Metros	Millas	
T 1 - 2	60	0,037	1
T 2 - 3	140	0,087	1
T 3 - 4	200	0,124	2
T 4 - 5	15	0,009	2
T 4 - 6	40	0,025	2
T 6 - 7	90	0,056	1
T 6 - 8	120	0,075	2
T 8 - 9	95	0,059	2
T 9 - 10	80	0,050	1

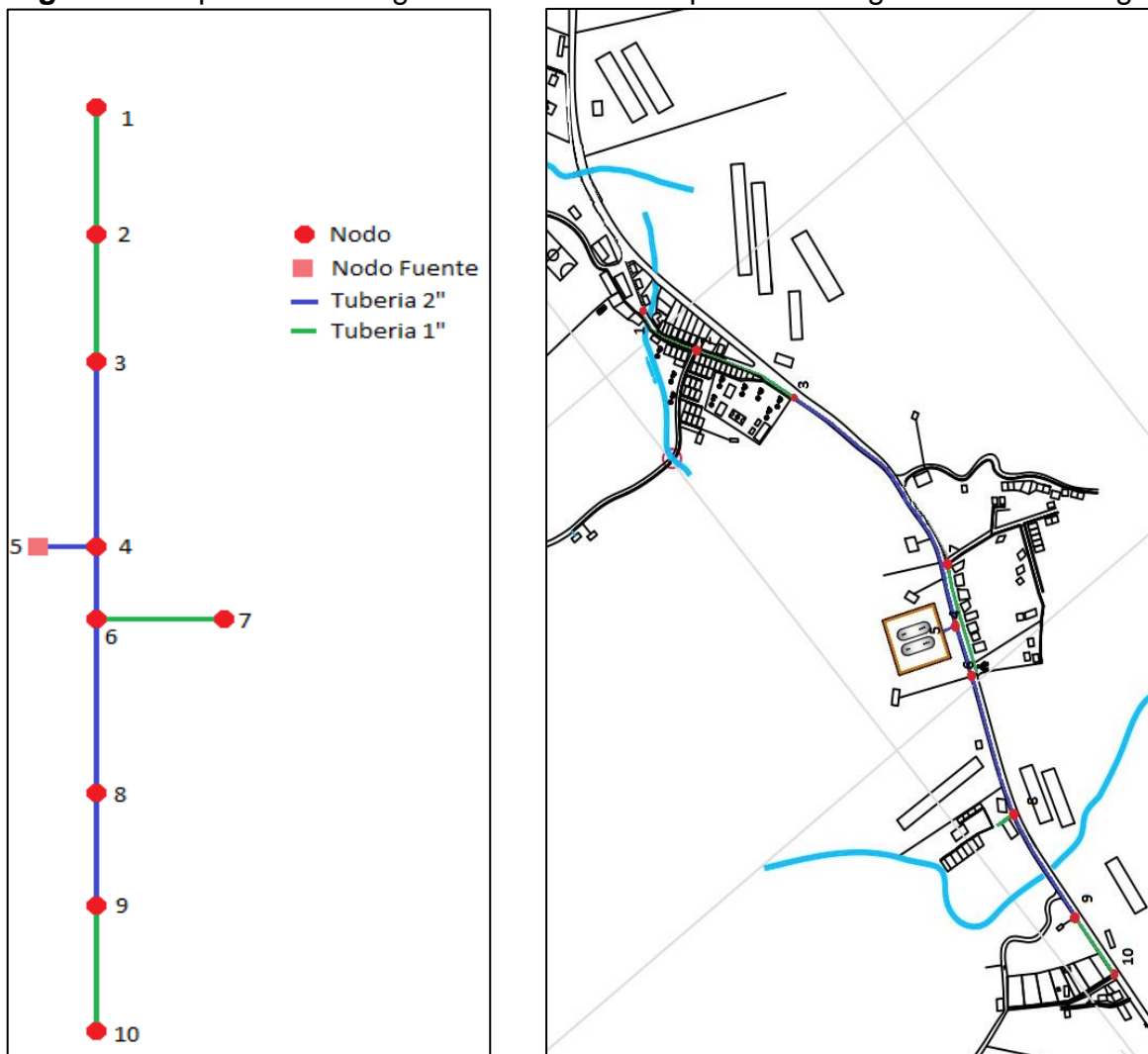
Para la simulación y desarrollo de la red se utilizó el software Sistema Integrado de Gas (SIG), el cual fue diseñado en la UIS. En la tabla 24 se observan los resultados arrojados por el programa.

