

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Evaluación de los diferentes criterios de selección entre
Gasoductos y Buques Metaneros para el transporte del Gas
Natural**

Presentado por:

Astrid Valentina Iriza Rivera C.I 18.847.877

Ana Carolina De Moya De La Hoz C.I 17.898.227

**Trabajo De Grado Presentado Ante La Universidad De Oriente
Como Requisito Parcial Para Optar Al Título De:**

INGENIERO QUIMICO

Barcelona, agosto de 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Evaluación de los diferentes criterios de selección entre
Gasoductos y Buques Metaneros para el transporte del Gas
Natural**

ASESOR

Ing. Químico. Ivelia Avendaño M. Sc.

Barcelona, agosto de 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Evaluación de los diferentes criterios de selección entre
Gasoductos y Buques Metaneros para el transporte del Gas
Natural**

JURADO

**Ing. Ivelia Avendaño M. Sc.
Jurado Principal**

Barcelona, agosto de 2010

RESOLUCIÓN

DE ACUERDO A EL ARTÍCULO 41 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SOLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES EN EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, EL CUAL LO PARTICIPARÁ EL CONSEJO UNIVERSITARIO”

DEDICATORIA

A dios, por darme la fortaleza, sabiduría y entendimiento a lo largo de toda mi carrera.

A mi madre, Magaly Rivera, por darme la vida, sacarme adelante y hacer de mi una buena persona, sin ella este logro no seria el mismo.

A mis hermanos, Marly y Bladimir por siempre estar pendiente de mí y apoyarme a lo largo de todos mis estudios.

A mis sobrinos, Charles Alberto, Luis Alfredo, Arianna Valentina, no se desvíen de su norte, espero verlos como futuros profesionales. Los adoro.

A Carlos, por quererme como una hija y brindarme su apoyo y comprensión.

A mi padre, Enrique Iriza, por ser mi visión a la hora de escoger esta carrera.

A todos los quiero un mundo, gracias por existir.

Astrid Valentina Iriza Rivera

DEDICATORIA

Al Dios Altísimo que guía todos y cada uno de mis pasos. A mi madre por brindarme su apoyo siempre incondicional y por ser un ejemplo de perseverancia y fortaleza... te quiero mucho, mami. A mi padre, por darme sus mejores consejos y hacerme ser mejor persona con sus continuas correcciones... Te quiero papá. A mi abuela materna por siempre creer en mi y estar pendiente de mis pasos a lo largo de este camino. A mi hermano, por siempre ofrecerme su apoyo y ser un ejemplo a seguir. A mis amigos Oswaldo, Migdalia, Davianny, Ana Rosa, María Cecilia, Ilde, Rosita, Alejandra, Marielle, Nayibeth, María, Lucy, Francisco, José, Jorge Guanare, Jorge Guipe, Railubys, Marcos... Buenos amigos, buenos consejos, buenos momentos. Y a todas las personas que por bien o por mal me han ayudado a forjar lo que soy y hasta donde he llegado hoy.

Ana Carolina De Moya De la Hoz

AGRADECIMIENTO

A dios primero que nada por no dejarme caer y siempre darme señal que si se puede.

A mi madre por enfocarme en mi norte y darme esos abrazos de consuelo cuando la vida me estresaba.

A mis hermanos por apoyarme y recuerdo que me decían " hasta cuando estudias?? Ve si te gradúas rápido", ahora si les digo: YA TERMINÉ.

A Carlos por sus estímulos al decirme " y por que no sacaste mas nota, 10 es muy poquito, no entendiste lo que te explique?? Jajaja.

A mi padre por confiar en mí y ser parte de mi vida.

A mi cuñada Magalys por apoyarme en todo momento y estar siempre pendiente de mí.

Agradezco a todos mis tíos, Lourdes, Mery, Poly, Eddy, Yuraima, por estar pendientes de mi en todo momento, en especial a mi tío Pino, que ya no esta con nosotros, pero donde quiera que este debe sentirse muy orgulloso por mi logro. En vida siempre tenía una palabra de elogio para mí. Recuerdo sus ultimas palabras, "dios te bendiga, me siento muy orgulloso de usted".

A mi amiga Angélica Curiel, por siempre estar allí, apoyarme y brindarme su ayuda. Y no pueden faltar sus regaños, viejita prematura. JeJe

A mi amiga Paola Mora, por ser mi compañera a lo largo de toda la carrera. Como disfrutamos esto, desde Mickey hasta la loca la loca. JeJe y otras que no se pueden decir en público. Jajaja (ella sabe de que le hablo). Sin ti no seria igual.

A Ivana, Martha e Ivan Figuera, Anghellys Fuentes y Elizabeth Arriojas por conservar mi amistad desde el liceo, las quiero muchísimo, gracias por su apoyo.

A Vanessa García, Fernando Rojas, Ruth Machado, Yoselyn Viamonte, Andrea Velasco, Carolina Semprun, por ser mis compañeros y amigos en distintos momentos de mi carrera.

A mi compañera de monografía, Ana De Moya, lo logramos mujer, valió la pena todo todito todo. Jejeje éxito en lo que te propongas.

A todos mis compañeros de áreas, chicos éxito en sus vidas como futuros profesionales.

A la Universidad de Oriente por ser mi segunda casa y darme la oportunidad de estudiar y formarme como profesional.

A todos mis profesores por transmitirme sus conocimientos, en especial a mi Tutora Isvelia Avendaño por ser la guía al final de este largo camino recorrido. Gracias.

Astrid Valentina Iriza Rivera

AGRADECIMIENTO

A Dios primeramente, por darme la dicha cada día de estar vida y de brindarme la oportunidad de culminar una etapa más en mi vida y de empezar otra que me hará crecer más como persona... Te Amo

A mi papá Joaquín De Moya y a mi mamá Edith De La Hoz, gracias por haberme dado la vida, por toda su colaboración, paciencia y comprensión. Gracias por todos los regaños, que al final valieron la pena y gracias por hacerme ser la persona que soy. Por ser ustedes quienes me han alentado a superarme. Sin ustedes no habría dado ni un solo paso de éste largo camino. ¡Los quiero un montón!

