

**EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD FINANCIERA DE UN SISTEMA DE  
ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL LICUADO PARA EL MERCADO  
DE BOGOTÁ.**

**DIANA CAROLINA ARTAVIA QUIÑONES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA**

**2013**

**EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD FINANCIERA DE UN SISTEMA DE  
ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL LICUADO PARA EL MERCADO  
DE BOGOTÁ.**

**DIANA CAROLINA ARTAVIA QUIÑONES**

**Trabajo de Monografía para optar el título de:  
Especialista en Gerencia de Hidrocarburos**

**DIRECTOR:**

**FRANCISCO JOSE ORTEGA ARCINIEGAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA  
2013**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, con todo cariño por el apoyo, paciencia y acompañamiento durante este proceso, sin el cual no sería posible lograr los sueños y metas.

Que este sea un paso más para fortalecer tanto mi educación académica, como mis valores y actitudes personales para alcanzar todos los propósitos en la vida. El ejemplo de constancia que me han mostrado, han sido fundamental para el desarrollo de mi carrera profesional.

A mis hermanas y mis sobrinos, por ser incondicionales y demostrar todo el cariño que me tienen.

Y a ti, gracias por motivarme a continuar estudiando, acompañarme siempre durante el proceso, complementar con tus conocimientos todos mis estudios y ayudarme a profundizar mis conceptos académicos de esta especialización. Tú apoyo, tiempo y paciencia han sido fundamentales para lograr la meta.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1. JUSTIFICACIÓN .....	14
2. OBJETIVO GENERAL: .....	18
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	18
4. MARCO DE REFERENCIA:.....	19
4.1 Composición del Gas Natural:.....	19
4.2 Conversiones del combustible para el almacenamiento:.....	20
4.3 El sistema nacional de gas natural que conecta a Bogotá D.C.:.....	21
4.4 Descripción de sistemas de almacenamiento.....	26
4.5 Descripción de los riesgos asociados a la confiabilidad del sistema nacional:.....	31
4.6 Descripción de la regulación actual de gas natural en Colombia y descripción de propuestas regulatorias sobre almacenamiento para confiabilidad. ....	31
4.7 Comparación de usos de almacenamiento en de otros países.....	32
4.8 Desarrollo de un modelo de evaluación económica de viabilidad financiera. ....	33
5. ASPECTOS METODOLÓGICOS:.....	35
6. RESULTADOS .....	36
6.1 Variables cuantitativas a tener en cuenta en la evaluación financiera de una planta de almacenamiento de GNL.....	36
6.2 Construcción del Modelo de Valoración: .....	44
6.3 Evaluación Financiera y Análisis de Sensibilidad: .....	45
6.4 Cuantificación del impacto de las principales variables del modelo.....	48
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	51
8. BIBLIOGRAFÍA.....	52

9. ANEXOS.....54

## TABLA DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Gráfico 1. Composición Básica de Gas Natural sin tratamiento.....	20
Gráfico 2. Participación de producción por cuenca.....	21
Gráfico 3. Participación de producción por campo 2012.....	22
Gráfico 4. Mapa de Gasoductos y Campos de Gas Natural en Colombia. ....	23
Gráfico 5. Mapa red de Gasoductos en España. Año 2012.....	24
Gráfico 6. Mapa de sistema de transporte conexión a Bogotá D.C. ....	25
Gráfico 7. Mapa UPZ _ Sistema de Gasificación, Bogotá D.C. (Secretaria de Planeación Distrital, 2011) .....	25
Gráfico 8. Clasificación de Tecnologías de Endulzamiento. (TECNA - Tecnología con visión de Negocios) .....	28
Gráfico 9. Tecnologías de Deshidratación. (TECNA - Tecnología con visión de Negocios).....	28
Gráfico 10. Tecnologías ajuste de punto de rocío. (TECNA - Tecnología con visión de Negocios).....	29
Gráfico 11. Proyección de Demanda – base del modelo en Excel. ....	38
Gráfico 12. Resultado – Análisis probabilístico TIR del Proyecto. Se obtiene del Modelo .....	45

Gráfico 13. Resultado – Análisis Probabilístico TIR de la compañía. Se obtiene del Modelo. ....	46
Gráfico 14. Resultado – Análisis probabilístico VPN Compañía. Se obtiene del modelo. ....	47
Gráfico 15. Resultado – Tornado. Impacto de las variables en la TIR. Se obtiene del modelo.....	49

## RESUMEN

**TITULO<sup>1</sup>: EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD FINANCIERA DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL LICUADO PARA EL MERCADO DE BOGOTÁ.**

**AUTOR: DIANA CAROLINA ARTAVIA QUIÑONES<sup>2</sup>**

**PALABRAS CLAVES. Gas Natural Licuado GNL, Evaluación económica, Sistema de Gas Natural en Colombia.**

### DESCRIPCIÓN:

La presente monografía evalúa la viabilidad financiera de un sistema de almacenamiento de gas natural licuado GNL para el mercado de Bogotá. Durante el desarrollo del documento se realiza la descripción y análisis del sistema de gas natural en Colombia y en Bogotá, en el cual se hace énfasis en los principales retos que este sistema presenta en temas de confiabilidad y continuidad en el servicio. Adicionalmente, se realiza una descripción de la tecnología relacionada con el GNL, especialmente las operaciones y equipos necesarios para la licuefacción, almacenamiento y regasificación.

El desarrollo de la evaluación de la viabilidad financiera se realiza principalmente a través de las siguientes actividades:

1. Identificación de las variables de entrada que se deben tener en cuenta en la evaluación financiera.
2. Construcción de un modelo financiero, basado en la metodología de valoración a través de flujos de caja futuros descontados. Las herramientas ofimáticas utilizadas fueron Microsoft Excel® y CrystalBall® de Oracle®.
3. Cuantificación de las variables de entrada, tanto del escenario base, como de los rangos y distintos escenarios que dichas variables podrían tomar como parte de un análisis de riesgos y sensibilidad del proyecto.
4. El modelo se corre permitiendo obtener los resultados sobre las variables de salida.

Los resultados de la evaluación financiera son plasmados en el documento a través de un análisis estocástico que muestra el rango de posibilidades que cada variable de salida puede tomar dada las distintas iteraciones (50.000), los valores tomados por cada variable de entrada y los grados de correlación establecidos.

De manera adicional se realiza un análisis tipo tornado que permite identificar qué variables de entrada tienen un mayor impacto sobre las variables de salida, de modo que esto sea tenido en cuenta como parte del análisis de riesgo.

---

<sup>1</sup> Monografía

<sup>2</sup>Facultad INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS - Escuela de INGENIERÍA DE PETRÓLEOS – Director FRANCISCO ORTEGA ARCINIEGAS

## ABSTRACT

**TITLE<sup>3</sup>: VALUATION OF FINANCIAL VIABILITY TO LIQUEFIED NATURAL GAS SYSTEM TO BOGOTA MARKET**

**AUTHOR: DIANA CAROLINA ARTAVIA QUIÑONES<sup>4</sup>**

**KEYWORDS: Liquefaction Natural Gas LNG, Economics Evaluation, National System of Natural Gas**

### DESCRIPTION:

The present document evaluates the financial feasibility of a Liquid Natural Gas-LNG storage system for the Bogotá market. The document describes and analyses the natural gas system in Colombia and in Bogotá, emphasizing in the main challenges in regards to the Reliability and the Continuity of the service. Additionally, it makes a description regarding the operations and equipment required to liquefy, store and vaporize natural gas.

The financial valuation is executed following the next main activities:

1. Identify the entry variables
2. Construction of a financial model, based in the *discounted future cash flow* methodology. The software tools used were Microsoft Excel® and Crystal Ball® by Oracle®.
3. Quantification of the entry variables, as well as the range and different scenarios than these variables can take as part of risk analysis, and project sensibility.
4. The financial model is run to obtain the results on the exit variables.

All the results on the financial evaluation are described in the document through stochastic analyses that shows the range of possibilities each exit variable can take depending on the different iterations (50.000), the value each entry variable can take, and the correlation degrees established.

In addition the document includes a twister analysis that allows identifying which entry variables have the biggest impact on the exit variables. This is very important as part of the risk analysis and risk response the company must prepare before executing this project.

---

<sup>3</sup>Monograph

<sup>4</sup>Faculty PHYSICOCHEMICAL ENGINEER – Petroleum Engineering – Director FRANCISCO JOSE ORTEGA

## INTRODUCCIÓN

Luego de varias fallas en la prestación del servicio de gas natural en Colombia y analizando la composición y descripción del sistema nacional, los agentes del mercado han estado interesados en abrir la discusión muy compleja sobre confiabilidad.

Este es un tema que afecta de alguna manera el desarrollo del país porque se espera un aumento en el consumo del combustible que sólo pueden emporar las fallas actuales del sistema nacional de gas natural y que a su vez pueden traer muchas pérdidas económicas.

Es importante resaltar que de alguna manera los entes reguladores han visto la necesidad de hablar de confiabilidad porque han descrito en el decreto 2687 de 2008, lo siguiente:

*“Inversiones para Asegurar la Confiabilidad del Servicio. Los transportadores de gas natural, los distribuidores de gas natural y/o cualquier otro agente que establezca la Comisión de Energía y Gas, CREG, podrán incluir dentro de su plan de inversiones, aquellas que se requieran para asegurar la confiabilidad en la prestación del servicio público de gas natural.”*

Teniendo en cuenta las pautas expresadas por el Ministerio de Minas y Energía, una de las alternativas de confiabilidad ha sido hacer plantas de almacenamiento de Gas Natural Licuado cerca a los grandes puntos de consumo para que sean back up en el momento en el cual existan problemas en el sistema que eviten prestar el servicio adecuadamente y así evitar afectar a los usuarios finales del gas. Es por esto que se hace importante determinar la viabilidad económica de estas plantas para considerarlas un mecanismo de confiabilidad, es así como en esta monografía se espera determinar la viabilidad financiera de una planta de almacenamiento de gas natural licuado en la ciudad de Bogotá D.C., que como veremos en el desarrollo de este

documento, es uno de los puntos de mayor consumo y cumple con las características en términos de confiabilidad.

## 1. JUSTIFICACIÓN

La estructura vertical del sistema de gas natural en Colombia que incluye productores, transportadores, comercializadores, distribuidores y entes reguladores y supervisores, se constituyó desde los años 80's con capacidades suficientes y recursos ociosos, sin embargo, ésta se ha venido quedando limitada debido al crecimiento considerable del mercado que ha permitido suministrar el energético en grandes industrias, en los vehículos y en pequeñas y grandes poblaciones del país. Este crecimiento de consumo se refleja con las estadísticas que indican que en 1.990 el país consumía 392,2 KPCD y pasó a consumir 578,6 KPCD en 1.997<sup>5</sup> y sigue creciendo con el pasó del consumo de 700,4 KPCD en 2007 a 852,4 KPCD a finales del 2011 (CNO Gas, 2011)<sup>6</sup>. Ante el ritmo rápido de este crecimiento, el sistema nacional no ha podido expandirse al mismo ritmo para abastecer toda la demanda actual y esperada. Adicionalmente, si se resalta el hecho en el cual el gas es un energético sustituto de gran uso y con gran impacto en el mercado de generación eléctrica nacional la relevancia del energético ha enfocado muchas miradas regulatorias y de mercado a este sector de los hidrocarburos.

Debido al crecimiento descrito de la demanda, en varias ocasiones, cada vez con mayor frecuencia, los usuarios del sistema de gas natural en Colombia han evidenciado la suspensión del servicio por lapsos algunos prolongados debido a eventos que tienen causa en las debilidades particularidades del sistema nacional; refiriéndonos puntualmente a la alta concentración de la producción y a la falta de redundancia en el sistema de transporte. Por esta razón, los agentes del sistema han motivado la búsqueda de alternativas de confiabilidad, que permitan disminuir los impactos ocasionados por estos eventos de restricción. Las alternativas de mejoramiento que se han evaluado en su momento por parte de varios integrantes de la cadena del gas natural hacen referencia a reforzar los sistemas nacionales de gasoductos con ampliaciones

---

<sup>5</sup> Estudio del suministro de gas natural desde Venezuela y Colombia a Costa Rica y Panamá (Naciones Unidas en Asociación con Cepal, 2002)

<sup>6</sup> Evolución del Consumo y producción de Gas Natural. CNO Gas. Colombia. (CNO Gas, 2011)

en la infraestructura al igual que a la construcción de sistemas de almacenamiento en los grandes puntos de consumo para garantizar cubrir la mayor cantidad de usuarios posibles durante eventos de restricciones y así disminuir la problemática de distribución de los recursos cuando estos hacen falta<sup>7</sup>.

Por estas razones los agentes del mercado están interesados en hacer una revisión de las alternativas que permitan mejorar la falencias del sistema nacional y generar confiabilidad al sistema y estas alternativas no se pueden basar únicamente en aumentar la capacidad de transporte porque como se destaca en un estudio de ITANSUCA “Todo tramo de gasoducto debe ser diseñado para tener la confiabilidad mínima, cualesquiera sean las condiciones ambientales (sismos, deslizamientos, severidad climática, debilidad de suelo, etc.). Si las inversiones se realizan para alcanzar esa confiabilidad mínima, entonces son parte del costo y riesgo normal de la industria.”<sup>8</sup> En este punto debemos diferenciar lo que significa confiabilidad de redundancia. La confiabilidad se refiere a las características constructivas que debe tener un proyecto de infraestructura para que pueda prestar un servicio continuado de manera segura. Por otro lado, la redundancia se refiere a evitar la alta concentración de los sistemas de abastecimiento y transporte, de modo que cuando un gasoducto o campo productor salga de línea, una parte importante del país no se vea afectado por la imposibilidad de suministrarle gas natural para las actividades de consumo doméstico, industrial, vehicular o de generación eléctrica. Los riesgos de afectación del servicio relacionados con la ocurrencia de eventos de restricción implican que el sistema en general debe tener sistemas de redundancia, distinta a la confiabilidad operativa, y por los cuales los inversionistas esperan recibir una rentabilidad mínima.