Tabla 24. Presiones y caudales de la red

NODO	PRESIÓN [psia]	TRAMO	CAUDAL [MMpc/día]
1	34,90	T 1 - 2	-0,00153
2	34,96	T 2 - 3	-0,00317
3	35,61	T 3 - 4	-0,00481
4	35,67	T 4 - 5	0,01147
5	35,7	T 4 - 6	0,00366
6	35,67	T 6 - 7	0,00073
7	35,64	T 6 - 8	0,00157
8	35,66	T 8 - 9	0,00094
9	35,66	T 9 - 10	0,00047
10	35,65		

La presión en todos los nodos es cercana siendo la más baja solo 0,8 psi inferior al nodo fuente, esto se debe a los tramos cortos que comprenden la red. Las presiones obtenidas si cumplen con las condiciones de diseño las cuales indican que no pueden ser superiores a 35,7 psia según la norma, ni inferiores a 24,7 psia presión mínima en el regulador. En la figura 8 se representa el diagrama de la red de gas ingresado al simulador y como quedaría establecida en el corregimiento de Portugal.

Figura 8. Esquema red de gas domiciliario GLP para el corregimiento de Portugal



Para garantizar que los caudales simulados si cumplan con las normas técnicas se exigidas para las redes de gas, se tomara la velocidad máxima como un parámetro de comparación. En la tabla 25 se pueden observar las velocidades obtenidas para los distintos tramos.

Tabla 25. Velocidad alcanzada por el gas en la tubería

TRAMO	CAUDAL		DIÁMETRO [in]	DISTANCIA		VELOCIDAD ft/seg
	MMPCD	ft3/seg		in2	ft2	
T 1 - 2	-0,00153	-0,121	1	0,7854	0,005	-22,278
T 2 - 3	-0,00317	-0,252	1	0,7854	0,005	-46,157
T 3 - 4	-0,00481	-0,382	2	3,1416	0,022	-17,509
T 4 - 5	0,01147	0,910	2	3,1416	0,022	41,753
T 4 - 6	0,00366	0,290	2	3,1416	0,022	13,323
T 6 - 7	0,00073	0,058	1	0,7854	0,005	10,629
T 6 - 8	0,00157	0,125	2	3,1416	0,022	5,715
T 8 - 9	0,00094	0,075	2	3,1416	0,022	3,422
T 9 - 10	0,00047	0,037	1	0,7854	0,005	6,843

Como se muestra en la tabla 25 en ningún tramo la velocidad supera la mínima permitida por la norma que es de 98,43 ft/seg para tubería enterrada, esto se debe principalmente a la baja demanda que se presenta para la red de gas.

7 ANÁLISIS FINANCIERO

El objetivo de este capítulo es dar a conocer la estimación de los costos y la tasa interna de retorno para la construcción del sistema de GLP por redes para el corregimiento de Portugal del municipio de Lebrija Santander, para una cobertura de 200 familias, con lo cual se estima que el total de personas beneficiadas es de 800.

Para la identificación y valoración de los costos del proyecto, se adoptan las unidades constructivas establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) como componentes típicos de dichos sistemas.

7.1 RED EXTERNA

La red externa de distribución se encarga de llevar el gas desde los sitios de almacenamiento hasta los anillos donde se conectarán los hogares, estas por lo general se trazan sobre las vías ya existentes para con eso no tener que pagar derechos a particulares. Para la construcción del sistema de almacenamiento se requiere de la compra y adecuación del predio donde va a quedar instalado como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26. Costos de instalación sistema de almacenamiento

DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO [\$]	CANTIDAD	SUBTOTAL [\$]
Lote	60.000.000,00	1	60.000.000,00
Adecuación del Lote	12.467.000,00	1	12.467.000,00
Obra civil	47.835.000,00	1	47.835.000,00
Obra mecánica y sistema de regulación	45.867.000,00	1	45.867.000,00
Obra eléctrica y sistema contra incendios	18.978.000,00	1	18.978.000,00
Tanque de almacenamiento	24.747.900,00	2	49.495.800,00
TOTAL			234.642.800,00

Por otra parte los costos de instalación de la tubería de polietileno depende del lugar por donde cruce ya que es obligación del constructor reparar de nuevo por donde se interviene esto hace que lugares como andenes con terminados sean más costosos, además hay lugares por donde debe cruzar la tubería que se consideran cruces especiales debido a la variación en el diseño que se tienen que hacer como los cruces elevados y de afluentes. Esto se puede observar en la tabla 27.