A mi hermano Carlos De Moya, por brindarme su cariño, su apoyo y su ayuda siempre que la necesité. Por ser un amigo más "My Pana". Éste logro también es tuyo hermano.

A mi sobrino hermoso Camilo, que ojalá siga el camino de su padre y de su tía. Espero que seamos un ejemplo a seguir para ti.

A mi compañera de áreas Astrid Iriza, sin ti esto no habría sido posible. Gracias por aguantar las veces que te quede mal, y gracias por aportar un poco más a los conocimientos que ya tenía. Gracias por conocer una nueva manera de trabajar, y que a pesar de las diferencias, hacer un buen trabajo es posible. Nuevamente gracias por los consejos en los momentos difíciles.

A mis amigos Oswaldo, Migdalia, Davianny, Ana Rosa, María Cecilia, Ildé, Rosita, Alejandra, Marielle, Nayibeth, María, Lucy, Francisco, José, Jorge Guanare, Jorge Guipe, Railubys, Marcos, por darme su linda amistad. Gracias por su comprensión, colaboración y paciencia en todo momento. Gracias por los buenos momentos y espero no perder ni el contacto con ustedes ni la amistad que he cultivado todos estos años.

A mis compañeros de las áreas, Angelis, Yohana, Roselin, Vilmarhyt, Amin, Jorge, Criss, Katiuská, Gabriel, Johanny, Fernando y Paola, con quienes aprendí, compartí y reí todos estos meses. Gracias amigos y el mejor de los éxitos para todos ustedes.

A la profesora Isvelia Avendaño, por su asesoría y su valiosa colaboración. A los profesores de la escuela de Ingeniería Química, por el valioso aporte que de seguro me servirá en el campo laboral

A la Universidad de Oriente, por ser mi casa de estudios, y por brindarme los momentos más agradables, aunque también no tan agradables, pero que sin embargo aportan su cuota en el momento de formarme como profesional.

A toda mi familia, por estar siempre a mi lado. Ustedes son tantos que se me hace imposible nombrarlos a todos, a todos los quiero por igual.

Y a toda esa gente que por alguna razón no me acuerde de nombrar en estos agradecimientos, y que contribuyo de manera positiva a llegar a donde estoy ahorita... ¡A todos Gracias!

Ana Carolina De Moya De la Hoz

RESUMEN

El presente trabajo de grado consistió en la evaluación de los criterios de selección entre los diferentes medios de transporte del gas natural como lo son los gasoductos y los buques metaneros. Para ello se realizó una serie de investigaciones que nos permitieron dar una visión acerca de su funcionamiento, materiales, equipos, como se comporta el gas y la función que cumplen cada uno de ellos. Una vez conocida cada una de esas características se realizó un análisis de las limitaciones que presentan los medios de transporte, partiendo de las ventajas y desventajas que brindan cada uno. Tanto los buques como los gasoductos cumplen su función de manera correcta cuando de transporte de gas se trata, pero sin embargo los gasoductos se ven limitados a largas distancias y es donde el buque aporta ventaja. Además de ello se realizaron una serie de comparaciones en donde se ven reflejados aspectos ambientales, políticos y económicos que son importantes a la hora de escoger el medio para el transporte del gas. El gas natural a evolucionado a medida que pasan los años y hoy en día se a vuelto una de las energías mas utilizadas a nivel mundial, es por ello que se debe contar con ambos recursos de transporte para satisfacer las necesidades de los consumidores. Por ultimo se estudio la alternativa y todos los aspectos vinculados al proyecto de gasoducto que va desde Venezuela hasta argentina, de igual manera se estudiaron aspectos relacionados con la política, economía, aspecto ambiental y distancia recorrida.

INDICE

RESOLUCIÓN	IV
DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
AGRADECIMIENTO	IX
RESUMEN	XI
INDICE	XII
INDICE DE FIGURAS Y TABLAS	XVI
<i>FIGURAS</i>	<i>xvi</i>
<i>TABLAS</i>	<i>xvii</i>
CAPITULO I	18
INTRODUCCION	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.3 OBJETIVOS	23
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	23
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	23
CAPITULO II	24
MARCO TEORICO	24
2.1 GAS NATURAL	24
2.1.1 <i>Aspectos generales</i>	24
2.1.1.1 Gas asociado	24

2.1.1.2 Gas no asociado.....	24
2.1.2 <i>Composición de Gas Natural</i>	25
2.1.3 <i>Componentes del Gas Natural</i>	26
2.1.4 <i>Etapas del gas Natural</i>	26
2.1.4.1 <i>Exploración</i>	27
2.1.4.2 <i>Extracción</i>	27
2.1.4.3 <i>Tratamiento</i>	28
2.1.4.4 Transporte y almacenamiento	28
2.1.5 <i>Subproductos del Gas Natural.</i>	29
2.1.5.1 Gas Natural Licuado (GNL)	29
2.1.5.2 Líquidos del Gas Natural (LGN).....	30
2.1.5.3 La Gasolina Natural (GN).	30
2.1.6 <i>Usos del Gas Natural</i>	31
2.1.6.1 <i>Usuarios domésticos</i>	31
2.1.6.2 <i>Aplicaciones comerciales</i>	31
2.1.6.3 <i>Sector Industrial</i>	32
2.1.6.4 <i>Generación de electricidad</i>	32
2.1.6.5 <i>Gas Natural Vehicular</i>	32
2.2 RESERVAS GASÍFERAS	33
2.3 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DEL GAS NATURAL	36
2.4 GAS NATURAL EN EL MUNDO (RESERVAS PRODUCTORES Y CONSUMIDORES).....	37
2.4.1 <i>Principales consumidores de gas natural a nivel mundial</i>	37
2.4.2 <i>Principales productores de gas natural a nivel mundial</i>	38
2.5 MOVIMIENTOS COMERCIALES.....	39
2.6 COMERCIO INTERNACIONAL VÍA GASODUCTOS.....	40
2.7 MEDIOS DE TRANSPORTE DEL GAS NATURAL	41
2.7.1 <i>Gasoductos</i>	41
2.7.2 <i>Buques Metaneros</i>	43
2.7.2.1 Tipos de buques metaneros	43
2.7.2.2 Tecnologías de almacenamiento del GNL en el buque metanero ..	44
2.7 OTRA MODALIDAD DE TRANSPORTE: GAS NATURAL PRESURIZADO (PNG).....	47