En la historia reciente del país, las expansiones en transporte son realizados por las compañías transportadoras una vez logran obtener contratos de capacidad en firme por la cantidad que se requiere expandir en el corto plazo, dado que la regulación actual no permite la remuneración de capacidades

---

<sup>7</sup> Decreto 2100 de 2011 (Ministerio de Minas y Energía - Colombia, 2012).

<sup>8</sup> Itansuca (ITANSUCA, 2012)

ociosas; limitando de esta forma la planeación y la expansión con miras al largo plazo.

Así mismo, las expansiones de transporte por este último modelo son tratadas por contratos lo que dificulta las expansiones a tiempo según la demanda estimada especialmente cuando ésta está en crecimiento. Considerando estas apreciaciones para soportar el sistema únicamente con Gasoductos, es un buen momento para analizar la viabilidad desde todo punto de vista de utilizar el almacenamiento de gas natural como alternativa de solución, aún más colocando como referencia el éxito que ha tenido este tipo de almacenamiento en diversos usos<sup>9</sup> de los sistemas de gas en diferentes países como Argentina, Chile, Republica Dominicana, Puerto Rico, México y Trinidad entre otros<sup>10</sup>.

Es por esto, que teniendo en cuenta que Bogotá tiene más de 1.600.000 usuarios de gas natural entre residenciales, comerciales, industriales y vehiculares<sup>11</sup>, es importante evaluar la viabilidad financiera de implementar un sistema de almacenamiento de gas natural que permita cubrir las necesidades básicas de consumo de la mayoría de los usuarios, en consideración del peligro que se genera en la integridad de los usuarios con las suspensiones de servicio y la logística que requiere una reconexión segura para evitar accidentes dentro de la población. En esta monografía se realizará la valoración financiera de un sistema de almacenamiento de gas natural licuado para el mercado de Bogotá.

La construcción de infraestructura de gas en el país se desarrolla en un contexto de tarifas reguladas por el gobierno<sup>12</sup> bajo los principios de máxima eficiencia y procura de menor costo para el usuario final. Como ejemplo de este tipo de remuneración, podemos encontrar la Resolución 126 de 2010, en la cual se *“establece los criterios generales para la remuneración del servicio de transporte de gas Natural”*.

---

<sup>9</sup> Se refiere a almacenamiento in sito, flotantes y móviles. Tipos de almacenamiento para exportar, importar o para usos específicos.

<sup>10</sup> XV Congreso del Mercado de Energía Mayorista 2009

<sup>11</sup> Usuarios en Bogotá a 31 de Diciembre de 2011. (Sistema Único de Información de Servicios Públicos, 2012)

<sup>12</sup> Ministerio de Minas y Energía (Ministerio de Minas y Energía - Colombia, 2012)

La infraestructura de gas fue privatizada desde finales de la década de los 80s y continua siendo desarrollada y expandida por inversionistas privados<sup>13</sup>.

Es justamente el alcance de este trabajo, evaluar la viabilidad financiera para un inversionista privado respecto a la construcción y la prestación del servicio de una Planta de almacenamiento de GNL dentro del contexto de tarifas reguladas bajo la metodología tipo aplicada en el país en la actualidad para el desarrollo de la infraestructura de gas.

---

<sup>13</sup> Inversionistas Privados en este párrafo hace referencia a agentes distintos del Gobierno como inversionista y proveedor de un servicio público, más no a la naturaleza de la composición accionaria de los agentes del sistema de gas, donde encontramos compañías privadas y mixtas.

## **2. OBJETIVO GENERAL:**

Desarrollar un modelo de valoración financiera para determinar la viabilidad de una planta de almacenamiento de gas natural licuado en la ciudad de Bogotá.

## **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Análisis general del sistema nacional de gas natural en Colombia y los riesgos de confiabilidad asociados al sistema actual.
- Descripción general de la tecnología utilizada en un sistema prototipo de almacenamiento de gas natural licuado, sus funciones y operación.
- Identificar las variables cuantitativas que deben utilizarse en la evaluación financiera de una planta prototipo de almacenamiento de gas natural licuado.
- Cuantificar el impacto de las variables que afectan el desarrollo de una planta de almacenamiento.
- Desarrollar un modelo financiero para la evaluación de viabilidad financiera de una planta prototipo de almacenamiento a través de flujos de caja descontados.
- Aplicar análisis de sensibilidad al modelo financiero para determinar la viabilidad financiera del sistema de almacenamiento propuesto.
- Explicar con indicadores financieros los resultados obtenidos con el modelo financiero que evalúa el sistema de almacenamiento.

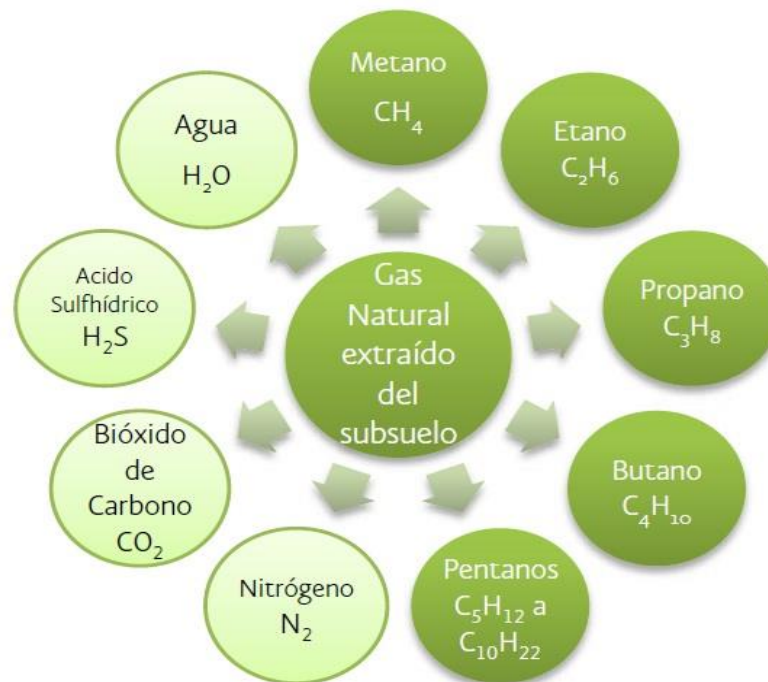
#### **4. MARCO DE REFERENCIA:**

Los temas de referencia a tratar en esta monografía se refieren a:

##### **4.1 Composición del Gas Natural:**

El Gas Natural es un combustible fósil no renovable que tiene una composición química muy alta de metano pero que puede contener etano, propano, butano, pentano y otros gases inertes. Este combustible se obtiene a través de un proceso de explotación del subsuelo y es un producto gaseoso que se encuentra en los yacimientos. La extracción se realiza después de un proceso de perforación y su transporte y distribución en superficie se realiza naturalmente comprimiendo su capacidad para mantener su estado gaseoso y permitir su uso final. Sin embargo, este proceso concentra el transporte a través de ductos o tubos (gasoductos) que permiten a través de un diferencial de presión movilizar el producto a través de una línea de flujo hasta ciertas distancias. Así mismo existen alternativas de almacenamiento que permiten mantener el producto por un periodo de tiempo según requerimiento del usuario.

Gráfico 1. Composición Típica del Gas Natural.



Fuente: (Secretaría de Energía de México)

#### 4.2 Conversiones del combustible para el almacenamiento:

El almacenamiento se puede realizar a través de las siguientes conversiones:

- a) Gas Natural Comprimido (GNC): "El gas natural se comprime a presiones por encima de 200 bares<sup>14</sup> para lograr transportar la mayor cantidad de gas en un volumen reducido. En zonas en donde por factores técnicos y/o económicos no es viable la atención por red física, el GNC se utiliza como gasoducto virtual, en el cual se transporta el gas a través de cilindros de compresión, y se descomprime en estaciones cercanas a las zonas de interés, desde donde se distribuye el gas a los usuarios finales."<sup>15</sup> El GNC también es utilizado de manera de sustituto de la gasolina y del diesel como combustible para uso vehicular.

<sup>14</sup> 1 Bar equivale a 14,503773 PSI

<sup>15</sup> Ecopetrol (Ecopetrol, 2012)

- b) Gas Natural Licuado: Consiste en llevar el gas en su estado natural “gaseoso” a un estado líquido a través de muy bajas temperaturas (menos 162°C) lo que mejora su capacidad de ocupación de espacio para el almacenamiento hasta en 600 veces<sup>16</sup>.

Los sistemas de almacenamiento de gas natural licuado, han permitido generar soluciones de abastecimiento del energético en grandes centros de consumo generalmente en zonas lejanas de la producción gasífera, en puntos donde no es rentable el transporte por gasoducto, en aquellos centros de consumo que tienen picos de consumo para lo cual se requiere un abastecimiento adicional en una época del año (Invierno en países fríos), o donde se requiere estratégicamente la confiabilidad del sistema tal como se plantea en esta monografía.

#### **4.3 El sistema nacional de gas natural que conecta a Bogotá D.C.:**

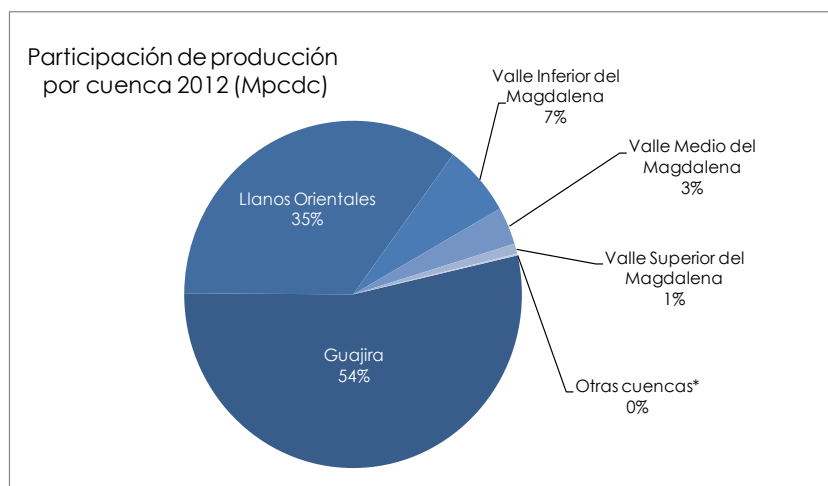
El sistema Nacional de Gas Natural en Colombia está compuesto por:

- a) Producción de Gas Natural: Dos fuentes de producción en dos departamentos del país suministran el 90% de la oferta de gas natural del país; en la Guajira (Chuchupa y Ballenas) se obtiene el 54% y en los llanos Orientales principalmente Cusiana-Cupiagua se obtiene otro 35% tal como se muestra en las imágenes a continuación.

Gráfico 2. Participación de producción por cuenca.

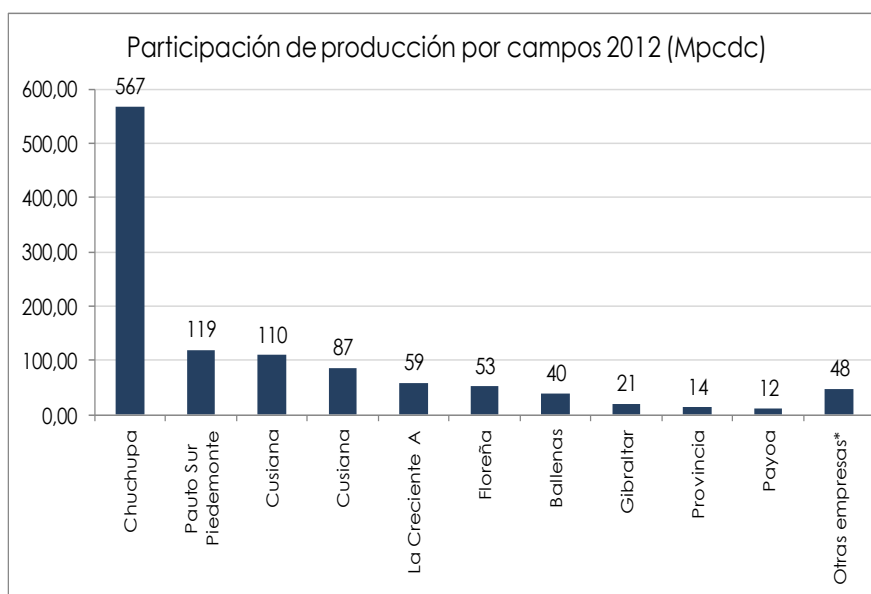
---

<sup>16</sup>Chevron (Chevron, 2011)



Fuente: Informe estadístico Petrolero Asociación Colombiana de Petróleo

Gráfico 3. Participación de producción por campo 2012.