Tabla 27. Costos de Instalación tubería

DESCRIPCIÓN	VALOR POR km. [\$/km]	CANTIDAD [km]	SUBTOTAL [\$]
Instalación tubería 1/2" Calzada Asfalto	43.486.259,00	0,230	10.001.839,57
Instalación tubería 1/2" Anden Concreto	45.879.356,00	0,745	34.180.120,22
Instalación tubería 1/2" Anden Tableta	54.964.278,00	0,430	23.634.639,54
Instalación tubería 1/2" Zona Verde	35.478.623,00	0,375	13.304.483,63
Instalación tubería 1" Calzada Asfalto	45.735.691,00	0,184	8.415.367,14
Instalación tubería 1" Anden Concreto	47.621.895,00	0,065	3.095.423,18
Instalación tubería 1" Zona Verde	37.598.423,00	0,121	4.549.409,18
Instalación tubería 2" Calzada Asfalto	46.123.795,00	0,225	10.377.853,88
Instalación tubería 1" Zona Verde	38.045.972,00	0,245	9.321.263,14
SUBTOTAL			116.880.399,47

DESCRIPCIÓN	VALOR unitario [\$/m]	CANTIDAD [m]	SUBTOTAL [\$/]
Paso elevado 1 tubería 2"	1.000.000,00	10	10.000.000,00
Paso elevado 2 tubería 1"	950.000,00	9	8.550.000,00
Paso elevado 3 tubería 1/2"	930.000,00	11	10.230.000,00
SUBTOTAL			28.780.000,00
TOTAL			145.660.399,47

Los costos totales de la red externa se calculan de la sumatoria entre la instalación de la tubería, el sistema de almacenamiento y el AIU pactado en el contrato con la empresa, los costos de instalación de la red interna sumaron \$ 475.378.999,34 como se muestra en la tabla 28

Tabla 28. Costos total red externa

COSTO TOTAL RED EXTERNA	
DESCRIPCIÓN	VALOR [\$/]
Instalación Tubería	145.660.399,47
Sistema de almacenamiento	234.642.800,00
Subtotal	380.303.199,47
(AIU) 25%	95.075.799,87
TOTAL	475.378.999,34

7.2 RED INTERNA

En la tabla 29 se presentan los costos del proyecto por concepto de derechos de conexión, los cálculos mostrados en esta tabla son por cada usuario; los costos por concepto de equipo involucran herramientas menores, equipos y accesorios de seguridad industrial; los costos por concepto de materiales involucra tubería de polietileno, medidores con conectores, reguladores, válvulas, niples galvanizados, adaptadores y cemento; los costos por concepto de transporte se refiere a transporte de materiales y equipo; los costos por mano de obra involucra pago de supervisor ayudante.

Tabla 29 Análisis de precios para derechos de conexión por cada usuario (acometida y medidor)

ANÁLISIS DE PRECIOS PARA DERECHOS DE CONEXIÓN POR CADA USUARIO (ACOMETIDA Y MEDIDOR)	
TIPO DE COSTO	COSTO PARCIAL
EQUIPO	\$ 18,543.0
MATERIALES	\$ 293,891.0
TRANSPORTE	\$ 31,912.0
MANO DE OBRA	\$ 64,278.0
COSTO DIRECTO	\$ 408,624.0
(AIU) 25%	\$ 102,156.0
COSTO TOTAL	\$ 510,780.0

En la Tabla 30 se presenta el análisis de precios para la construcción de la red interna, por cada usuario. Los tipos de costo son similares a los que fueron detallados para la tabla inmediatamente anterior.

Tabla 30 Análisis de precios para construcción de la red interna, por cada usuario (suministro e instalación)

ANÁLISIS DE PRECIOS PARA RED INTERNA POR CADA USUARIO (SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	
TIPO DE COSTO	COSTO PARCIAL
EQUIPO	\$ 135,593.0
MATERIALES	\$ 232,433.0
TRANSPORTE	\$ 193,550.0
MANO DE OBRA	\$ 229,800.0
COSTO DIRECTO	\$ 791,376.0
(AIU) 25%	\$ 197,844.0
COSTO TOTAL	\$ 989,220.0

En la Tabla 31 se presenta la estimación global de los costos que conlleva el proyecto por los conceptos de obra civil. En esta tabla se presenta un consolidado de los costos que fueron presentados con detalle en las dos tablas inmediatamente anteriores; en la Tabla 30 se presentan los cálculos para los costos de la totalidad de usuarios que corresponde a un número de 200.