CAPITULO III	48
METODOLOGIA	48
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	48
3.2 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.2.1. <i>Revisión bibliográfica</i>	48
3.2.2. <i>Describir el funcionamiento de los Buques Metaneros y Gasoductos.</i> 49	
3.2.3. <i>Analizar las ventajas, desventajas de las diferentes alternativas de transporte del Gas Natural</i>	49
3.2.4. <i>Comparar los diversos criterios de selección entre Gasoductos y Buques Metaneros para un caso práctico conocido</i>	49
3.2.5. <i>Elaborar un análisis costo – beneficios para la alternativa mas favorable en el caso Argentina – Venezuela</i>	49
3.2.6. <i>Redacción del Trabajo de Grado</i>	50
CAPITULO IV	50
DESARROLLO DEL PROYECTO	50
4.1 FUNCIONAMIENTO DE LOS GASODUCTOS Y LOS BUQUES METANEROS.	50
4.1.1 <i>Gasoductos</i>	50
4.1.1.1 <i>Materiales de fabricación</i>	51
4.1.1.2 <i>Características de las tuberías</i>	52
4.1.2 <i>Buques Metaneros</i>	55
4.1.2.1 <i>Características técnicas</i>	56
4.1.2.2 <i>Operación de carga y descarga</i>	56
4.1.2.3 <i>Propulsión de los buques</i>	57
4.2 <i>ANALIZAR LAS VENTAJAS, DESVENTAJAS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DEL GAS NATURAL.</i>	58
4.3 <i>CRITERIOS DE SELECCIÓN ENTRE BUQUES METANEROS Y GASODUCTOS</i>	60
4.3.1 <i>La distancia recorrida</i>	60
4.3.2 <i>La economía del proyecto</i>	61
4.3.3 <i>Viabilidad del proyecto</i>	63
4.3.4 <i>Relaciones Internacionales</i>	63

4.3.5 Factores Ambientales.....	63
4.4 ELABORAR UN ANÁLISIS COSTO – BENEFICIOS PARA LA ALTERNATIVA MÁS FAVORABLE EN EL CASO ARGENTINA – VENEZUELA.	64
4.4.1 Consideraciones Ambientales-Técnicas	65
4.4.2 Consideraciones Económicas	66
4.4.2.2 Reservas de gas natural en Venezuela.	67
4.4.2.3 Economía del Transporte y de la Distribución	68
4.4.3 Consideraciones Políticas	69
CAPITULO V.....	72
DISCUSION DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	72
5.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	72
5.1.1 Funcionamiento de los Gasoductos y Buques Metaneros	72
5.1.1.1 Buques Metaneros.....	72
5.1.1.2 Buques Metaneros.....	73
5.1.2 Análisis de las ventajas y desventajas de las diferentes alternativas de transporte del Gas Natural.	74
5.1.3 Criterios de Selección entre Buques Metaneros y Gasoductos	75
5.1.4 Análisis costo – beneficios para la alternativa más favorable en el caso Venezuela – Argentina.....	76
5.2 CONCLUSIONES.....	76
5.3 RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFIA	79
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:	81

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

Figura 2.1 Componentes del gas natural antes de ser procesado -----	26
Figura 2.2 Etapas del Gas Natural -----	26
Figura 2.3 Reservas de gas -----	35
Figura 2.4 Red de gasoductos en Venezuela -----	36
Figura 2.5 Porcentajes de Reservas, productores y consumidores -----	39
Figura 2.6 Movimientos del gas a nivel mundial -----	40
Figura 2.7 Gasoductos a nivel mundial -----	41
Figura 4.8 Costos generados Vs la distancia -----	62
Figura 4.9 Costos del transporte por gasoductos y Buques -----	62
Figura 4.10 Proyecto del gasoducto del sur -----	64
Figura 4.12 Reservas mundiales -----	67
Figura 4.13 Gasoducto Vs Gas natural licuado -----	68
Figura 4.14 Costo Vs distancia de los gasoductos y los buques. -----	71

TABLAS

Tabla 2.1. Composición del gas natural -----25

CAPITULO I

INTRODUCCION

La importancia del gas natural como recurso energético radica principalmente en el bajo impacto ambiental que tiene en el uso como combustible y que se trata de un recurso muy utilizado como materia prima para el sector industrial y como producto final para los sectores doméstico y comercial. Por la abundancia de sus yacimientos y el bajo precio del producto, el valor de este hidrocarburo gaseoso ha aumentado significativamente a lo largo de las dos últimas décadas y, además, cuenta con un mercado internacional en continua expansión, previéndose un aumento de la demanda mundial de este hidrocarburo. El gas natural inicia su gran marcha, junto con la petrolera nacional, en diciembre de 1922 con el reventón del pozo Los Barrosos N° 2. El espectacular surtidor de petróleo que según Henri Pittier, “se podía ver desde Maracaibo”, fue impulsado por el gas natural y reclamaba así un protagonismo que tardaría muchos años en concedérsele, es en ese año, cuando el potencial petrolero y gasífero de nuestro país resultó plenamente confirmado, pues durante nueve días arrojó de manera incontrolada unos 100.000 b/d. Para valorar la importancia de ese nuevo descubrimiento, basta señalar que para ese momento en el país se producían poco más de 6.000 b/d.