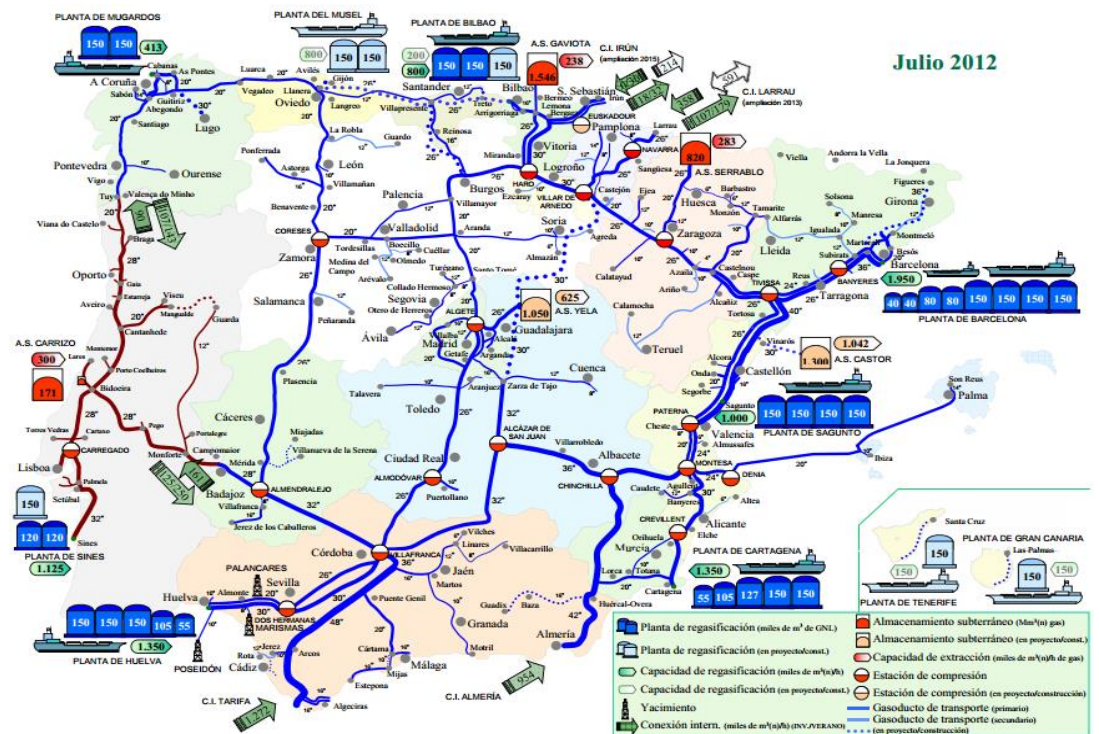
Fuente: Informe Estadístico Petrolero – Asociación Colombiana de Petróleo – ACP-

Otras fuentes menores ayudan a ofrecer el servicio a pequeñas poblaciones y algunas industrias con usos específicos del combustible.



radial y uno de malla es que en el sistema radial se busca realizar una conexión directa entre una fuente de producción determinada y un punto de consumo; en comparación con un sistema de malla en el cual distintos puntos de suministro pueden comunicarse con varios puntos de consumo u otros de suministro, buscando una mayor cobertura y confiabilidad del sistema. El gráfico 5 se presenta el sistema de gas natural español, en el cual se puede observar un sistema enmallado.

Gráfico 5. Mapa red de Gasoductos en España. Año 2012



Fuente: CNE (Comisión Nacional de Energía de España, 2012)

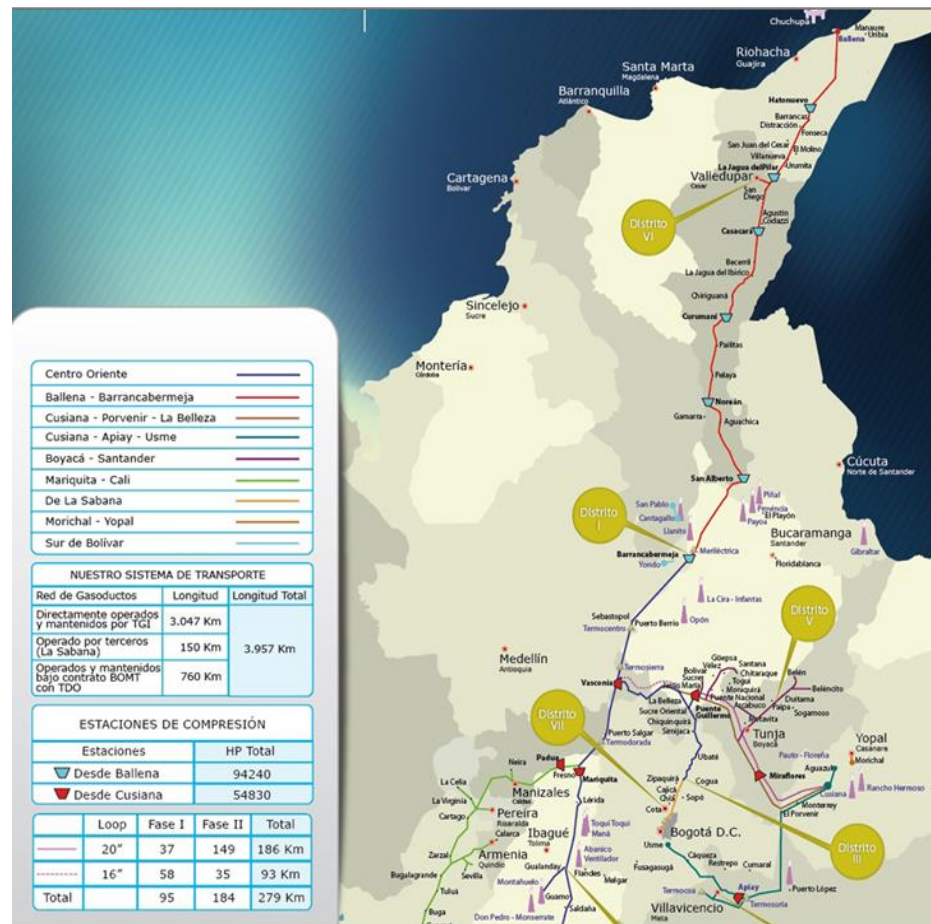
c) 23 Distribuidores

Sin embargo es importante resaltar que Bogotá, si bien se encuentra en el centro del país se conecta al sistema nacional de gas natural así:

a) Tres sistemas de transporte; Barranca – Vasconia, Cusiana – Vasconia y Cusiana – Usme, Estos tres sistemas que son operados por la empresa Transportadora de Gas Internacional – TGI -, están construidos

para llegar a la ciudad, sin embargo en simultaneo sólo pueden operar dos de ellos ya que tienen restricción por estar construidos en la misma línea de conexión.

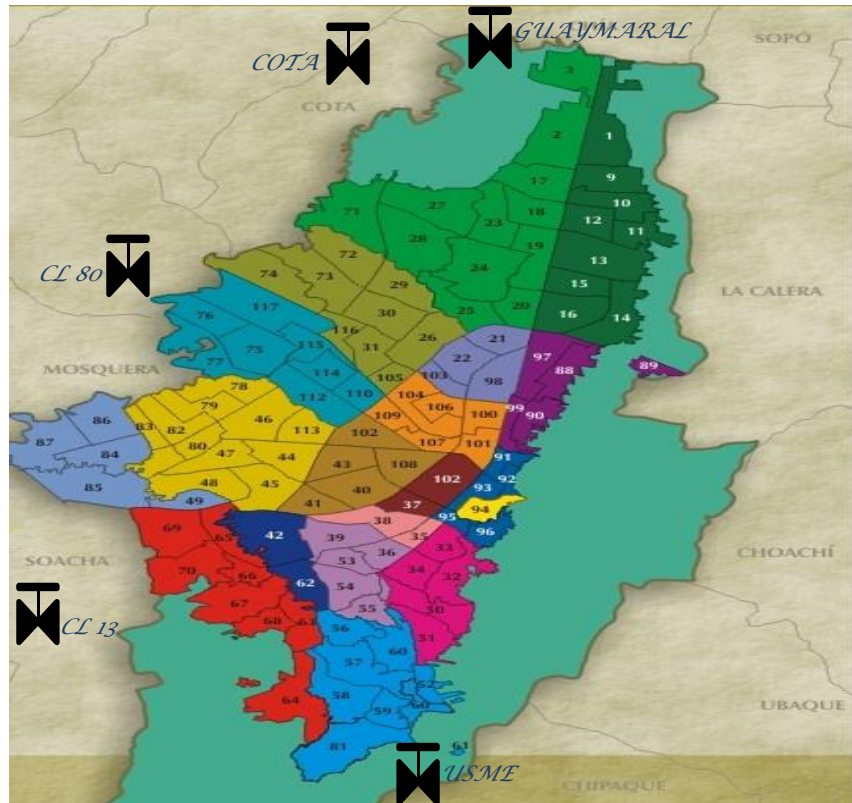
Gráfico 6. Mapa de sistema de transporte conexión a Bogotá D.C.



Fuente: TGI (Empresa Transportadora de Gas Internacional, 2012)

- b) Una red de distribución de 250 PSI que tiene cinco puntos de conexión en Cota (Noroccidente), Guaymaral (Norte), Calle 13 (Suroccidente), Calle 80 (Occidente) y Usme (Sur)

Gráfico 7. Mapa UPZ \_ Sistema de Gasificación, Bogotá D.C.



Fuente: (Secretaria de Planeación Distrital, 2011)

- c) Bogotá recibe gas desde tres puntos de producción que son Cusiana, Gibraltar y Guajira. Estos puntos que se encuentran ubicados en Casanare, Norte de Santander y Guajira respectivamente, cumplen con el suministro de gas que requiere la población de la capital, sin embargo como se explicaba con anterioridad, físicamente el gas que se recibe en el municipio es proveniente únicamente de Cusiana por dos líneas de flujo y la cantidad se obtiene por un sistema operativo denominado SWAP que compensa la realidad operativa con la contractual.

#### 4.4 Descripción de sistemas de almacenamiento.

Una planta de tratamiento típica de GNL puede tener las siguientes estaciones: el pre tratamiento, el pre enfriamiento, la licuefacción, el almacenamiento y cargamento<sup>17</sup>.

<sup>17</sup>Hydrocarbon World 2077 - Small Scale LNG Plant Technologies

a) Pre tratamiento:

Este proceso se inicia por la eliminación de dióxido de carbono y el agua que contiene. Adicionalmente, en el proceso de pre-tratamiento dependiendo del origen del gas natural también se puede requerir extraer el mercurio, el sulfato y los gases ácidos<sup>18</sup>.

El CO<sub>2</sub> se debe eliminar en el pre tratamiento ya que este elemento se puede congelar en las secciones criogénicas que tiene el proceso de la plata.

A continuación se explica un resumen sobre los mecanismos de pre-tratamiento de gas, en el cual se puede identificar el escogido para la valoración financiera de esta monografía que es el Endulzamiento bajo la metodología de absorción con una amina MEA (monoetanolamina), a través de una torre de amina que regenera de la amina saturada con calor y separa el CO<sub>2</sub> absorbido.

---

<sup>18</sup>Ibid,

Gráfico 8. Clasificación de Tecnologías de Endulzamiento

Mecanismo de remoción de CO <sub>2</sub>	Tipo de proceso	Tecnología	Nombre comercial
Absorción química	Regenerativo continuo	Aminas	MEA, DEA, MDEA, DIPA, DGA, Solventes formulados
		Carbonato de potasio	Benfield, Catacarb, Giammarco-Vetrocoke, etc.
	No regenerativo, continuo (arreglo usual: lead/lag)	Hidróxido de sodio	-
Absorción física	Regenerativo continuo	Solventes físicos	Selexol, Rectisol, Purisol, Fluor Solvent, IFPexol, etc.
Absorción físico-química	Regenerativo continuo	Solventes físico-químicos	Sulfinol, Ucarsol LE 701, 702 & 703, Flexsorb PS, etc.
Adsorción física	Regenerativo continuo (secuencia de adsorción/desorción)	Tamices moleculares	Z5A (Zeochem), LNG-3 (UOP), etc.
Permeación	Continuo	Membranas	Separex, Cynara, Z-top, Medal, etc.

Fuente: (TECNA - Tecnología con visión de Negocios)

Por su parte, la deshidratación se realizaría bajo el mecanismo de absorción física con el tipo de proceso de tamices moleculares u osmosis inversa la cual se activa con aluminio y permite ajustar el punto de rocío.

A continuación se muestran en resumen las tecnologías de deshidratación:

Gráfico 9. Tecnologías de Deshidratación

Mecanismo de deshidratación	Tipo de proceso	Tecnología	Nombre comercial
Absorción química	Regenerativo continuo	Glicol	TEG
		Glicol con inyección de gas de stripping	TEG
		Glicol de alta concentración	Drizo, Coldfinger
Absorción física	No regenerativo, continuo	Cloruro de calcio	-
Adsorción física	Regenerativo continuo (secuencia de adsorción/desorción)	Silica gel, Alumina, Tamices moleculares	4A-DG (UOP), Sylobed (Grace), Z4-01 (Zeochem)
Refrigeración	Regenerativo continuo	Condensación	IFPX-1
Permeación	Continuo	Membranas	Separex, Cynara, Z-top, Medal, etc.

Fuente: (TECNA - Tecnología con visión de Negocios)

b) Pre Enfriamiento:

En este proceso se modifica la temperatura y presión del gas previo al proceso de licuefacción, bajo la tecnología de ajuste del punto de rocío. Las tecnologías aplicadas para este proceso se muestran a continuación y para el modelo de valoración de este monografía se tomó como referencia la tecnología de turbo expansión que permiten mezclar el gas natural con el refrigerante que fue inyectado por las turbinas. Actualmente este proceso se puede realizar bajo la misma máquina *componder*. Esta tecnología se consideró porque el gas llega a la planta con unas especificaciones mínimas que indican un tratamiento exigente previo al recibo en los turbo expanders.

Gráfico 10. Tecnologías ajuste de punto de rocío.

Tecnología	Ventajas	Desventajas
Joule Thomson	Proceso auto-refrigerante. No requiere medio de enfriamiento externo. Rango de caudales elevado (turn-down). Operación sencilla.	Alta caída de presión. Si el gas de venta debe ser comprimido (presión de entrega igual a la presión de entrada), el proceso se penaliza por la potencia de recompresión requerida.
Refrigeración Mecánica	Baja caída de presión.	Requiere de un circuito de refrigeración. Puede requerir inyección de un inhibidor de hidratos.
Turboexpansión	Recuperación potencia del expansor para la compresión de gas de venta. Pueden alcanzarse bajos puntos de rocío.	Alta caída de presión. Habitualmente el gas de venta requiere recompresión. Requiere deshidratación exigente aguas arriba.
TSA	Baja caída de presión. Permite alcanzar la especificación de punto de rocío de agua e hidrocarburo simultáneamente.	Temperatura de gas de entrada limitada a 45°C. Habitualmente requiere algún método de enfriamiento del gas.

Fuente: (TECNA - Tecnología con visión de Negocios)

c) La Licuefacción:

El proceso de licuefacción, es el que se caracteriza por producir el enfriamiento del gas hasta alcanzar los -162°C por medio de un lazo

refrigerante, un compresor e intercambiadores de calor que permiten que el gas pase a un estado líquido para que este pueda ser almacenado. En este proceso, el gas se volverá líquido con una capacidad de almacenamiento de 600:1 con respecto al gas natural en estado gaseoso.