Tabla 31. Estimación de costos generales del proyecto por concepto de obra civil.

ESTIMACIÓN GLOBAL DE LOS COSTOS POR DERECHOS DE CONEXIÓN Y RED INTERNA			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Derecho de conexión (acometida y medidor)	200	\$ 510,780.00	\$102,156,000.00
Red interna (suministro e instalación red interna)	200	\$ 989,220.00	\$197,844,000.00
COSTO TOTAL		\$ 1,500,000.00	\$300,000,000.00

7.3 INTERVENTORÍA

De acuerdo a lo establecido por el Sistema General de Regalías su distribución en porcentajes es la siguiente: El valor de la Interventoría técnica equivale a un 10% del monto solicitado al SGR igualmente la Interventoría Administrativa y financiera será del 4% del monto solicitado al SGR. En la Tabla 32 se presenta la estimación de costos por concepto de interventoría, del proyecto total teniendo en cuenta derechos de conexión, red interna y red externa.

Tabla 32. Estimación de costos generales del proyecto por concepto de interventoría.

COSTOS DE LA INTERVENTORIA (RED INTERNA Y RED EXTERNA)			
A. COSTOS DEL PERSONAL			
CARGO/OFICIO	SUELDO MENSUAL	MESES DEDICACION	VALOR PARCIAL
Director de interventoría. (Ing. Civil)	\$ 1,500,000.00	3	\$ 4,500,000.00
Dos residentes de interventoría (auxiliar de ingeniería)	\$ 800,000.00	10	\$ 16,000,000.00
SUB-TOTAL COSTO DE PERSONAL			\$ 20,500,000.00
FACTOR MULTIPLICADOR			1.3
TOTAL COSTO PERSONAL			\$ 26,650,000.00
B. GASTO REEMBOLSABLE - APOYO A LA SUPERVISIÓN			
COMPCEPTO	COSTO MENSUAL(\$)	MESES DEDICACION	VALOR PARCIAL
Ingeniero Civil	\$ 1,500,000.00	2	\$ 3,000,000.00
Abogado	\$ 1,000,000.00	2	\$ 2,000,000.00
C. GASTOS REEMBOLSABLES APOYO A LA GESTIÓN DE VIGILANCIA			

COMPCEPTO	COSTO MENSUAL(\$)	MESES DEDICACION	VALOR PARCIAL
Edición de Informes (Incluye fotografías; papelería, cds, fotocopias)	\$ 250,000.00	10	\$ 2,500,000.00
Comunicaciones teléfono, fax correo, socializaciones, videos, etc.	\$ 286,803.00	10	\$ 2,868,030.00
SUB-TOTAL COSTO DE DIRECTOS			\$ 10,368,030.00
FACTOR MULTIPLICADOR			1.3
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$ 13,478,439.00
SUB TOTAL COSTOS BASICOS			\$ 40,128,439.00
IVA (16)			\$ 6,420,550.24
COSTO TOTAL DE LA INTERVENTORÍA			\$ 46,548,989.24

7.4 COFINANCIACIÓN

Debido al alto impacto social que tiene este proyecto y bajo número de usuarios, es necesaria que gran parte de la financiación sea asumida por el estado y con los programas sociales que este tiene. El monto asumido por los usuarios debe ser financiado a un periodo no inferior a tres años según resolución CREG. En la tabla 33 se presentan los montos asumidos por la Gobernación de Santander, los usuarios y la empresa HEGA.

Tabla 33. Cofinanciación del proyecto.

ENTE COFINANCIADOR	DESCRIPCION	VALOR	%
GOBERNACIÓN DE SANTANDER	Red interna	\$ 102,156,000.00	12.4
	Red externa	\$ 409,892,467.10	49.9
	Interventoría	\$ 25,548,989.24	3.1
USUARIOS	Red interna	\$ 197,844,000.00	24.1
HEGA S.A. E.S.	Red externa	\$ 65,486,532.24	8.0
	Interventoría	\$ 21,000,000.00	2.6
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		\$ 821,927,988.58	100.0

7.5 INVERSIÓN EN ACTIVOS PARA ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En las Tablas 34 y 35 se muestran los costos por concepto de inversiones que requiere el proyecto para su administración, operación y mantenimiento.

Tabla 34. Inversiones en calidad.