Desde hace décadas, el motor de la economía venezolana ha sido el petróleo, “despreciando” el potencial de sus recursos gasíferos. Esto en cierto modo es lógico si tenemos en cuenta que el mercado del crudo se ha desarrollado con anterioridad y que la demanda de este producto por parte de las economías industrializadas en la segunda mitad del siglo XX ha sido espectacular, hasta tal punto que se ha creado una dependencia muy fuerte hacia este recurso. Sin embargo, es justificable que la industria venezolana del gas natural se haya desarrollado más tardíamente que la del petróleo, debido a que se tenía un total desconocimiento de las bondades del gas natural, es por esto que no parece

coherente que un país con un nivel de reservas probadas tan extraordinario no explote al máximo las grandes posibilidades que le brinda este recurso.

El gas natural es una de las las fuentes de energía primaria más utilizada y ocupa el tercer lugar en el mundo representando más de la quinta parte del consumo energético tanto a nivel mundial como europeo.

La demora en la utilización comercial del gas natural respecto al petróleo se explica básicamente por la existencia de importantes problemas técnicos en su transporte y distribución, que frenaron su empleo hasta bien entrado el siglo actual. El obstáculo inicial, relativo al transporte en gran escala desde los yacimientos a los puntos de consumo, se superó con la fabricación y soldadura de tuberías capaces de resistir altas presiones, permitiendo así el nacimiento de los gasoductos para el transporte continental de esta energía primaria. Esto se consiguió en los Estados Unidos durante el período entre guerras haciendo posible el comienzo de la explotación de sus enormes recursos de gas natural, cuyas cualidades le permitieron una rápida aceptación. El descubrimiento de los ricos yacimientos gasíferos de Alberta, en Canadá, sirvió para apuntalar el crecimiento del consumo y su expansión geográfica por buena parte de América del norte.

Otra modalidad de transporte del gas natural es la de los buques metaneros, los cuales fueron creados dentro de los programas navales del Gobierno de los Estados Unidos, debido a la Segunda Guerra Mundial. Su nombre original era "Marline Hitch", pero se llamaba "Normarti" cuando fue seleccionado para estudiar la posibilidad del transporte marítimo de GNL. Para estudiar esta posibilidad se constituyó un equipo en Lake Charles, en el estado de Mississippi (Estados Unidos). Este equipo diseñó y decidió montar tanques de aluminio, con madera de balsa como aislamiento. También decidió el resto del equipamiento. Una vez realizadas todas las pruebas en el muelle, el barco salió de Lake Charles el 25 de enero de 1959 con destino a Canvey Island (Reino Unido) con sus tanques llenos

de GNL, 5.000 metros cúbicos. Una cantidad muy pequeña para los estándares actuales pero que demostró que el transporte marítimo de GNL era posible.

La selección del medio más idóneo para el transporte del gas natural, es una de las decisiones más difíciles de tomar, pues como en todo gran proyecto hay dos visiones, una se reduce a la relación costo beneficio, mientras que la otra toma en cuenta los efectos indirectos y la rentabilidad social. Tanto los buques metaneros como los gasoductos cumplen su función a cabalidad y ambas alternativas son implementadas en la actualidad, por su bajo impacto ambiental y por lo seguros que son ambos medios , sin embargo se ha creado un dilema en cuanto a su selección en el caso de las relaciones comerciales establecidas entre Venezuela y Argentina.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Gas Natural extraído de los yacimientos, es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y más ligero que el aire. Procede de la descomposición de los sedimentos de materia orgánica atrapada entre estratos rocosos y es una mezcla de hidrocarburos ligeros donde el metano (CH_4) se encuentra en grandes proporciones, acompañado de otros hidrocarburos y gases cuya concentración depende de la localización del yacimiento.

Por sus precios competitivos y su eficiencia como combustible, permite alcanzar considerables economías a sus utilizadores. Por ser el combustible más limpio de origen fósil, contribuye decisivamente en la lucha contra la contaminación atmosférica, y es una alternativa energética por su creciente participación en los mercados mundiales de la energía.

El Gas Natural, una vez extraído del subsuelo, ha de transportarse a las zonas de consumo, que pueden estar cerca o hallarse a miles de kilómetros de distancia.

Sin los progresos realizados en el campo del transporte del Gas Natural a largas distancias, bien por Gasoductos o en Buques Metaneros, la utilización de este tipo de energía no habría sido posible.

El Gas Natural se transporta entre los yacimientos y las áreas de consumo mediante gasoductos, tuberías de acero de gran diámetro, normalmente enterradas. Cuando no es posible el transporte por gasoductos, técnica o económicamente, el Gas Natural se licúa a 160°C bajo cero, su volumen queda reducido 600 veces y se transporta en buques metaneros entre los países productores y consumidores. En el puerto receptor es descargado en las plantas o terminales de almacenamiento y regasificación, donde tras ser almacenado a presión atmosférica en grandes tanques criogénicos, es impulsado a alta presión y transformado de nuevo a su fase gas antes de ser inyectado en la red de gasoductos para su transporte a los centros de consumo, siendo estas instalaciones por su carácter subterráneo altamente respetuosas con el paisaje.

Sin embargo, algunos países se ven en la disyuntiva sobre qué medio es el más idóneo para el transporte del Gas Natural. Esto se debe a que el Gasoducto une a países de muy variadas y positivas maneras, generando polos de desarrollo, y el transporte de gas licuado por Buques Metaneros es un medio moderno y requiere de menos inversión.

Para ello se realizará un estudio que determine los parámetros de funcionamiento para los Buques Metaneros y Gasoductos, el cual permitirá conocer con mayor detalle las características de estos dos medios de transporte. Una vez conocidos estos fundamentos, se procederá a realizar un análisis de las limitaciones de estas alternativas, que conllevarán a dar una visión de cual será el

medio más adecuado a la hora de transportar el gas a países que se benefician con dicho producto. Cabe destacar que no solo se deben estudiar sus limitaciones sino también el costo- beneficios que ocasiona el transporte por estos dos medios. En este caso se estudiara la construcción de un gasoducto de más de 8.000 km² que abarcará el eje oriental suramericano Caracas-Buenos Aires.