Para el caso del modelo financiero de esta monografía y basados en el uso del sistema de pre- enfriamiento, la licuefacción se desarrollaría a través de una caja fría que está diseñado para que el gas natural a licuar circule en contra corriente. Esta caja fría está diseñada para retirar en la sección media por extracción lateral, el C3+ que se condensa en esta sección de la caja (Arrow Energy).

d) Almacenamiento:

Se realiza a través de un tanque cilíndrico de paredes dobles a presión atmosférica entre las cuales se rellena con un aislamiento térmico y tiene material criogénico que permita mantener la temperatura. Adicionalmente, el tanque interno esta comúnmente hecho de acero, níquel, aluminio y concreto. Estos tanques deben contar con unos estándares mínimos de seguridad durante largos periodos de tiempo.

La Unidad se completa con todas las conexiones de llenado y vaciado de GNL, válvulas de venteo y seguridad, accesorios, instrumentación y escalera.

e) Vaporización:

Para que el gas vuelva a su estado gaseoso y lograr inyectarlo a un sistema o red se debe realizar un proceso de vaporización en los cuales se usa usualmente de combustión sumergida. Así mismo para trabajar la presión se instalan bombas ubicadas en el interior del tanque de almacenamiento. Esto hace posible Re gasificar y así poder enviar a una estación de regulación y medición, a fin de adecuar las condiciones de presión a las requeridas para su inyección a la red de distribución.

#### **4.5 Descripción de los riesgos asociados a la confiabilidad del sistema nacional:**

Bogotá D.C., es una zona de consumo de 3,7 Millones de M3 día, correspondiente al 36% del consumo total del país. Este consumo incluye Industrias, estaciones de gas natural vehicular y usuarios residenciales y pequeños comerciales. Cuando la confiabilidad del sistema nacional se ve afectada, las alertas a través de comités de operación se encienden para activar un plan de manejo que permita dar prioridad a los usuarios residenciales, pequeños comerciales y estaciones de GNV porque son los usuarios que en caso de suspensión del servicio tienen riesgo de afectación de integridad a causa de los niveles de seguridad requeridos cuando ocurren estos eventos.

La demanda prioritaria o esencial es establecida por el regulador a través del decreto 2100 del 15 de Junio de 2011.

#### **4.6 Descripción de la regulación actual de gas natural en Colombia y descripción de propuestas regulatorias sobre almacenamiento para confiabilidad.**

Luego de experimentar en el país varios problemas de confiabilidad y discutir sobre los escenarios en los cuales se podría disminuir el impacto de las fallas del sistema o de las restricciones, el Ministerio y la CREG, apoyados por la UPME, han desarrollado algunos mecanismos de carácter regulatorio y económico que permiten estudiar la viabilidad de tener sistemas que garanticen la confiabilidad. Alguno de estos estudios han sido base para considerar las plantas de almacenamiento como uno de los mecanismos de disminuir impactos y aportar a la confiabilidad del sistema.

Algunos de los documentos regulatorios que han dejado el espacio para hablar de estos temas son:

Decreto 2100 de 2011 del Ministerio de Minas y Energía: Por el cual se establece mecanismos para promover el aseguramiento del abastecimiento nacional de gas natural y se dictan otras disposiciones.

Decreto 2807 de 2010 del Ministerio de Minas y Energía: Modificación de decreto 2730 de 2010.

Decreto 2730 de 2010 del Ministerio de Minas y Energía: Instrumentos para asegurar el abastecimiento nacional de gas natural.

Decreto 2687 de 2008 del Ministerio de Minas y Energía: Instrumentos para asegurar el abastecimiento nacional de gas natural.

Resolución CREG 075 de 2008: En el cual entre varias cosas obliga a los agentes compradores del combustible a “Demostrar los mecanismos complementarios que aseguran la continuidad del servicio atendido”.

#### **4.7 Comparación de usos de almacenamiento en de otros países.**

a) Importación: En países donde no cuentan con el recurso propio, deben importar el GNL para suplir las necesidades diarias de toda la demanda. En Europa varios países cuentan con este sistema, un caso puntual es España, cuentan con varias plantas de gran capacidad de almacenamiento en varios puntos del territorio que permiten distribuir a todo el país.

b) Exportación: En países como Argelia o Trinidad y Tobago, donde la producción de gas natural es significativa, cuentan con plantas de licuefacción con las cuales logran vender el gas y traspasar los límites políticos entre territorios. Esto ha permitido expandir el uso del combustible en todo el mundo el cual se lleva a través de buques metaneros que llegan a los países importadores.

c) Peak Shaving: Otra modalidad de plantas de almacenamiento, es una planta de peak shaving o como su nombre lo indica de cortar picos. La única de su estilo en el mundo es la planta de Buenos Aires con la cual se suple el aumento significativo de la demanda en época de invierno, donde se evidencian “picos” de consumo.

#### **4.8 Desarrollo de un modelo de evaluación económica de viabilidad financiera.**

Para realizar un modelo de evaluación económica basado en la alternativa de tener una regulación apta para remunerar este tipo de confiabilidad del sistema, se debe tener en cuenta algunas pautas y criterios que se relacionan en el punto 6 de este documento, en el cual se explican además las variables precisas que se utilizaron en el modelo de esta monografía y las razones por las cuales se tuvieron en cuenta.

Sin embargo, existen otros conceptos que hacen parte del proceso constructivo de la planta que también se deben tener en cuenta y se explican a continuación:

a) Capacidad: No hace referencia sólo a la capacidad volumétrica del almacenamiento sino a la capacidad general del sistema completo, es decir, se deben tener en cuenta 3 capacidades: La de licuefacción, de almacenamiento y de regasificación o vaporación. Para el caso de este modelo las capacidades a evaluar son de 600.000 M3 día, 60.000 M3 de GNL (36.000.000 M3 en estado gaseoso) y 7.200.000 M3 día en cada fase del proceso respectivamente. Debido a que el objetivo del proyecto es la confiabilidad del sistema y no la comercialización o apertura de nuevos mercados, la capacidad con la cual se evalúa el proyecto se refiere al mínimo en el cual se puede sustentar la ausencia del servicio por los medio comunes. Para esto, considerando la demanda y el periodo más alto de suspensión de servicio en Bogotá.

- b) Ubicación: La planta del modelo es una planta in situ en la ciudad de Bogotá, que tiene los tres procesos asociados y debe ser usada únicamente en caso de emergencia para garantizar la confiabilidad del sistema.
- c) Demanda: La estimación de demanda, como se explica más adelante, se realizó con el más reciente estudio de la UPME en el cual hacen referencia a la tasa media de incremento anual de la demanda para cada sector. La demanda actual de la ciudad de Bogotá se encuentra distribuida así:

Residencial  
Comercial  
Industrial  
GNV

La tasa promedio anual de incremento de demanda para los años 2012 a 2020 es de 2% en la zona centro (donde está incluida la demanda de Bogotá D.C.)<sup>19</sup>

- d) Ingresos: Debido a que el mercado gas natural en Colombia es regulado cualquier proyecto para promover la inversión en el sistema requiere de una aprobación por parte del ente regulador que a su vez permita la remuneración a través de una tarifa. Teniendo en cuenta esto, los ingresos para el proyecto se sustentan en una tarifa aprobada para las inversiones, como se explica en el numeral 6.

---

<sup>19</sup>Proyección de demanda de Gas Natural. Revisión Julio 2010. (Unidad de Planeación Minero Energética, 2011).

## 5. ASPECTOS METODOLÓGICOS:

Tipo de investigación: Deductivo– Cuantitativo

Tratamiento de la información: Clasificación y análisis

Técnicas de recolección de información: Proyectos afines, compilaciones, libros, artículos de investigación, trabajos presentados en seminarios, conferencias y eventos similares, entrevistas realizadas a expertos, artículos de prensa, memorias e internet

## **6. RESULTADOS**

Luego de realizar la investigación teórica que soporte un modelo de evaluación económica, se procedió a incluir en el modelo los siguientes datos básicos para la construcción de una planta de almacenamiento con las siguientes características

### **6.1 Variables cuantitativas a tener en cuenta en la evaluación financiera de una planta de almacenamiento de GNL**

A continuación se presenta el listado de las principales variables cuantitativas identificadas que tienen incidencia en la evaluación financiera del proyecto planta de almacenamiento de GNL, al igual que una breve descripción de los mismos aplicada a la evaluación realizada en este trabajo.

#### **6.1.1 Variables Relacionadas con la Financiación**

- **Grado de apalancamiento del proyecto:** El grado de apalancamiento hace referencia a la conformación del capital que será obtenido para la construcción del proyecto. Las dos fuentes principales de financiación previstas son deuda y capital de los accionistas. Para el caso puntual de un proyecto de infraestructura como el planteado en este trabajo, en el cual el presupuesto de inversión es bastante considerable y la recuperación es de largo plazo, se propone la utilización de bonos emitidos en pesos colombianos e inscritos en la Bolsa de Valores de Colombia, o la conformación de un crédito sindicado en pesos colombianos con la participación de distintos bancos nacionales. Se prefiere la financiación denominada en pesos debido a que los ingresos del proyecto estarían asociados a tarifas reguladas denominadas en pesos colombianos conforme la legislación vigente para la actividad de distribución de gas natural. De la misma forma, los gastos de Administración, Operación Y Mantenimiento-AO&M, y otras variables de mediano y largo plazo

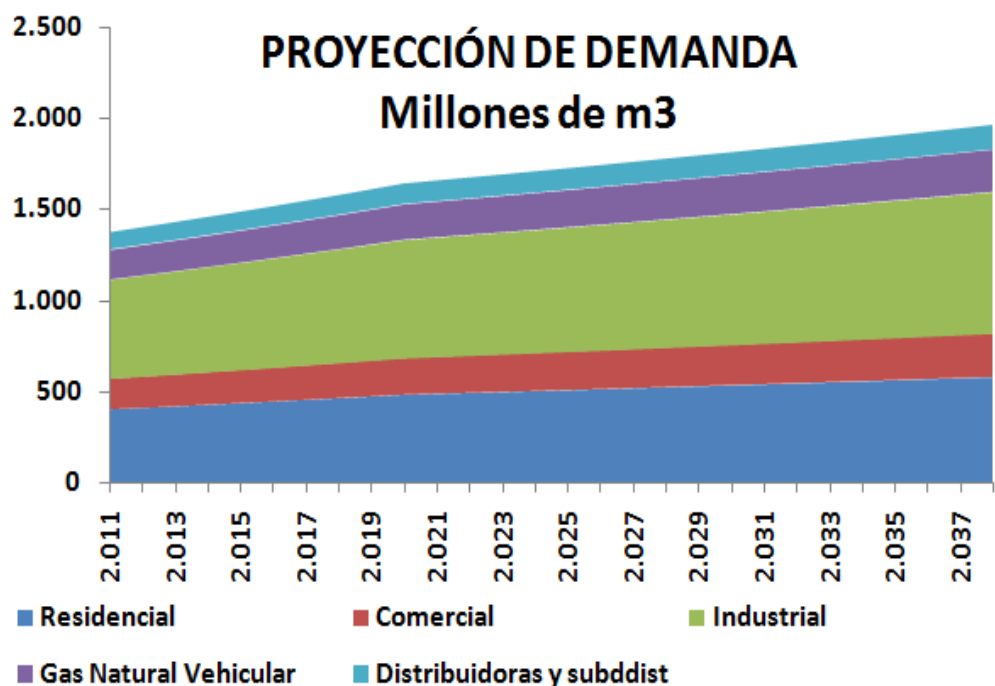
estarían causados en pesos, razón por la que se busca que la financiación con terceros para el proyecto sea tasada en moneda local, para tener una cobertura natural al riesgo cambiario.

- **Plazo de la deuda:** Tratándose de un proyecto de infraestructura como el descrito en este trabajo, y la naturaleza de largo plazo de la tarifa regulada (periodo de recuperación a 25 años), la preferencia es obtener un plazo de la deuda no menor a 10 años, de preferencia entre 15 y 20 años; de modo que los ingresos generados en el año permitan cubrir el servicio de la deuda de manera adecuada. Plazos menores que los planteados colocan el riesgo la solvencia del proyecto y la posibilidad de cubrir los compromisos adquiridos con los acreedores.
- **Tasa de interés de financiación:** Esta variable hace referencia al costo de los recursos prestados por terceros para el proyecto. Debido a la alta demanda demostrada en los últimos 5 años por los Bonos Ordinarios, se propone la estructuración y emisión de bonos en el mercado colombiano denominados en pesos. La estructuración de este tipo de instrumentos financieros no es una tarea sencilla, por lo que es aconsejable el acompañamiento de una Banca de Inversión y la estructuración de una serie de mecanismos que den respaldo y confianza a los posibles inversionistas. Las ventajas son claras en relación al plazo y costo de la deuda que a través de bonos ordinarios se podría obtener. En los anexos se presenta el resultado de la emisión de bonos ordinarios de los últimos 3 años para el sector energético, el sector real y el sector financiero, donde se puede apreciar las tasas de financiación.

#### 6.1.2 Variables Relacionadas con el Core de Negocio

- **Proyección de demanda:** La proyección de la demanda utilizada en el cálculo de los ingresos del proyecto fue calculada con base en los consumos reales anuales que tuvo el mercado relevante de Bogotá durante el 2011, y las premisas de crecimiento consignadas en el documento de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética, 2011)

Gráfico 11. Proyección de Demanda – base del modelo en Excel.



Fuente: Gráfica elaborada por el autor con base en la información de consumos reportada por el Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos y las premisas de crecimiento consignadas en el documento de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética, 2011)

- **Tarifa de prestación del servicio:** Los ingresos del proyecto provienen del pago de la tarifa a establecer por la CREG como contraprestación por el servicio de almacenamiento, al igual que se hace en la actualidad por las demás actividades empresariales dentro de la cadena de suministro del gas natural. Para

propósitos de este trabajo se utilizó una metodología similar a la establecida en las distintas resoluciones de la CREG, con la cual se determina la tarifa de remuneración en proyectos de construcción de infraestructura y prestación de servicios relacionados con las actividades de distribución y transporte de gas natural<sup>20</sup>. Básicamente la regulación existente busca establecer el cociente del valor presente de las inversiones de capital y los gastos de administración, operación y mantenimiento, dividido entre el valor presente de la estimación de la demanda.