INVERSIONES EN CALIDAD			
DESCRIPCIÓN	Valor por Und. COL \$ de SEP/2015	Cantidad	TOTAL COL \$ de SEP/2015
CABEZAS DE PRUEBA DE PRESIÓN	\$334,805	1	\$334,805
DETECTOR SENSOR ELECTROQUÍMICO	\$14,014,550	1	\$14,014,550
SISTEMA DE INFORMACION, MULTIMUNICIPIOS	\$107,815,519	0.05	\$5,390,775.94
TOTAL			\$19,740,131

Tabla 35. Inversiones en otros activos - municipio.

INVERSIONES EN OTROS ACTIVOS - MUNICIPIO			
DESCRIPCIÓN	Valor por Und. COL\$de DIC./2013	Cantidad	TOTAL COL\$de DIC./2013
MAQUINARIA	\$27,667,494	0.25	\$6,916,873.60
EQUIPO DE COMPUTO	\$2,050,219	1	\$2,050,219.12
MOTOCICLETA	\$8,300,248	1	\$8,300,248.32
MUEBLES Y EQUIPOS DE OFICINA	\$4,150,124	1	\$4,150,124.16
EQUIPO DE COMUNICACIÓN	\$2,766,749	0.5	\$1,383,374.72
TOTAL			\$22,800,839.92
TOTAL ACTIVOS			\$42,540,971.14

7.6 CALCULO DE TIR Y VAN

Después de formular un proyecto es necesario evaluarlo para saber si financieramente es viable o no. Par evaluarlo existen varios índices tales como el Valor Actual Neto (VAN), que es un índice universal, y el que mejor sirve como indicador. Otro índice muy utilizado es la Tasa Interna de Retorno (TIR), índice que debe tomarse con precauciones para que resulte confiable. En la Tabla 36 se Flujo de fondos para los primeros 20 años de puesta en marcha del proyecto; se presenta la descripción de cada entrada y salida de fondos en el flujo de caja. El cálculo del cargo equivalente por distribución, se hace teniendo en cuenta la resolución CREG 021 de 2004 donde la comisión aprobó el Cargo Promedio de Distribución de gas natural por red y el Cargo Máximo Base de Comercialización de gas natural por red a usuarios regulados, para el mercado relevante conformado por los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón, Piedecuesta, Lebrija, Sabana de Torres y Puerto Wilches y la resolución CREG 077 de 2011 donde la HEGA S.A.S solicita sea homologado el cargo promedio de distribución para la red de GLP ubicada en el municipio de puerto Wilches, por lo tanto se utilizara este mismo monto para el cálculo de la red de GLP en el corregimiento de Portugal el cual es de \$618,68/m³ (pesos de diciembre de 2002). Para el monto actual se tiene en cuenta el IPC del 2002 al 2014 que da un valor de \$ 1,145.00

Tabla 36. Flujo de fondos para los primeros 20 años de puesta en marcha del proyecto; se presenta la descripción de cada entrada y salida de fondos en el flujo de caja.

Año	Descripción	Demanda esperada m3	Costo de Operación \$/m3	Utilidad \$/m3	Flujo de fondos
0	Red externa	---	---	---	\$65,486,532.24
	Interventoría	---	---	---	\$21,000,000.00
1	Administración, Operación y Mantenimiento	---	---	---	\$42,540,971.14

	Costo de operación	17424	\$321,00	---	\$5.593.104,00
	Ingresos por el servicio		---	\$1.145,00	\$19.950.480,00
2	Costo de operación	17947	\$330,63	---	\$5.933.816,61
	Ingresos por el servicio		---	\$1.179,35	\$21.165.794,45
3	Costo de operación	18469	\$340,55	---	\$6.289.597,63
	Ingresos por el servicio		---	\$1.214,73	\$22.434.857,60
4	Costo de operación	19079	\$350,77	---	\$6.692.252,44
	Ingresos por el servicio		---	\$1.251,17	\$23.871.118,51
5	Costo de operación	19602	\$361,29	---	\$7.081.973,81
	Ingresos por el servicio		---	\$1.288,71	\$25.261.246,13
6	Costo de operación	19602	\$372,13	---	\$7.294.433,02
	Ingresos por el servicio		---	\$1.327,37	\$26.019.083,51
7	Costo de operación	20822	\$383,29	---	\$7.980.880,77
	Ingresos por el servicio		---	\$1.367,19	\$28.467.627,67
8	Costo de operación	21432	\$394,79	---	\$8.461.128,80
	Ingresos por el servicio		---	\$1.408,21	\$30.180.661,90
9	Costo de operación	22128	\$406,63	---	\$8.997.979,36
	Ingresos por el servicio		---	\$1.450,45	\$32.095.596,17
10	Costo de operación	22738	\$418,83	---	\$9.523.406,38
	Ingresos por el servicio		---	\$1.493,97	\$33.969.782,89
11	Costo de operación	23435	\$431,40	---	\$10.109.792,39