Por último se realizaran comparaciones entre ambos criterios para el transporte del gas y así elegir el más idóneo, que beneficie tanto a los países exportadores como importadores.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Evaluar los criterios de selección entre los Buques Metaneros y Gasoductos para el transporte del Gas Natural.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Describir el funcionamiento de los Buques Metaneros y Gasoductos.
2. Analizar las ventajas, desventajas de las diferentes alternativas de transporte del Gas Natural.
3. Comparar los diversos criterios de selección entre Gasoductos y Buques Metaneros para un caso práctico conocido.
4. Elaborar un análisis costo – beneficios para la alternativa más favorable en el caso Argentina – Venezuela.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 GAS NATURAL

2.1.1 Aspectos generales

El Gas Natural es una fuente de energía no renovable, ya que se trata de un gas combustible que proviene de formaciones ecológicas que se encuentra conformado por una mezcla de gases que mayormente suelen encontrarse en yacimientos de petróleo, solo, disuelto con el mismo petróleo y en depósitos de carbón. Dependiendo de su origen se clasifica en:

2.1.1.1 Gas asociado

Es el que se extrae junto con el petróleo crudo y contiene grandes cantidades de hidrocarburos como etano, propano, butano y naftas.

2.1.1.2 Gas no asociado

Es el que se encuentra en depósitos que no contienen petróleo crudo.

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

Además de cómo mencionamos se obtiene en yacimientos fósiles, el gas natural puede obtenerse a través de la descomposición de restos orgánicos, como

ser basurales, vegetales o hasta gas de pantanos. Las plantas de tratamiento que se ocupan de estos restos, como por ejemplo las plantas procesadoras de basura, son entonces las que se ocuparán de producir al tipo proveniente de la mencionada descomposición y que lleva la denominación de Biogás.

2.1.2 Composición de Gas Natural

La composición del gas natural varía según el yacimiento:

Tabla 2.1. Composición del gas natural

Componente	Nomenclatura	Composición(%)	Estado Natural
Metano	(CH ₄)	95,08	gas
Etano	(C ₂ H ₆)	2,14	gas
Propano	(C ₃ H ₈)	0,29	gas licuable (GLP)
Butano	(C ₄ H ₁₀)	0,11	gas licuable (GLP)
Pentano	(C ₅ H ₁₂)	0,04	líquido
Hexano	(C ₆ H ₁₄)	0,01	líquido
Nitrógeno	(N ₂)	1,94	gas
Gas Carbónico	(CO ₂)	0,39	gas

Las propiedades del gas natural según la composición del cuadro anterior son: Densidad relativa: 0,65 - Poder calorífico: 9,032 kcal/m³ Cp (presión Cte): 8,57 cal/mol.°C Cv (volumen Cte): 6,56 cal/mol.°C.

2.1.3 Componentes del Gas Natural

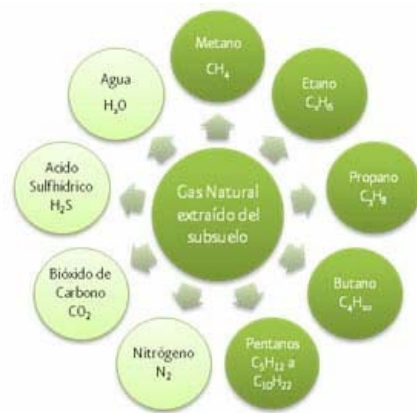


Figura 2.1 Componentes del gas natural antes de ser procesado.

El gas natural extraído del subsuelo posee una serie de componentes donde algunos de ellos son desfavorables, es por ello que deben realizarse una serie de procesos para acondicionarlo a su venta.

2.1.4 Etapas del gas Natural

El proceso de producción del gas natural es simple y muy parecido al petróleo.



Figura 2.2 Etapas del Gas Natural

2.1.4.1 Exploración

La exploración es una etapa muy importante del proceso. En el transcurso de los primeros años de la industria del gas natural, cuando no se conocía muy bien el producto, los pozos se perforaban de manera intuitiva. Sin embargo, hoy en día, teniendo en cuenta los elevados costos de extracción, las compañías no pueden arriesgarse a hacer excavaciones en cualquier lugar.

Los geólogos juegan un papel importante en la identificación de napas de gas. Para encontrar una zona donde es posible descubrir gas natural, analizan la composición del suelo y la comparan a las muestras sacadas de otras zonas donde ya se ha encontrado gas natural. Posteriormente llevan a cabo análisis específicos como el estudio de las formaciones de rocas a nivel del suelo donde se pudieron haber formado napas de gas natural. Las técnicas de prospección han evolucionado a lo largo de los años para proporcionar valiosas informaciones sobre la posible existencia de depósitos de gas natural.

Cuanto más precisas sean las técnicas, mayor será la posibilidad de descubrir gas durante una perforación.

2.1.4.2 Extracción

El gas natural se extrae cavando un hueco en la roca. La perforación puede efectuarse en tierra o en mar. El equipamiento que se emplea depende de la localización de la napa de gas y de la naturaleza de la roca. Si es una formación poco profunda se puede utilizar perforación de cable. Mediante este sistema una broca de metal pesado sube y baja repetidamente en la superficie de la tierra. Para prospecciones a mayor profundidad, se necesitan plataformas de perforación rotativa. Este método es el más utilizado en la actualidad y consiste en una broca

puntiaguda para perforar a través de las capas de tierra y roca. Una vez que se ha encontrado el gas natural, debe ser extraído de forma eficiente. La tasa de recuperación más eficiente representa la máxima cantidad de gas natural que puede ser extraída en un período de tiempo dado sin dañar la formación. Varias pruebas deben ser efectuadas en esta etapa del proceso.

Lo más común es que el gas natural esté bajo presión y salga de un pozo sin intervención externa. Sin embargo, a veces es necesario utilizar bombas u otros métodos más complicados para obtener el gas de la tierra. El método de elevación más difundido es el bombeo de barra.

2.1.4.3 Tratamiento

El tratamiento del gas natural implica el reagrupamiento, acondicionamiento y refinado del gas natural bruto con el fin de transformarlo en energía útil para las diferentes aplicaciones. Este proceso supone primero una extracción de los elementos líquidos del gas natural y después una separación entre los diferentes elementos que componen los líquidos.