De esta forma, el modelo de evaluación preparado para este trabajo incluye una estimación de la tarifa de prestación del servicio, la cual se estima utilizando el presupuesto de inversiones de capital, gastos de AO&M, y proyección de demanda de acuerdo a la fórmula planteada a continuación:

$$Tarifa = \frac{(VPN_{Capex} + VPN_{AO\&M})}{VPN_{Demanda}}$$

- **Tasa de Costo de Capital (WACC) Regulatorio:** De acuerdo con lo expuesto en este capítulo con relación a la definición de “*Tarifa de prestación del servicio*”, la regulación vigente plantea la utilización de una tasa de costo de capital regulado para calcular la tarifa de remuneración de proyectos de infraestructura de este tipo. Para propósitos de este trabajo se realizó el cálculo de los valores presentes netos con la tasa de retorno o *wacc* regulatorio vigente para la actividad de distribución de gas natural, es decir 11,31% antes de impuestos<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> La resolución CREG 126 de 2010 estableció los criterios generales para la remuneración del servicio de Transporte de gas natural, al igual que la Resolución CREG 011 de 2003 estableció los criterios generales para la remuneración del servicio de Distribución. (Comisión de Regulación de Energía y Gas )

<sup>21</sup> Resolución CREG 035 de 2006 (Comisión de Regulación de Energía y Gas ).

- **Inversiones de Capital (CAPEX):** Las inversiones de capital hacen referencia de aquellas erogaciones que la compañía a cargo del proyecto debe realizar con el fin de adquirir los equipos, construir las instalaciones y poner en funcionamiento la planta de almacenamiento de GNL. Para este trabajo, se obtuvieron cotizaciones de proveedores internacionales y firmas de ingeniería que permitieron construir el presupuesto con el que se realizó la evaluación del modelo financiero a aplicar. Debido a la confidencialidad de la información por motivos de competencia en precios de los proveedores y solicitud expresa de los mismos, esta información no será divulgada ni entregada en este trabajo. A pesar que esta información no se muestre en el trabajo escrito, el presupuesto de inversión hace parte de los cálculos financieros que este trabajo pretende obtener y los cuales serán presentado en los siguientes capítulos.
- **Gastos administración, operación y mantenimiento (AO&M):** Los gastos de Administración, Operación y Mantenimiento del proyecto. Los AO&M incluyen gastos y costos relacionados principalmente con: Personal, gastos generales, amortización de licencias y otros intangibles, insumos directos, mantenimientos y reparaciones, honorarios, servicios públicos, combustibles y lubricantes, seguros, impuestos (distintos de renta), servicios, entre otros. La estimación de gastos de AO&M fue realizada con contratistas con experiencia en este tipo de proyectos. Al igual que con el presupuesto de inversiones de capital, debido a la confidencialidad de la información por motivos de competencia en precios de los proveedores y solicitud expresa de los mismos, esta información no será divulgada ni entregada en este trabajo. A pesar que esta información no se muestre en el trabajo escrito, el presupuesto de inversión hace parte de los cálculos financieros

que este trabajo pretende obtener y los cuales serán presentado en los siguientes capítulos.

### 6.1.3 Variables de Tipo Fiscal

- **Depreciación:** La depreciación ya sea contable o fiscal pretende capturar la deducción sobre impuestos asociada a la actividad de inversión en activos tangibles, a través de un costo periódico plasmado en el estado de resultado y las declaraciones de impuesto de renta de las compañías. En el caso puntual del proyecto propuesto se refiere a la depreciación de la inversión en la compra, construcción, instalación y puesta en punto de la planta de almacenamiento de GNL. De manera genérica y por norma contable<sup>22</sup>, la Maquinaria y Equipo se deprecia a 10 años bajo el método de depreciación lineal. Para efectos de este trabajo no se aplicará ningún tipo de depreciación acelerada y la depreciación fiscal será igual a la depreciación contable.
- **Impuesto sobre la renta:** De acuerdo con el estatuto tributario vigente, la tarifa del impuesto de renta en sociedades comerciales como anónimas, limitadas, o asimiladas a estas, y las sociedades extranjeras a partir del año 2008 es 33%. Ésta tarifa será la aplicada en la evaluación financiera que trata este trabajo.

### 6.1.4 Variables Relacionadas con el análisis financiero

- **Horizonte de Proyección:** Considerando que la regulación vigente en materia de infraestructura de energía y servicios públicos establece un periodo de recuperación entre 20 y 25 años, se utilizó un horizonte de proyección de 25 años para la evaluación financiera del proyecto.

---

<sup>22</sup>Decreto 3019 de 1989. (Ministerio de Minas y Energía - Colombia, 2012)

- **Tasa de Cambio:** La importancia de esta variable macroeconómica radica principalmente en que una parte importante de los equipos de licuefacción y regasificación son importados, y constituye un foco de incertidumbre durante el periodo de compra y llegada al país de dichos equipos. Luego de que los equipos fueron pagados y traídos al país, la incertidumbre por tasa de cambio se vuelve de menor importancia teniendo en cuenta que los ingresos sería a tarifas reguladas denominadas en pesos colombianos conforme la legislación vigente para la actividad de distribución de gas natural, y ésta es la misma razón por la que se busca que la financiación con terceros para el proyecto provenga de bancos locales, de modo de tener una cobertura natural al riesgo cambiario, teniendo las variables de mayor impacto presentes en el mediano y largo plazo del proyecto denominadas en pesos (Tarifa, ingresos, deuda, costos de administración, operación y mantenimiento, entre otras). Debido a que el impacto relevante de la tasa de cambio será únicamente sobre el 1er año de vida del proyecto, no se considera una proyección de tasa de cambio, por lo cual se dejará un valor fijo durante el horizonte de proyección. La tasa de cambio aplicada en este trabajo será de 1.800 pesos por dólar.
- **Valor de Salvamento:** El valor de salvamento en valoraciones financieras de compañías y proyectos hace referencia a un valor determinado colocado en el último periodo del horizonte de proyección con el fin de capturar la vida del proyecto más allá del horizonte de proyección. El valor de salvamento utilizado para esta evaluación consiste en una anualidad perpetua con gradiente de crecimiento exponencial. El valor de salvamento en este caso está generado por una anualidad perpetua calculada usando el último flujo de caja operativo después de impuestos, la tasa de descuento del modelo, y un gradiente de crecimiento basado en

el delta de crecimiento de los dos últimos periodos de proyección (Año 24 y 25). Adicionalmente, se castiga el valor de salvamento al 50% del monto mencionado bajo el cálculo anterior por motivos de obsolescencia e incertidumbre. El impacto del valor de salvamento sobre los cálculos de rentabilidad es bajo debido a que por estar ubicado al final del horizonte proyectado, este valor sufre del efecto de la de descuento por 25 años, disminuyendo considerablemente su valor visto en el periodo 0.

- **Tasa de descuento:** La metodología de valoración escogida para la evaluación financiera de la planta de almacenamiento de GNL es *flujos de caja descontados*, para lo cual se hace necesario la utilización de una tasa de descuento que refleje las expectativas de rentabilidad de un inversionista tipo. La tasa de descuento aplicable varía para cada empresa dependiendo de sus propias fuentes de financiación, sector al que pertenece, marco estratégico y expectativa de rentabilidad de largo plazo. Para el presente trabajo se utilizó la tasa de descuento vigente propuesta por la Comisión de Regulación de Energía y Gas-CREG para compañías de distribución de acuerdo con la metodología Capital Asset Pricing Model-CAPM, a través de la cual se tendría con una tasa de retorno para el inversionista  $k_e$  de 10,99%.
- **Rendimientos financieros:** Los rendimientos financieros hacen referencia a la remuneración que recibe la compañía por los fondos generados en el proyecto no utilizados. La tasa de interés utilizada es el DTF de acuerdo con la proyección realizada por Interbolsa<sup>23</sup>. Los rendimientos financieros toman mayor relevancia durante el periodo entre el desembolso de la financiación y el pago del principal en la modalidad de crédito o bonos tipo bullet, donde el principal de la deuda es pagado al final de la obligación,

---

<sup>23</sup> (Interbolsa, 2011)

y como tal la compañía debe hacer un ahorro importante para poder cumplir con el pago del principal al final del periodo de financiación.

## **6.2 Construcción del Modelo de Valoración:**

Como se ha mencionado antes en el presente trabajo, la evaluación financiera del proyecto Planta de Almacenamiento de GNL se realizó a través de la construcción de un modelo de valoración que calcula los flujos futuros de caja descontados estimados para el proyecto. Para la construcción del modelo se utilizó herramientas ofimáticas, puntualmente Microsoft Office Excel®, y se aplicaron conocimientos financieros y económicos como los mencionados en el capítulo anterior “Variables cuantitativas a tener en cuenta en la evaluación financiera de una planta de almacenamiento de GNL”

Vale la pena resaltar que el modelo de valoración y la información incluida en el archivo de Excel solo presentan el caso base, el cual a pesar de ser la mejor visión del cálculo de los resultados económicos del proyecto, es una visión estática de un solo escenario en lo que se llama el *análisis determinístico*. Con el fin de asesorar de una manera más completa la evaluación de la inversión sobre el proyecto teniendo en cuenta el grado de incertidumbre existente en un proyecto en su fase de factibilidad, adicionalmente se presenta un estudio de sensibilidad basado en un *análisis probabilístico* el cual pretende evaluar el comportamiento del proyecto de inversión ante distintos escenarios de las principales variables. Bajo el análisis probabilístico se obtendrá una mejor información respecto a los posibles rangos de escenarios que podrían ocurrir al tener distintos comportamientos e interacciones de las variables del proyecto.

La evaluación probabilística fue realizada utilizando Oracle CrystalBall®, el cual es un programa para el análisis del riesgo y la incertidumbre que utiliza simulaciones de montecarlo. Estas simulaciones aplicadas en el modelo generan distintos números aleatorios dentro de un rango programado de unas variables definidas, y aplica estos números como escenarios permitiendo

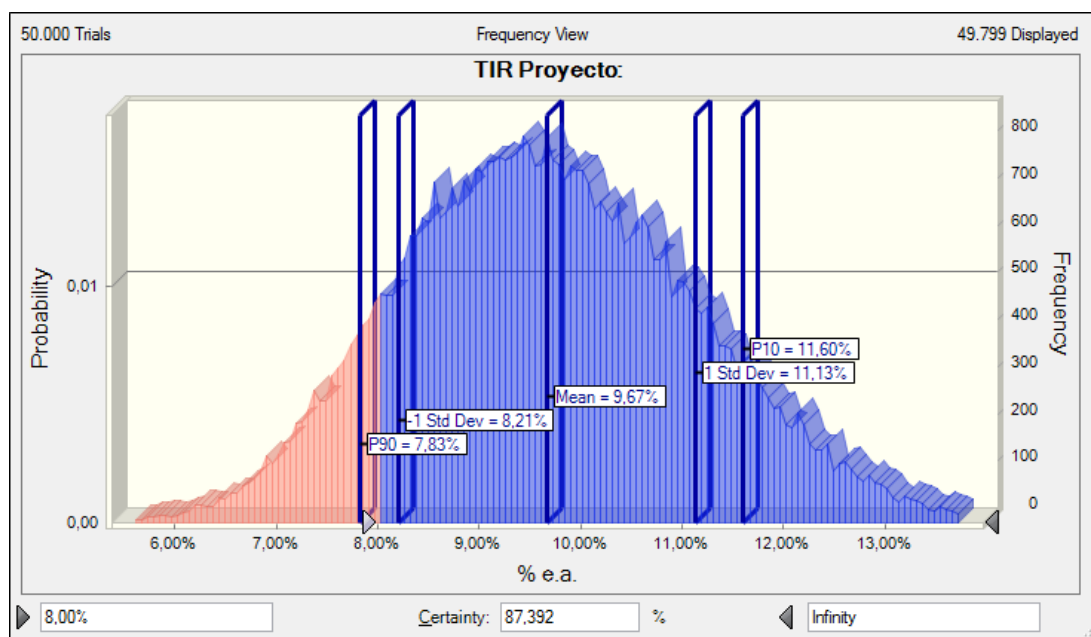
obtener resultados distintos sobre las variables de salida. Este proceso iterativo se repite miles de veces sobre todas las variables del modelo. Los resultados de cada iteración sobre cada variable de salida son graficados para su mejor análisis e interpretación.

### 6.3 Evaluación Financiera y Análisis de Sensibilidad:

A continuación se presentan los resultados de la evaluación financiera sobre el proyecto de inversión Planta de Almacenamiento de GNL teniendo en cuenta los lineamientos descritos anteriormente en este trabajo. Los resultados de la evaluación financiera son presentados a través de gráficas del análisis probabilístico para 50.000 iteraciones de las 3 variables de salida seleccionadas, tal como se muestra a continuación:

- Tasa interna de retorno del proyecto antes de financiación (TIR Proyecto).