	Ingresos por el servicio		---	\$1.538,78	\$36.061.409,00
12	Costo de operación	24132	\$444,34	---	\$10.722.790,50
	Ingresos por el servicio		---	\$1.584,95	\$38.247.959,87
13	Costo de operación	24916	\$457,67	---	\$11.403.286,90
	Ingresos por el servicio		---	\$1.632,50	\$40.675.275,70
14	Costo de operación	25613	\$471,40	---	\$12.073.950,83
	Ingresos por el servicio		---	\$1.681,47	\$43.067.519,33
15	Costo de operación	26397	\$485,54	---	\$12.816.833,74
	Ingresos por el servicio		---	\$1.731,92	\$45.717.366,46
16	Costo de operación	27181	\$500,11	---	\$13.593.423,06
	Ingresos por el servicio		---	\$1.783,87	\$48.487.443,64
17	Costo de operación	27966	\$515,11	---	\$14.405.587,71
	Ingresos por el servicio		---	\$1.837,39	\$51.384.417,22
18	Costo de operación	28837	\$530,56	---	\$15.299.876,66
	Ingresos por el servicio		---	\$1.892,51	\$54.574.326,41
19	Costo de operación	29708	\$546,48	---	\$16.234.857,92
	Ingresos por el servicio		---	\$1.949,29	\$57.909.384,18
20	Costo de operación	30579	\$562,88	---	\$17.212.168,17
	Ingresos por el servicio		---	\$2.007,76	\$61.395.428,53

Con base en la información suministrada en la tabla 36 se hizo el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR), la estimación obtenida es del 5%. Con este resultado se aprecia que este tipo de proyectos no es muy atractivo desde el punto

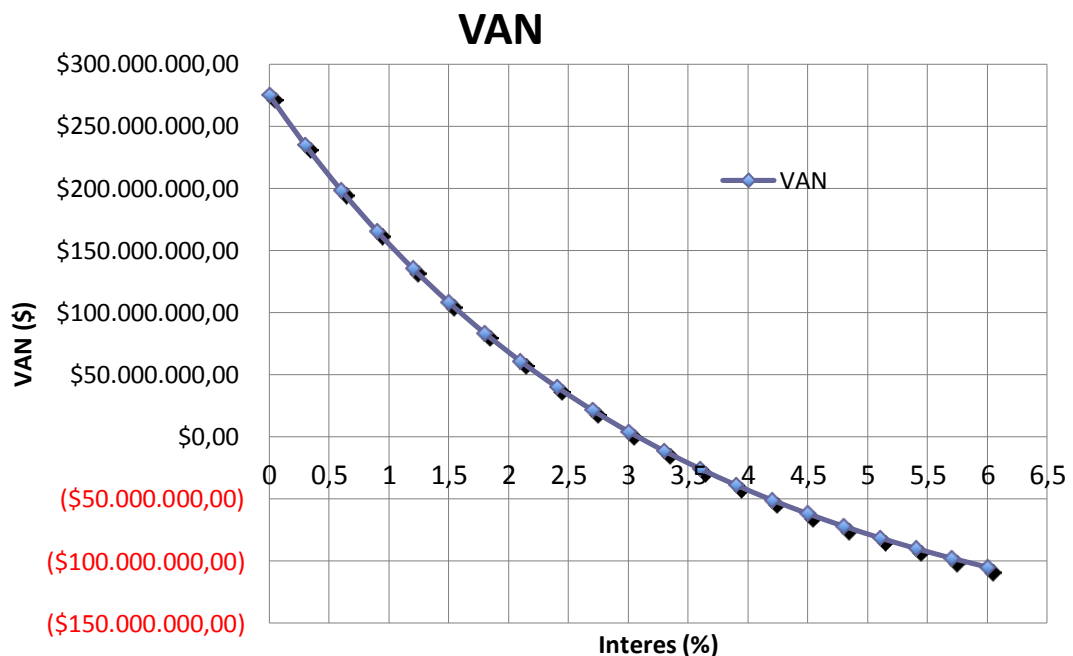
de vista económico, no obstante, se debe tener en cuenta que la implementación del proyecto si tiene gran impacto social, ya que contribuye notablemente a la mejora de la calidad de vida de los habitantes del corregimiento de Portugal.