2.1.4.4 Transporte y almacenamiento

Una vez tratado, el gas natural pasa a un sistema de transmisión para poder ser transportado hacia la zona donde será utilizado. El transporte puede ser por vía terrestre, a través de gasoductos que generalmente son de acero y miden entre 20 y 42 pulgadas de diámetro. Debido a que el gas natural se mueve a altas presiones, existen estaciones de compresión a lo largo de los gasoductos para mantener el nivel necesario de presión.

Comparado a otras fuentes de energía, el transporte de gas natural es muy eficiente si se considera la pequeña proporción de energía perdida entre el origen y el destino. Los gasoductos son uno de los métodos más seguros de distribución de energía pues el sistema es fijo y subterráneo.

El gas natural puede también ser transportado por mar en buques. En este caso, es transformado en gas natural licuado (GNL). El proceso de licuado permite retirar el oxígeno, el dióxido de carbono, los componentes de azufre y el agua. Los elementos principales de este proceso son una planta de licuado, barcos de transporte de baja temperatura y presurizados y terminales de regasificación.

Antes de llegar al consumidor, el gas natural puede ser almacenado en depósitos subterráneos para que la industria del gas pueda afrontar las variaciones estacionales de la demanda. Estos depósitos están generalmente situados cerca de los mercados consumidores de tal forma que las empresas de distribución de gas natural pueden responder a los picos de la demanda y proporcionar el gas a sus clientes continuamente y sin demora. Durante los períodos de poca actividad, las empresas de distribución pueden vender el gas natural en el mercado físico (spot).

2.1.5 Subproductos del Gas Natural.

Los principales subproductos son:

2.1.5.1 Gas Natural Licuado (GNL)

El gas natural que se obtiene principalmente en los separadores y en el proceso de extracción de los líquidos del gas natural, está constituido principalmente por Metano, con proporciones variables de otros hidrocarburos y de contaminantes diversos. El (GNL) es un gas residual formado principalmente por Metano (C₁) líquido. El proceso se logra a una temperatura de (-260F). Bajo estas condiciones el Metano ocupa un volumen 600 veces menor que el que ocuparía en estado gaseoso. La gama de oportunidades para la producción de Gas Natural

Licuado (GNL) es amplia y ofrece indudables atractivos económicos y tecnológicos.

2.1.5.2 Líquidos del Gas Natural (LGN)

Estos compuestos son hidrocarburos con enlace simple de carbono, los cuales bien sea por la alta presión o baja temperatura, pueden ser mantenidos en estado líquido. Esta característica permite que sean almacenados y transportados de manera fácil y eficiente. Asimismo su capacidad como fuente de energía o de insumo como materia prima para la obtención de hidrocarburos más complejos hace que los Líquidos del Gas Natural (LGN) tengan una alta cotización del mercado nacional e internacional. Se consideran que en los (LGN), se encuentran presentes los compuestas Etano: (C_2), Propano (C_3) y Butanos (C_4), los cuales son gas en condiciones atmosféricas. También se encuentran presente el Pentano (C_5), Gasolina Natural, Residual y el Pentano y compuestos más pesados (C_5^+), el cual es un líquido en condiciones atmosféricas, por lo que permite su transporte en forma líquida, y ser utilizado en su forma gaseosa.

2.1.5.3 La Gasolina Natural (GN).

Este es un producto de bajo peso específico, separado del gas húmedo en forma de vapor; condensado. La gasolina natural se obtiene por absorción con carbón vegetal, compresión y absorción en un aceite mineral se puede llegar a recuperar 700 litros de gasolina natural, por cada 1000 m³ de gas natural procesados (700 L/1000 m³). La GN es en general un compuesto constituido por una mezcla de hidrocarburos de composición desde el Pentano (C_5) hasta el Heptanos y compuestos más pesados (C_7^+), estos permanecen en estado líquido a presión y temperatura atmosférica. En general se puede señalar que la gasolina natural es una mezcla de hidrocarburos líquidos conformada por compuesto que contienen entre cinco y nueve carbonos, se produce a través de varios procesos

de destilación fraccionada del petróleo, la condensación o la adsorción de gas natural, la descomposición térmica o catalítica del petróleo o sus fracciones, la hidrogenación del gasógeno o carbón, o a través de la polimerización de hidrocarburos de bajo peso molecular.

2.1.6 Usos del Gas Natural

El gas natural sirve como combustible para usos doméstico, industriales y para la generación de energía termoeléctrica. En el área industrial es la materia prima para el sector de la petroquímica. A partir del gas natural se obtiene, por ejemplo, el polietileno, que es la materia prima de los plásticos. En términos generales se puede asegurar que la utilidad del gas natural es múltiple, aunque una de las primeras aplicaciones fue la producción de vapor sustituyendo o complementando en instalaciones mixtas, la acción de los combustibles sólidos o líquidos.

2.1.6.1 Usuarios domésticos

Las aplicaciones domésticas son los usos del gas natural más comúnmente conocido. Se puede utilizar para cocinar, lavar, secar, calentar el agua, calentar una casa o climatizarla. Además, los electrodomésticos se mejoran día a día con el fin de utilizar el gas natural de forma más económica y segura. Los costos de mantenimiento del material que funciona con gas son generalmente más bajos que los de otras fuentes de energía.

2.1.6.2 Aplicaciones comerciales

Los principales usuarios comerciales de gas natural son los proveedores de servicios de comida, los hoteles, los equipamientos de servicios médicos y los edificios de oficinas. Las aplicaciones comerciales de gas natural incluyen la climatización (aire acondicionado y refrigeración), la cocina o la calefacción.

2.1.6.3 Sector Industrial

El gas natural es un input para la fabricación de la pasta de papel, del papel, de ciertos metales, productos químicos, piedras, arcilla, vidrio y en la transformación de ciertos alimentos. Puede ser igualmente utilizado para el reciclado de residuos, para la incineración, el secado, la des humidificación, la calefacción, la climatización y la cogeneración.