Gráfico 12. Resultado – Análisis probabilístico TIR del Proyecto. Se obtiene del Modelo



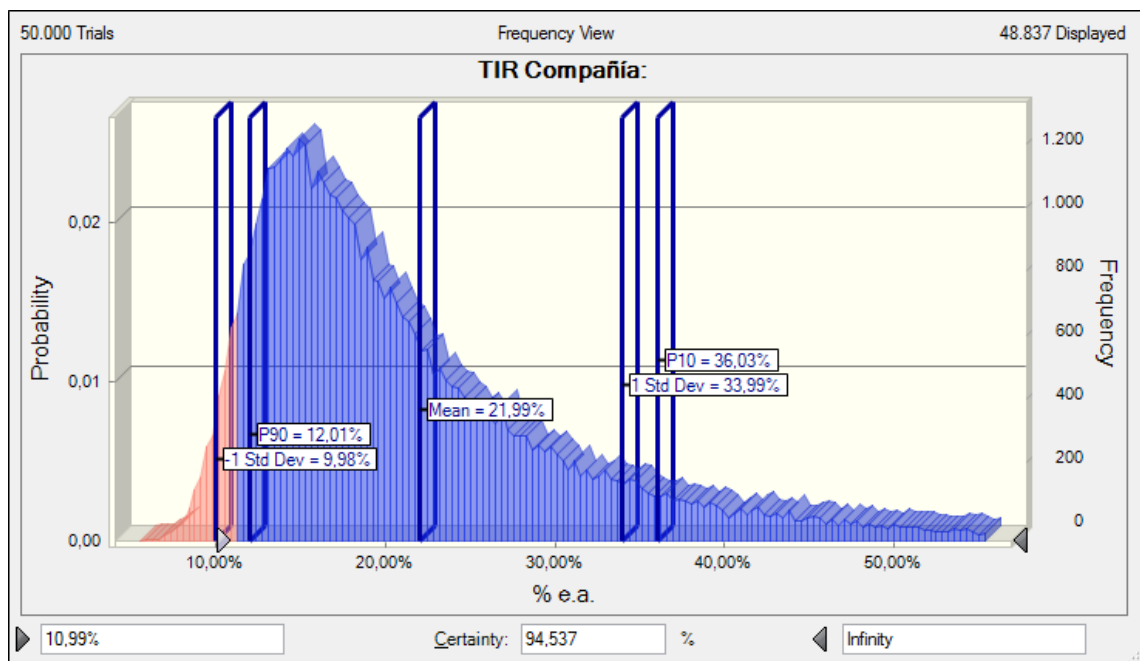
Fuente: El Autor

Como se puede observar en la gráfica anterior, la TIR del proyecto después de impuestos tiene una media de 9,67%, con un percentil 90 y 10 de 8,21% y 11,60% respectivamente

Se realizó un ejercicio de acotar los resultados por encima de 8% los cuales están representados por el área azul de la gráfica, a través de la cual se puede identificar que en un 87,39% de los escenarios la TIR del proyecto se va a encontrar por encima de 8%, porcentaje que representa la tasa de financiación esperada para el proyecto. Si el proyecto tiene una TIR mayor a la tasa de financiación, se espera que la TIR de la compañía sea considerablemente superior teniendo en cuenta el alto grado de apalancamiento del proyecto.

- Tasa interna de retorno para el accionista (TIR Compañía)

Gráfico 13. Resultado – Análisis Probabilístico TIR de la compañía. Se obtiene del Modelo.



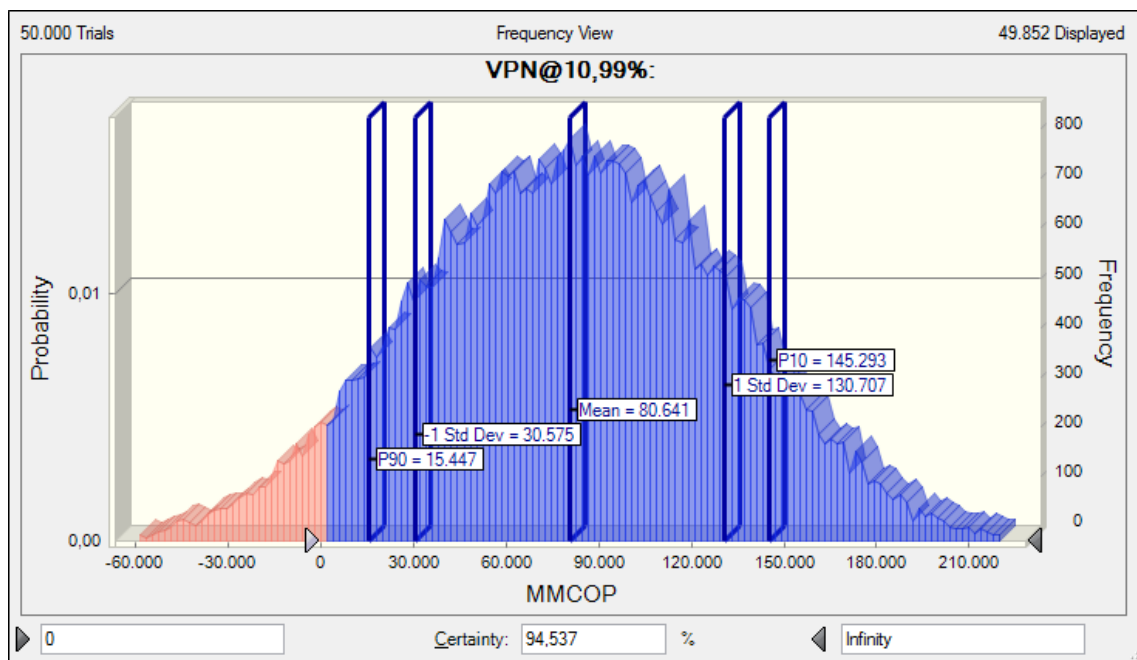
Fuente: El Autor

Como se puede observar en la gráfica anterior, la TIR de la Compañía después de impuestos tiene una media de 21,99%, con un percentil 90 y 10 de 12,01% y 36,03% respectivamente.

Se realizó un ejercicio de acotar los resultados por encima de 10,99% que es la tasa de descuento aplicable. Los resultados están representados por el área azul de la gráfica, a través de la cual se puede identificar que en un 94,537% de los escenarios la TIR de la compañía se va a encontrar por encima de 10,99%.

- Valor presente neto para la compañía (VPN compañía)

Gráfico 14. Resultado – Análisis probabilístico VPN Compañía. Se obtiene del modelo.



Fuente: El Autor

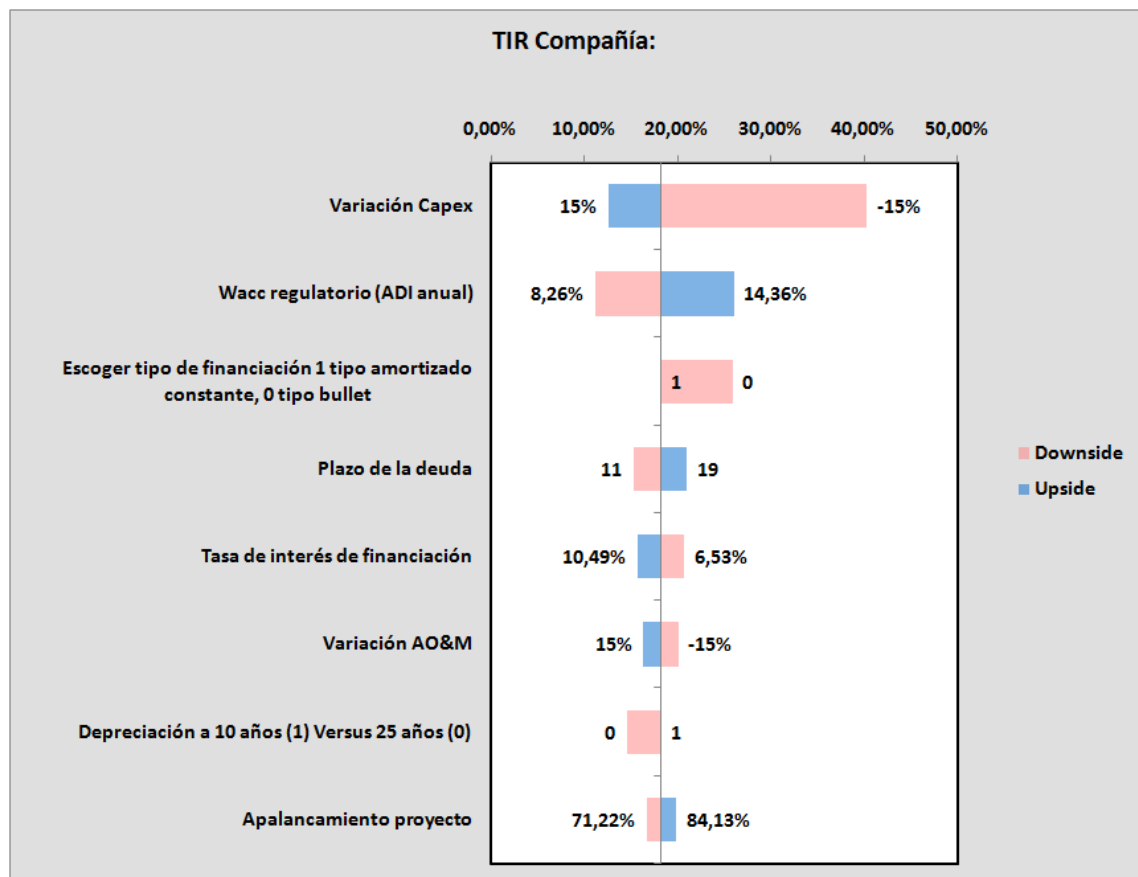
Conforme se describe en la anterior gráfica, el VPN de los flujos de caja para la compañía después de financiación e impuestos descontados a una tasa de 10,99% tiene una media de 80.641 Millones de Pesos, con un P90 y P10 de 15.447 y 130.707 Millones de Pesos respectivamente.

El área azul de la gráfica presenta el rango de escenarios que generaron un VPN con una tasa de 10,99% mayor que CERO, es decir una utilidad del proyecto de inversión. La probabilidad de obtener un VPN mayor que cero es de 94.537%.

#### **6.4 Cuantificación del impacto de las principales variables del modelo**

A continuación se presenta el análisis del tornado el cual permite identificar cuáles son las variables de entrada de mayor impacto sobre la TIR de la compañía, y que valores se pueden esperar de esta última en el caso de presentarse escenarios extremos tanto positivos como negativos de cada una de las variables de entrada. Las variables a continuación relacionadas están organizadas de mayor a menor de acuerdo al nivel de impacto que tengan:

Gráfico 15. Resultado – Tornado. Impacto de las variables en la TIR. Se obtiene del modelo.



Fuente: El Autor

De la anterior gráfica podemos concluir que las variables que pueden impactar (positivamente o negativamente) en mayor medida al proyecto se presentan a continuación ordenadas de mayor a menor. Todas las comparaciones son respecto a la TIR compañía en el caso base que es 18,55%:

- **Variaciones del Capex:** Ahorros del 15% en las inversiones de capital podrían hacer que la TIR para la compañía alcance 40,28%. Por otro lado, si el presupuesto de inversiones del proyecto se sobre ejecuta en un 15%, la TIR de la compañía sería de tan solo 12,58%.
- **WACC Regulatorio (ADI Anual):** Al igual que en el punto anterior, si en lugar de obtener aprobación por parte de la CREG de un WACC

regulatorio de 11,31%, el proyecto tuviera un WACC de 8,26% la TIR de la compañía fuera tan solo 11,12%. Por el contrario, si el WACC regulatorio llegase a ser 14,36% la TIR de la compañía fuera 26,05%.

- **Tipo de financiación entre amortización constante o tipo bullet:** Si en lugar de obtener una financiación con amortización constante se obtiene una financiación con bonos tipo bullet en el que el capital se pague al final del periodo de la deuda, la TIR de la compañía sería de 25,93%.
- **Plazo de la deuda:** Esta variable nos permitiría obtener una TIR para la compañía de 21,05% si el plazo de la deuda aumentara a 19 años, en comparación con una TIR compañía de 15,26% si el término de la deuda fuera 11 años.
- **Tasa de Interés de la financiación:** Si el proyecto obtiene una financiación de 6,53%, la TIR para la compañía fuera 20,69%, en comparación con una TIR compañía de 15,71% si la financiación con terceros tuviera un costo de 10,49%.

Las demás variables del proyecto tienen un rango entre el escenario alto y bajo de menos de 4% sobre la TIR Compañía, por lo tanto no se consideran relevantes para este análisis.

Es importante anotar que las anteriores conclusiones asociadas al análisis de tornado son realizadas bajo el supuesto que las demás variables permanecen inmodificables en comparación con el escenario base. Esto permite identificar los posibles escenarios a obtener sobre una variable de salida que se ve afectada por variaciones en una de las variables de entrada. La mayor utilidad del análisis de tornado es poder priorizar cuales son las variables que más hay que cuidar en la matriz de riesgo de un proyecto de modo de mantener los resultados dentro de los rangos deseados.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Como recomendación final, luego de realizar la evaluación financiera para el proyecto de la planta de almacenamiento de Gas Natural Licuado, utilizando las variables expuestas en este documento y realizando los análisis de sensibilidad requeridos, la inversión en el proyecto se recomienda que genera resultados positivos en TIR del Proyecto, TIR de la compañía y VPN del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Arrow Energy** [En línea] / aut. Arrow Energy. - Octubre de 2012. - <http://www.arrowenergy.com.au>.
2. **BP** [En línea] / aut. BP // Statistical review of world energy 2009. Modes of distribution. ON THE MOVE; A CENTURY OR ENERGY TRANSPORTATION. . - <http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9039594&contentId=7052273>.
3. **Chevron** [En línea] / aut. Chevron. - 2011. - 2011. - <http://www.chevron.com/deliveringenergy/naturalgas/liquefiednaturalgas/>.
4. **CNE** [En línea] / aut. Comisión Nacional de Energía de España. - 2012. - Septiembre de 2012. - [www.cne.es](http://www.cne.es).
5. **Comisión Económica para América Latina y el Caribe** [En línea] / aut. Naciones Unidas en Asociación con Cepal. - 2002. - Junio de 2011. - <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/10774/L515.pdf>.
6. **Comité Nacional de Operaciones - Seccional Gas** [En línea] / aut. CNO Gas. - 2011. - 2012. - <http://www.cnogas.org.co/asp/documentacion.asp?id=25&idi=0>.
7. **CREG** [En línea] / aut. Comisión de Regulación de Energía y Gas . - [http://www.creg.gov.co/html/i\\_portals/index.php](http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php).
8. **Ecopetrol** [En línea] / aut. Ecopetrol. - 2012. - 2011. - [www.ecopetrol.com](http://www.ecopetrol.com).