El Valor Actual Neto (VAN) es un índice que consiste en poner en pesos de hoy todos los ingresos menos los egresos, por lo tanto, el VAN puede tomar los tres valores diferentes:

$$VAN = \sum (Ingresos - Egresos) : \left\{ \begin{array}{l} > 0 : \text{bueno} \\ = 0 : \text{indiferente} \\ < 0 : \text{malo} \end{array} \right\}$$

En la Figura 9 se presenta el cálculo del VAN para diferentes tasas de interés, esta grafica muestra que la mayor tasa de interés permitida para que el proyecto sea económicamente bueno está en el orden del 3%.

Gráfica 7. Representación gráfica del Valor Actual Neto para diferentes tasas de interés.



8 CONCLUSIONES

- Según las condiciones técnicas y de construcción del proyecto, es el modelo de Müller el que mejor se adapta a la red de gas, ya que este se comporta mejor en diámetros pequeños y presiones bajas, condiciones que se tienen en nuestra red de gas con diámetros menores a 2" y presiones inferiores a 21 psi.
- Mediante la evaluación financiera y haciendo uso del indicador VPN o VAN se determinó que la tasa máxima de interés que soporta este proyecto es del 3%, el otro indicador económico usado fue la TIR cuya estimación arrojó un valor del 5% , con lo cual se evidencia que los dos indicadores están de acuerdo en que la rentabilidad del proyecto es baja, no obstante es claro que la inversión es recuperada dentro de los primeros 20 años de proyección del proyecto.
- La construcción de la red de gas domiciliario en el corregimiento de Portugal, es factible bajo los programas de masificación del GLP en lugares apartados que permiten una cofinanciación del proyecto de parte del estado, de lo contrario debido a su bajo número de usuarios no sería económicamente viable.
- La política de subsidios en los servicios públicos por parte del gobierno nacional para los estratos más bajos, permite un ahorro significativo de alrededor del 50% en las redes de gas comparado con el GLP distribuido en pipetas, ya que este subsidio no está reglamentado en este último tipo de distribución.

9 RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis económico asumiendo que la empresa es quien realiza el transporte del energético para con esto aumentar la fuente de ingresos del proyecto.
- Determinar la relación entre el mínimo número de usuarios y porcentaje de cofinanciación estatal que debe existir, para que un proyecto sea viable a desarrollar para una compañía de servicios públicos.
- Buscar en que otras poblaciones del departamento se pueden desarrollar este tipo de proyectos para disminuir el margen de pobreza de sus habitantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Lebrija, «Sitio oficial Lebrija Santander Colombia,» [En línea]. Available: http://www.lebrija-santander.gov.co/informacion_general.shtml. [Último acceso: 27 Julio 2015].
- B. Fattouh, «The US Shale Revolution and the changes in LPG Trade Dynamics: A Threat the GCC?,» *OXFORD ENERGY COMMENT*, p. 13, 2014.
- C. Ochoa, «NETQUEST investigacion de mercados,» 11 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.netquest.com/blog/es/que-tamano-de-muestra-necesito/>. [Último acceso: 25 Julio 2013].
- Comisión de Regulación de Energía y Gas, «Comisión de Regulación de Energía y Gas,» 23 Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://www.creg.gov.co/index.php/regulacion/88-glp>. [Último acceso: 15 Septiembre 2015].
- Comisión de Regulación de Energía y Gas, «Resolución No. 011 de 2003,» 12 Febrero 2003. [En línea]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/5c6630c6c5de4e0e0525785a007a6443?OpenDocument>. [Último acceso: 22 Agosto 2015].
- Comisión de Regulación de Energía y Gas, «Resolucion No. 053 de 2011,» 07 Abril 2011. [En línea]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/>

af1e007cdd21aec4052578f7007b9a62?OpenDocument. [Último acceso: 17 Septiembre 2015].