2.1.6.4 Generación de electricidad

Las compañías de electricidad y los proveedores independientes de energía emplean cada vez más el gas natural para alimentar sus centrales eléctricas. Generalmente, las centrales que funcionan con gas natural tienen menores costes de capital, se construyen más rápidamente, funcionan con mayor eficacia y emiten menos polución atmosférica que las centrales que utilizan otros combustibles fósiles. Los avances tecnológicos en materia de diseño, eficacia y utilización de turbinas de ciclo combinado, así como en los procesos de cogeneración, fomentan el empleo de gas natural en la generación de energía. Las centrales de ciclos combinados (CCGT) utilizan el calor perdido para producir más electricidad, mientras que la cogeneración del gas natural produce al mismo tiempo potencia y calor que son útiles tanto para las industrias como para los usuarios comerciales. Esta cogeneración reduce muy fuertemente las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

2.1.6.5 Gas Natural Vehicular

El gas natural puede ser utilizado como combustible por los vehículos a motor de dos maneras: como gas natural comprimido (GNC), la forma más utilizada, o como gas licuado.

El parque automotriz que funciona con gas natural es aproximadamente de 1.5 millones de vehículos en todo el mundo (según la Asociación Internacional de Vehículos de Gas Natural). Las preocupaciones respecto de la calidad del aire en

la mayor parte de las regiones del mundo refuerzan el interés por la utilización del gas natural en este sector. Se estima que los vehículos que utilizan este tipo de combustible emiten un 20% menos de gas con efecto de invernadero que los vehículos que funcionan con gasolina o con diesel. Contrariamente a lo que se piensa comúnmente, el empleo de gas natural en los vehículos motorizados no es una novedad, puesto que ya se utilizaban en los años 30. En muchos países, este tipo de vehículos es presentado como una alternativa a los autobuses, taxis y otros transportes públicos. El gas natural en vehículos es a la vez barato y práctico.

2.2 Reservas Gasíferas

Cuando se hace una estimación de reservas de gas natural, siempre es necesario aclarar cuál es el grado de certeza con que se hacen esas estimaciones. El método que adopta la industria en todo el mundo es clasificar las reservas como “Probadas”, “Probables” y “Posibles”.

Las reservas probadas tienen una certeza prácticamente absoluta, casi no hay dudas de que existen. Los expertos dicen que hay un 90% de probabilidad de que realmente están bajo tierra. Las reservas probables, en cambio, son algo más inciertas, generalmente se asocian a zonas de los campos productores que están alejadas de los pozos que ya existen y de las que se conoce poco, la probabilidad de que la suma de reservas probadas más probables sea del tamaño que se las plantea es del 50% en este caso.

Finalmente, las reservas posibles son aún más dudosas y fruto de cálculos extremadamente optimistas, a tal punto que su existencia es más cuestionable, la probabilidad de que la suma de reservas probadas más probables más posibles sea del tamaño que se plantea es de sólo el 10%.

Cuando se hacen grandes inversiones en gasoductos, LNG, GTL, termoeléctricas, etc., con el propósito de capitalizar las reservas y también para que los proyectos sean sostenibles en el tiempo, generalmente se hacen

verificando que la suma de reservas probadas más probables sea suficiente para una vida de los proyectos de 20 a 30 años.

Venezuela se encuentra en una posición privilegiada al ser el octavo país del mundo y el primero de América Latina en lo que a reservas de gas natural se refiere, contando con cerca de 4,343 billones de metros cúbicos de las reservas en el mundo. Tal magnitud de reservas permite a un país del tamaño de Venezuela (cerca de 26 millones de habitantes aproximadamente) abastecer con amplitud al mercado doméstico y contar con grandes posibilidades de exportación. Actualmente, Venezuela cuenta con reservas probadas de gas natural que alcanzan los 176.015 miles de millones de pies cúbicos normales (Mmmpcn), el cual corresponde al 2.8% de las reservas probadas según el último balance financiero de Pdvsa. El recurso coloca a la nación como el primer país del continente latinoamericano con reservas de gas probadas, ya que el 65% de estas reservas en el continente corresponde a Venezuela seguido por Argentina con un 11% y el resto corresponde a los demás países en Latinoamérica, permitiéndole así un amplio mercado en el Norte y Centroamérica con gran facilidad de venta de la mayor parte de sus reservas de gas a estos países del Caribe, a causa de su privilegiada ubicación geográfica en el continente americano, permitiendo que Venezuela pueda posicionarse como uno de los principales productores de gas a nivel mundial.

En América Latina, Venezuela es el país con mas reservas probadas, seguido por Bolivia y Trinidad & Tobago. Las reservas venezolanas representan el 55% de las reservas de la región.

De las reservas probadas de gas natural en Venezuela, el 91% corresponde a gas natural asociado. El mayor volumen de reservas del país (70%) está localizado en el oriente, 23% corresponde al occidente (62 BPC) y el resto a costa afuera 7%.

Las reservas más importantes de gas libre se encuentran costa afuera, siendo las áreas más avanzadas en exploración las correspondientes al Proyecto Mariscal Sucre en el norte de la Península de Paria y las de la Plataforma Deltana, ambas en el oriente del país.