9. **Instituto Argentino del Petroleo y Gas** [En línea] / aut. TECNA - Tecnología con visión de Negocios. - Octubre de 2012. - <http://www.iapg.org.ar/sectores/eventos/eventos/listados/presentacionesjornadas/004.pdf>.
10. **Interbolsa** [En línea] / aut. Interbolsa // Colombia Fenomeno de Inversión Entre los Mercados Emergentes. . - Septiembre de 2011. - 2012. - <http://www.interbolsa.com>.
11. **Itansuca - Proyectos de Ingeniería para el sector Energético** [En línea] / aut. ITANSUCA. - 2012. - [www.itansuca.com](http://www.itansuca.com).
12. **minminas.gov.co** [En línea] / aut. Ministerio de Minas y Energía - Colombia. - 2012. - Enero de 2012. - [www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co).
13. **SDP** [En línea] / aut. Secretaria de Planeación Distrital. - 2011. - 2011. - <http://www.sdp.gov.co/>.
14. **SENER - Secretaria de Energía** [En línea] / aut. Secretaria de Energía de México. - Enero de 2012. - <http://sener.gob.mx/portal/Mobil.aspx?id=1505>.
15. **SUI** [En línea] / aut. Sistema Único de Información de Servicios Públicos. - 2012. - Septiembre de 2012. - [www.sui.gov.co](http://www.sui.gov.co).
16. **TGI** [En línea] / aut. Empresa Transportadora de Gas Internacional. - 2012. - 2011. - [ww.tgi.com.co](http://ww.tgi.com.co).
17. **UPME** [En línea] / aut. Unidad de Planeación Minero Energética. - 2011. - 2011. - <http://www.upme.gov.co/>.

## **ANEXOS**

TABLA RESULTADO DE EMISIONES RENTA FIJA AÑO 2011



OPERACIONES ESPECIALES BVC- SPECIAL OPERATIONS  
 RENTA FIJA FIXED - INCOME SECURITIES  
 2011

Emisor Issuer	Fecha Date	Clase Type	Tipo de Valor Security Type	Plazo de Redención Redemption Tenor	Tasa de Corte Cut-off Rate	Monto Adjudicado Allocated Amount (COP 000.000)	Total Adjudicado Total Allocated (COP 000.000)	Monto Demandado Bid Amount (COP 000.000)
<b>SECTOR ENERGÉTICO</b>								
Interconexión Eléctrica S.A.	01/12/1 1	Deuda Sector	Bonos Deuda	SERIE A - 12 AÑOS SPREAD SOBRE IPC	4.47% E.A.	\$ 180.000	\$ 300.000	\$ 380.427

<b>E.S.P.</b>		Público	Pública Interna	E.A.				
<b>Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.</b>	01/12/1 1	Deuda Sector Público	Bonos Deuda Pública Interna	SERIE B - 30 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.84% E.A.	\$ 120.000		\$ 396.559
<b>TranSelca S.A. E.S.P.</b>	11/10/1 1	Deuda Sector Público	Bonos Deuda Pública Interna	SERIE A SUBSERIEA10 - 10 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.20% E.A.	\$ 80.000	\$ 180.000	\$ 189.420
<b>TranSelca S.A. E.S.P.</b>	11/10/1 1	Deuda Sector Público	Bonos Deuda Pública Interna	SERIE A SUBSERIEA15 - 15 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.48% E.A.	\$ 100.000		\$ 246.520
<b><u>SECTOR INFRAESTRUCTURA Y/O SERVICIOS PÚBLICOS</u></b>								
<b>UNE EPM Telecomunicacio</b>	20/10/1 1	Deuda Sector	Bonos Deuda	SERIE A SUBSERIEA5 - 5 AÑOS SPREAD SOBRE	3.67% E.A.	\$ 150.0	\$ 300.000	\$ 257.0

nes S.A.		Público	Pública Interna	IPC E.A.		00		90
<b>UNE EPM Telecomunicacio nes S.A.</b>	20/10/1 1	Deuda Sector Público	Bonos Deuda Pública Interna	SERIE A SUBSERIEA12 - 12 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.76% E.A.	\$ 150.0 00		\$ 160.4 80
<b>Telefónica Móviles Colombia S.A.</b>	11/05/1 1	Deuda Sector Real	Papeles Comercia les	SERIE A SUBSERIEA363 - 363 DÍAS	5.59% E.A.	\$ 18.05 5	\$ 318.055	\$ 38.95 5
<b>Telefónica Móviles Colombia S.A.</b>	11/05/1 1	Deuda Sector Real	Papeles Comercia les	SERIE A SUBSERIEA363 - 363 DÍAS	IBR + 1.39% N.M.V.	\$ 300.0 00		\$ 336.8 75
<b><u>SECTOR REAL</u></b>								
<b>Cementos Argos S.A.</b>	01/03/1 1	Deuda Sector Real	Papeles Comercia les	SERIE A SUBSERIEA360 - 360 DÍAS	4.88% E.A.	\$ 53.660	\$ 199.030	\$ 95.09 0
<b>Cementos Argos S.A.</b>	01/03/1 1	Deuda Sector Real	Papeles Comercia	SERIE C SUBSERIEC330 - 330	IBR + 0.96%	\$ 145.37		\$ 304.3

			les	DÍAS	N.M.V.	0		70
<b>SECTOR FINANCIERO</b>								
<b>Banco Colpatría Multibanca Colpatría S.A.</b>	10/11/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Subordinados	SERIE FS - 10 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	5.25% E.A.	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ 112.87 7
<b>Bancolombia S.A.</b>	02/11/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB2.5 - 2.5 AÑOS SPREAD SOBRE DTFT.A.	1.85% T.A.	\$ 127.282	\$ 600.000	\$ 286.56 2
<b>Bancolombia S.A.</b>	02/11/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED8 - 8 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.10% E.A.	\$ 132.840		\$ 232.34 0
<b>Bancolombia S.A.</b>	02/11/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED12 - 12 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.45% E.A.	\$ 115.828		\$ 285.51 0
<b>Bancolombia S.A.</b>	02/11/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED15 - 15 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.62% E.A.	\$ 224.050		\$ 471.05 0

<b>Banco de Occidente S.A.</b>	22/09/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA3 - 3 AÑOS TASA FIJA E.A.	6.65% E.A.	\$ 5.380	\$ 201.620	\$ 5.380
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	22/09/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA5 – 5 AÑOS TASA FIJA E.A.	7.25% E.A.	\$ 12.760		\$ 12.760
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	22/09/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB5 – 5 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.00% E.A.	\$ 52.680		\$ 52.680
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	22/09/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB7 – 7 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.20% E.A.	\$ 31.500		\$ 31.500
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	22/09/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB10 – 10 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.50% E.A.	\$ 95.800		\$ 95.800
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	22/09/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED3 - 3 AÑOS MARGEN SOBRE IBRN.M.V	1.80% N.M.V	\$ 3.500		\$ 3.500

<b>Banco BBVA Colombia S.A</b>	19/09/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Subordinados	SERIE G SUBSERIEG84 - 84 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.28% E.A.	\$ 95.000	\$ 353.000	\$ 116.000
<b>Banco BBVA Colombia S.A</b>	19/09/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Subordinados	SERIE G SUBSERIEG120 - 120 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.45% E.A.	\$ 106.000		\$ 129.000
<b>Banco BBVA Colombia S.A</b>	19/09/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Subordinados	SERIE G SUBSERIEG180 - 180 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.70% E.A.	\$ 152.000		\$ 165.500
<b>Leasing Bancolombia S.A. Compañía de Financiamiento</b>	14/09/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA5.5 - 5.5 AÑOS - TASA FIJA E.A.	7.7% E.A.	\$ 68.482	\$ 400.000	\$ 101.482
<b>Leasing Bancolombia S.A. Compañía de</b>	14/09/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B1.5SUBSERIEB1.5 - 1.5 AÑOS SPREAD SOBRE DTFT.A.	1.85% T.A.	\$ 79.839		\$ 100.539

<b>Financiamiento</b>								
<b>Leasing Bancolombia S.A. Compañía de Financiamiento</b>	14/09/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE D2.5SUBSERIED2.5 - 2.5 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	3.45% E.A.	\$ 95.326		\$ 132.32 6
<b>Leasing Bancolombia S.A. Compañía de Financiamiento</b>	14/09/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE D10.5SUBSERIED10.5 - 10.5 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.54% E.A.	\$ 156.353		\$ 296.50 0
<b>Banco Falabella S.A.</b>	07/09/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE J SUBSERIEJ24 - 24 MESES MARGEN SOBRE IBRM.V.	2.13% M.V.	\$ 70.000	\$ 150.000	\$ 83.410
<b>Banco Falabella S.A.</b>	07/09/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE G SUBSERIEG60 - 60 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.04% E.A.	\$ 80.000		\$ 110.90 0

<b>Banco Finandina S.A.</b>	25/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED24 - 2 AÑOS MARGEN SOBRE IBRM.V.	2.09% M.V.	\$ 40.919	\$ 71.918	\$ 45.419
<b>Banco Finandina S.A.</b>	25/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED36 - 3 AÑOS MARGEN SOBRE IBRM.V.	2.50% M.V.	\$ 12.000		\$ 12.000
<b>Banco Finandina S.A.</b>	25/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC60 - 5 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.20% E.A.	\$ 18.999		\$ 39.605
<b>Banco Davivienda S.A.</b>	24/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB27 - 27 MESES - SPREAD SOBRE IBRN.M.V.	1.68% N.M.V.	\$ 90.000	\$ 500.000	\$ 408.741
<b>Banco Davivienda S.A.</b>	24/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC48 - 48 MESES - SPREAD SOBRE IPC E.A.	3.60% E.A.	\$ 90.000		\$ 264.328
<b>Banco Davivienda S.A.</b>	24/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC90 - 90 MESES - SPREAD SOBRE IPC E.A.	3.99% E.A.	\$ 159.230		\$ 472.115

<b>Banco Davivienda S.A.</b>	24/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC126 - 126 MESES - SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.23% E.A.	\$ 160.770		\$ 311.270
<b>Banco Popular S.A.</b>	17/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC4 - 48 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	3.68% E.A.	\$ 156.276	\$ 400.000	\$ 405.325
<b>Banco Popular S.A.</b>	17/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED1 - 18 MESES MARGEN SOBRE IBRN.M.V	1.71% N.M.V	\$ 141.124		\$ 176.024
<b>Banco Popular S.A.</b>	17/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED2 - 24 MESES MARGEN SOBRE IBRN.M.V.	1.81% N.M.V	\$ 102.600		\$ 121.600
<b>Banco Popular S.A.</b>	17/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED3 - 36 MESES MARGEN SOBRE IBRN.M.V.	0.0 % N.M.V	\$ 0		\$ 15.100
<b>Helm Bank S.A.</b>	03/08/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB84 - 84 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.35 % E.A.	\$ 92.943	\$ 299.999	\$ 250.673

<b>Helm Bank S.A.</b>	03/08/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE E SUBSERIEE36 - 36 MESES MARGEN SOBRE IBRN.M.V.	1.95 % N.M.V	\$ 88.602		\$ 196.30 2
<b>Helm Bank S.A.</b>	03/08/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE C SUBSERIEC84 - 84 MESES EN UVR TASA FIJA E.A.	4.58 % E.A.	\$ 48.928		\$ 175.61 3
<b>Helm Bank S.A.</b>	03/08/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE B SUBSERIEB60 - 60 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.08% E.A.	\$ 69.526		\$ 128.92 6
<b>Bancolombia S.A.</b>	27/07/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE D SUBSERIED7 - 7 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.05 % E.A.	\$ 100.563	\$ 800.000	\$ 171.77 9
<b>Bancolombia S.A.</b>	27/07/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE D SUBSERIED10 - 10 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.25% E.A.	\$ 117.630		\$ 240.02 0
<b>Bancolombia S.A.</b>	27/07/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE D SUBSERIED15 - 15 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.60% E.A.	\$ 248.030		\$ 1.007.5 30

<b>Bancolombia S.A.</b>	27/07/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE E SUBSERIEE1.5 - 18 MESES MARGEN SOBRE IBRN.M.V.	1.58% N.M.V	\$ 246.123		\$ 428.873
<b>Bancolombia S.A.</b>	27/07/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE E SUBSERIEE3 - 3 AÑOS MARGEN SOBRE IBRN.M.V.	1.70% N.M.V	\$ 87.654		\$ 184.654
<b>Banco Colpatría Multibanca Colpatría S.A.</b>	30/05/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE FS - 10 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	5.05% E.A.	\$ 45.600	\$ 45.600	\$ 45.600
<b>Patrimonio Autónomo Grupo Financiero de Infraestructura 2010</b>	27/05/11	Deuda Sector Real	Bonos Ordinarios	SERIE A – 19 AÑOS EN UVR TASA FIJA E.A.	7.02% E.A.	\$ 50.374	\$ 50.374	\$ 64.712
<b>Leasing Bancolombia S.A. Compañía de</b>	25/05/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA5 - 5 AÑOS TASA FIJA E.A.	8.04% E.A.	\$ 64.466	\$ 500.000	\$ 97.466

<b>Financiamiento</b>								
<b>Leasing Bancolombia S.A. Compañía de Financiamiento</b>	25/05/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE A SUBSERIEA10.5 - 10.5 AÑOS TASA FIJA E.A.	9.05% E.A.	\$ 41.492		\$ 50.792
<b>Leasing Bancolombia S.A. Compañía de Financiamiento</b>	25/05/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE B SUBSERIEB2 - 2 AÑOS SPREAD SOBRE DTFT.A.	DTF + 1.90% T.A.	\$ 120.784		\$ 120.78 4
<b>Leasing Bancolombia S.A. Compañía de Financiamiento</b>	25/05/ 11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinario s	SERIE D SUBSERIED10 - 10 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	IPC + 4.75% E.A.	\$ 128.850		\$ 131.55 0
<b>Leasing Bancolombia</b>	25/05/ 11	Deuda Sector	Bonos Ordinario	SERIE E SUBSERIEE1.5 - 1.5 AÑOS SPREAD SOBRE	IBR + 1.44%	\$ 93.908		\$ 235.30