- Comisión de Regulación de Energía y Gas, «Resolución No. 077 de 2011,» 09 Junio 2011. [En línea]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/438c5d321a62f578052578f7006dee99?OpenDocument&Highlight=0,NoResolucionCREG077-2011>. [Último acceso: 23 Agosto 2015].
- Empresas Públicas de Medellín, Guía para el diseño e instalaciones de gas en edificaciones, Bogotá, 1997.
- F. A. Guevara Correa y C. A. LoaizaMartínez, Manual de instalación de redes de Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Gas Natural (GN), Servicio Nacional de Aprendizaje, 2009.
- M. Martínez, Calculos de tuberías y redes de gas, Ingenieros Consultores y Asociados, 2006.
- Planeación municipal de Lebrija, *Plan de desarrollo municipal 2012-2015*, Lebrija, 2012.
- TRANSPORTE Y LOGISTICA DE HIDROCARBUROS CENIT, «cenit-transporte,» [En línea]. Available: <https://www.cenit-transporte.com/clientes/glp/descripcion-del-sistema/>. [Último acceso: 22 Septiembre 2015].
- Unidad de Planeación Miniero Energética, «Cadena del Gas Licuado de Petróleo,» Bogotá, 2013.
- Universidad Tecnológica de Pereira, «Estandares de los sistemas de medición en las actividades de la cadena de prestación del servicio público

domiciliario de Gas Licuado de Petroleo -GLP--,» Facultad de Ingeniería Mecánica, Pereira, 2013.

- V. M. Arango Chacon y E. Puentes Medina, Evaluación técnica y financiera para la construcción de redes domiciliarias de suministro de GLP para el municipio de la Esperanza, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Unidad de Planeación Miniero Energética, «Cadena del Gas Licuado de Petróleo,» Bogota, 2013.
- [2] B. Fattouh, «The US Shale Revolution and the changes in LPG Trade Dynamics: AThreat the GCC?,» *OXFORD ENERGY COMMENT*, p. 13, 2014.
- [3] Comisión de Regulación de Energía y Gas, «Comisión de Regulación de Energía y Gas,» 23 Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://www.creg.gov.co/index.php/regulacion/88-glp>. [Último acceso: 15 Septiembre 2015].
- [4] TRANSPORTE Y LOGISTICA DE HIDROCARBUROS CENIT, «cenit-transporte,» [En línea]. Available: <https://www.cenit-transporte.com/clientes/glp/descripcion-del-sistema/>. [Último acceso: 22 Septiembre 2015].
- [5] Universidad Tecnológica de Pereira, «Estandares de los sistemas de medición en las actividades de la cadena de prestación del servicio público domiciliario de Gas Licuado de Petroleo -GLP--,» Facultad de Ingeniería Mecánica, Pereira, 2013.
- [6] Comisión de Regulación de Energía y Gas, «Resolucion No. 053 de 2011,» 07 Abril 2011. [En línea]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02>

- /af1e007cdd21aec4052578f7007b9a62?OpenDocument. [Último acceso: 17 Septiembre 2015].
- [7] Alcaldía de Lebrija, «Sitio oficial Lebrija Santander Colombia,» [En línea]. Available: http://www.lebrija-santander.gov.co/informacion_general.shtml. [Último acceso: 27 Julio 2015].
- [8] Planeación municipal de Lebrija, *Plan de desarrollo municipal 2012-2015*, Lebrija, 2012.
- [9] Comisión de Regulación de Energía y Gas, «Resolución No. 011 de 2003,» 12 Febrero 2003. [En línea]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/5c6630c6c5de4e0e0525785a007a6443?OpenDocument>. [Último acceso: 22 Agosto 2015].
- [10] C. Ochoa, «NETQUEST investigacion de mercados,» 11 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.netquest.com/blog/es/que-tamano-de-muestra-necesito/>. [Último acceso: 25 Julio 2013].
- [11] Comisión de Regulación de Energía y Gas, «Resolución No. 077 de 2011,» 09 Junio 2011. [En línea]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/438c5d321a62f578052578f7006dee99?OpenDocument&Highlight=0,NoResolucionCREG077-2011>. [Último acceso: 23 Agosto 2015].
- [12] M. Martinez, *Calculos de tuberías y redes de gas*, Ingenieros Consultores y Asociados, 2006.
- [13] Empresas Públicas de Medellín, *Guía para el diseño e instalaciones de gas en edificaciones*, Bogota, 1997.

- [14] F. A. Guevara Correa y C. A. LoaizaMartínez, Manual de instalación de redes de Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Gas Natural (GN), Servicio Nacional de Aprendizaje, 2009.
- [15] V. M. Arango Chacon y E. Puentes Medina, Evaluación técnica y financiera para la construcción de redes domiciliarias de suministro de GLP para el municipio de la Esperanza, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013.