<b>S.A. Compañía de Financiamiento</b>		Financiero	s	IBRN.M.V.	N.M.V			6
<b>Leasing Bancolombia S.A. Compañía de Financiamiento</b>	25/05/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE E SUBSERIEE3 - 3 AÑOS SPREAD SOBRE IBRN.M.V.	IBR + 1.75% N.M.V	\$ 50.500		\$ 81.510
<b>Banco de Comercio Exterior de Colombia S.A. BANCOLDEX</b>	12/05/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA39	5.30% E.A.	\$ 80.000	\$ 117.650	\$ 95.000
<b>Banco de Comercio Exterior de Colombia S.A. BANCOLDEX</b>	12/05/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA42	5.33% E.A.	\$ 37.650		\$ 72.000

<b>Banco de Occidente S.A.</b>	10/05/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB3 - 3 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	3.25 % E.A.	\$ 93.110	\$ 184.610	\$ 93.110
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	10/05/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB5 - 5 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	3.65 % E.A.	\$ 12.500		\$ 12.500
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	10/05/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED3 - 3 AÑOS SPREAD SOBRE IBRM.V.	1.50% N.M.V	\$ 79.000		\$ 79.000
<b>Banco Finandina S.A.</b>	13/04/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED35 - 35 MESES MARGEN SOBRE IBRM.V	1.70% M.V	\$ 13.625	\$ 13.625	\$ 32.278
<b>Banco Davivienda S.A.</b>	10/03/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB30 – 30 MESES MARGEN SOBRE IBRN.M.V.	1.35% N.M.V	\$ 244.211	\$ 600.000	\$ 580.058
<b>Banco Davivienda S.A.</b>	10/03/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC39 – 39 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	2.80% E.A.	\$ 86.482		\$ 131.332

<b>Banco Davivienda S.A.</b>	10/03/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC84 - 84 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	3.88% E.A.	\$ 76.055		\$ 92.255
<b>Banco Davivienda S.A.</b>	10/03/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC120 - 120 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.19% E.A.	\$ 193.252		\$ 289.152
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	02/03/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB3 - 3 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	2.49% E.A.	\$ 61.900	\$ 400.000	\$ 82.900
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	02/03/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB5 - 5 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	3.05% E.A.	\$ 39.300		\$ 40.300
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	02/03/11	Deuda Sector Financiero	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED3 – 3 AÑOS MARGEN SOBRE IBRN.M.V.	1.50% N.M.V	\$ 298.800		\$ 316.500

**\$ 8.840.788**

-

**TABLA RESULTADO DE EMISIONES RENTA FIJA AÑO 2012**

<b>Emisor Issuer</b>	<b>Fecha Date</b>	<b>Tipo de Valor Security Type</b>	<b>Plazo de Redención Redemption Tenor</b>	<b>Tasa de Corte Cut-off Rate</b>	<b>Monto Adjudicado Allocated Amount (COP 000.000)</b>	<b>Monto Demandado Bid Amount (COP 000.000)</b>
<b><u>SECTOR ENERGÉTICO</u></b>						
<b>Gas Natural S.A. E.S.P.</b>	24/10/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC5 - 5 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	3.22 % E.A.	\$ 100.000	\$ 330.640
<b>Gas Natural S.A. E.S.P.</b>	24/10/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC7 - 7 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	3.34 % E.A.	\$ 200.000	\$ 571.530
<b><u>SECTOR INFRAESTRUCTURA Y/O SERVICIOS PÚBLICOS</u></b>						
<b>Patrimonio Autónomo Transmilenio</b>	15/02/ 2012	Títulos de Contenido Crediticio	SERIE C SUBSERIEC1a - 1 AÑO EN PESOS TASA FIJA	7.27% E.A.	\$ 17.500	\$ 17.500

<b>Fase III</b>			E.A.			
<b>Patrimonio Autónomo Transmilenio Fase III</b>	15/02/2012	Títulos de Contenido Crediticio	SERIE D SUBSERIED1a - 1 AÑO EN UVR TASA FIJA E.A.	3.50% E.A.	\$ 98.037	\$ 98.037
<b><u>SECTOR REAL</u></b>						
<b>Fideicomiso Cartera Comercial Coltejer</b>	10/10/2012	Títulos de Contenido Crediticio	SERIE A SUBSERIEA1 - 60 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.75% E.A.	\$ 22.000	\$ 22.000
<b>Grupo Argos S.A.</b>	26/09/2012	Papeles Comerciales	SERIE A SUBSERIEA363 -363 DIAS TASA FIJA E.A.	5.95% E.A.	\$ 200.000	\$ 360.443
<b>Colombina S.A.</b>	11/08/2009	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA10 - 10 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	3.89% E.A.	\$ 50.000	\$ 89.950

<b>Cementos Argos S.A.</b>	16/05/2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC6 - 6 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	3.80% E.A.	\$ 97.022	\$ 218.039
<b>Cementos Argos S.A.</b>	16/05/2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC10 - 10 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.24% E.A.	\$ 299.896	\$ 432.467
<b>Cementos Argos S.A.</b>	16/05/2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC15 - 15 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.50% E.A.	\$ 303.082	\$ 435.582
<b>Cementos Argos S.A.</b>	11/04/2012	Bonos Ordinarios	SERIE E SUBSERIEE1.5 - 18 MESES SPREAD SOBRE IBRN.M.V.	1.45% N.M.V.	\$ 77.200	\$ 185.180

<b>Cementos Argos S.A.</b>	11/04/2012	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB2 - 2 AÑOS SPREAD SOBRE DTFT.A.	1.34% T.A.	\$ 111.400	\$ 452.897
<b>Cementos Argos S.A.</b>	11/04/2012	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB3- 3 AÑOS SPREAD SOBRE DTFT.A.	1.45% T.A.	\$ 111.400	\$ 507.657
<b><u>SECTOR FINANCIERO</u></b>						
<b>Banco Colpatría S.A.</b>	03/10/2012	Bonos Subordinados	SERIE FS - 10 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.14% E.A.	\$ 150.000	\$ 497.366
<b>Banco Popular S.A.</b>	19/09/2012	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB2 - 24 MESES TASA FIJA E.A.	6.30% E.A.	\$ 80.920	\$ 128.920
<b>Banco Popular S.A.</b>	19/09/2012	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB3 - 36 MESES TASA FIJA E.A.	6.39% E.A.	\$ 40.649	\$ 67.649

<b>Banco Popular S.A.</b>	19/09/2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC5 - 60 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	3.69% E.A.	\$ 278.431	\$ 425.300
<b>Banco de Comercio Exterior Colombia S.A.</b>	06/09/2012	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA24 - 24 MESES MARGEN SOBRE DTFT.A.	1.47% T.A.	\$ 100.000	\$ 301.150
<b>Banco de Comercio Exterior Colombia S.A.</b>	06/09/2012	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA36 - 36 MESES MARGEN SOBRE DTFT.A.	1.59% T.A.	\$ 100.000	\$ 139.970
<b>Banco de Comercio Exterior Colombia S.A.</b>	06/09/2012	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB84 - 84 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	3.87% E.A.	\$ 261.110	\$ 366.960
<b>Banco de Comercio</b>	06/09/2012	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB120 -	4.02% E.A.	\$ 238.890	\$ 565.390

<b>Exterior de Colombia S.A.</b>			120 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.			
<b>Sodimac Colombia S.A.</b>	29/08/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA5 - 5 AÑOS TASA FIJA E.A.	6.47% E.A.	\$ 70.000	\$ 194.851
<b>SodimacColombi a S.A.</b>	29/08/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC5 - 5 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	3.48% E.A.	\$ 40.000	\$ 205.640
<b>Sodimac Colombia S.A.</b>	29/08/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC10 - 10 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	3.88% E.A.	\$ 190.000	\$ 440.820
<b>Banco Finandina S.A.</b>	25/08/ 2011	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB45 - 45 MESES MARGEN	1.99% T.A.	\$ 12.270	\$ 12.270

			SOBRE DTFT.A.			
<b>Banco Finandina S.A.</b>	25/08/ 2011	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED33 - 33 MESES MARGEN SOBRE IBR N.M.V.	1.84% N.M.V	\$ 23.450	\$ 48.000
<b>Banco Finandina S.A.</b>	25/08/ 2011	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB45 - 45 MESES SPREAD SOBRE DTFT.A.	1.99 % T.A.	\$ 27.632	\$82.344
<b>Banco Davivienda S.A.</b>	15/08/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC120 - 120 MESES SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.07 % E.A.	\$ 174.147	\$ 424.290
<b>Banco Davivienda S.A.</b>	15/08/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC180 - 180 MESES	4.23 % E.A.	\$ 230.050	\$ 491.550

			SPREAD SOBRE IPC E.A.			
<b>Banco Davivienda S.A.</b>	15/08/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE F SUBSERIEF36 - 36 MESES TASA FIJA E.A.	6.52 % E.A.	\$ 95.803	\$ 432.768
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	09/08/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB10 - 10 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.10% E.A.	\$ 100.950	\$ 275.750
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	09/08/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB15 - 15 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4.27% E.A.	\$ 149.050	\$ 348.910
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	09/08/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC3 - 3 AÑOS MARGEN SOBRE DTFT.A.	1.67% T.A.	\$ 50.000	\$ 103.280

<b>Banco de las Microfinanzas - Bancamía S.A.</b>	02/08/2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC2 - 2 AÑOS TASA FIJA E.A.	7.39% E.A.	\$ 100.000	\$ 199.650
<b>Banco Davivienda S.A.</b>	25/04/2012	Bonos Subordinados	SERIE C SUBSERIEC120 - 120 MESES SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.37% E.A.	\$ 181.400	\$ 314.267
<b>Banco Davivienda S.A.</b>	25/04/2012	Bonos Subordinados	SERIE C SUBSERIEC180 - 180 MESES SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.56% E.A.	\$ 218.600	\$ 419.610
<b>Banco Falabella S.A.</b>	19/04/2012	Bonos Ordinarios	SERIE F SUBSERIEF24 - 24 MESES MARGEN SOBRE DTFT.A.	1,69% T.A.	\$ 119.280	\$ 165.180

<b>Banco Falabella S.A.</b>	19/04/2012	Bonos Ordinarios	SERIE G SUBSERIEG60 - 60 MESES MARGEN SOBRE IPC E.A.	4,00% E.A.	\$ 30.720	\$ 64.250
<b>Leasing Bancolombia S.A.</b>	18/04/2012	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA6 - 6 AÑOS EN PESOS TASA FIJA E.A.	7,60% E.A.	\$ 85.643	\$ 104.643
<b>Leasing Bancolombia S.A.</b>	18/04/2012	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB2 - 2 AÑOS MARGEN SOBRE DTFT.A.	1,48% T.A.	\$ 82.455	\$ 325.430
<b>Leasing Bancolombia S.A.</b>	18/04/2012	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB3 - 3 AÑOS MARGEN SOBRE DTFT.A.	1,66% T.A.	\$ 132.986	\$ 146.418
<b>Leasing Bancolombia</b>	18/04/2012	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED8.5 - 8.5	4,29% E.A.	\$ 106.000	\$ 119.400

<b>S.A.</b>			AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.			
<b>Leasing Bancolombia S.A.</b>	18/04/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED12 - 12 AÑOS MARGEN SOBRE IPC E.A.	4,50% E.A.	\$ 192.916	\$ 265.416
<b>Banco de Comercio Exterior de Colombia S.A.</b>	07/03/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA18 - 18 MESES SPREAD SOBRE DTFT.A.	1.49% T.A.	\$ 50.000	\$ 405.580
<b>Banco de Comercio Exterior de Colombia S.A.</b>	07/03/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA24 - 24 MESES SPREAD SOBRE DTFT.A.	1.58% T.A.	\$ 93.300	\$ 322.100
<b>Banco de Comercio Exterior de Colombia S.A.</b>	07/03/ 2012	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA36 - 36 MESES SPREAD SOBRE DTFT.A.	1.72% T.A.	\$ 106.700	\$ 379.620

<b>Banco de Comercio Exterior de Colombia S.A.</b>	07/03/2012	Bonos Ordinarios	SERIE E SUBSERIEE18 - 18 MESES SPREAD SOBRE IBRN.M.V.	1.60% N.M.V	\$ 50.000	\$ 220.530
<b>Banco Colpatría S.A.</b>	28/02/2012	Bonos Subordinados	SERIE FS - 10 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.64% E.A.	\$ 150.000	\$ 360.767
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	09/02/2012	Bonos Subordinados	SERIE B SUBSERIEBS7 -7 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.34% E.A.	\$ 80.000	\$ 226.060
<b>Banco de Occidente S.A.</b>	09/02/2012	Bonos Subordinados	SERIE B SUBSERIEBS10 - 10 AÑOS SPREAD SOBRE IPC E.A.	4.65% E.A.	\$ 120.000	\$ 295.470
<b>Banco Popular S.A.</b>	25/01/2012	Bonos Ordinarios	SERIE A SUBSERIEA2 - 24 MESES SPREAD	1.82% T.A.	94.233	\$ 304.809

			SOBRE DTFT.A.			
<b>Banco Popular S.A.</b>	25/01/2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC3 - 36 MESES SPREAD SOBRE IPC E.A.	0.0% E.A.	\$ 0	\$ 75.100
<b>Banco Popular S.A.</b>	25/01/2012	Bonos Ordinarios	SERIE C SUBSERIEC5 - 60 MESES SPREAD SOBRE IPC E.A.	3.90% E.A.	\$ 222.326	\$ 431.926
<b>Banco Popular S.A.</b>	25/01/2012	Bonos Ordinarios	SERIE D SUBSERIED1 - 18 MESES SPREAD SOBRE IBRN.M.V.	1.80% N.M.V	\$ 83.441	\$ 135.941
<b>Banco Finandina S.A.</b>	25/08/2011	Bonos Ordinarios	SERIE B SUBSERIEB33 - 33 MESES MARGEN SOBRE DTFT.A.	1.85% T.A.	\$ 64.730	\$ 94.880

					<b>\$4.778.082</b>	<b>\$10.847.881</b>
--	--	--	--	--	--------------------	---------------------