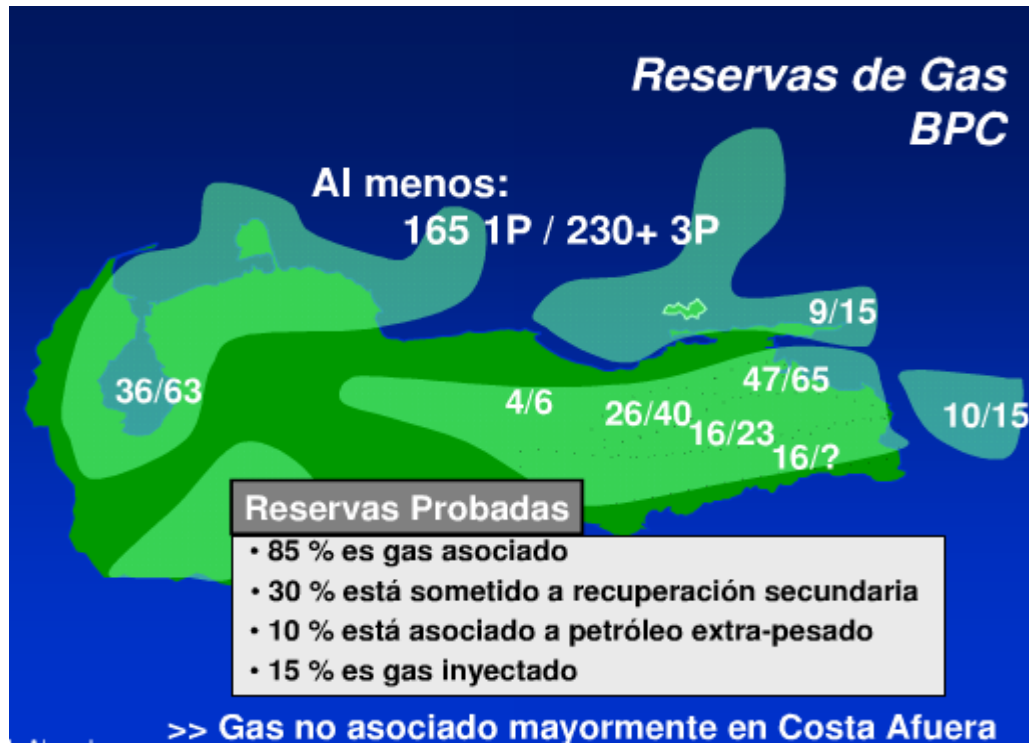


Figura 2.3 Reservas de gas

La zona del Golfo de Venezuela, en el occidente venezolano, tiene un potencial elevado que comenzará a ser explorado en el marco del Proyecto Rafael Urdaneta.

En tierra firme existen reservas de gas en el eje norte llanero donde ya se está explotando el campo Yucal Placer Norte, donde en el cierre de 2004 se registró una producción diaria de 60 MMPCD y se espera alcanzar una producción de 300 MMPCD aproximadamente. En el pie de monte andino se está explorando en el Bloque de Barrancas, donde se espera alcanzar una producción de 70 MMPCD.

2.3 Sistemas de transmisión del gas natural

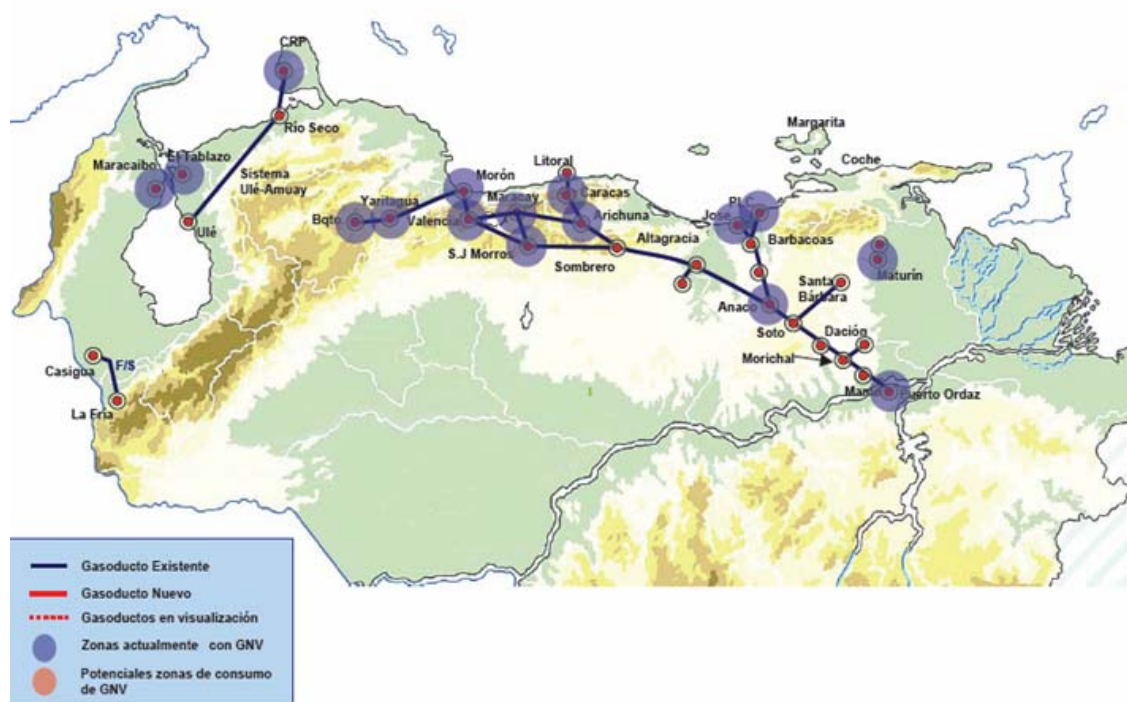


Figura 2.4 Red de gasoductos en Venezuela

Los gasoductos conducen el gas natural que puede producirse desde un yacimiento de gas libre o gas asociado, y que previamente ha sido acondicionado en el mismo yacimiento para su adecuado transporte y utilización, hacia plantas separadoras y fraccionadoras, con el objetivo de extraer hidrocarburos contenidos en el gas natural tales como el etano, el propano y butano (gas licuado) y los pentanos y superiores (gasolina natural) tan deseados por su valor económico. Luego de dichos procesos de separación, el gas seco ya tratado ingresa a los sistemas de transmisión o gasoductos troncales, para ser despachado al

consumidor industrial y doméstico. Forman parte de estos sistemas las estaciones recompresoras, que van restituyendo, a ciertos intervalos, la presión que va perdiendo el gas natural por rozamiento durante su circulación por las tuberías y el centro de despacho y control de las operaciones. El suministro a cada consumidor individual es manejado por las compañías de distribución con su propio sistema de tuberías o red de distribución.

En la figura 2.4 se muestra la red actual de gasoductos en Venezuela. Se puede observar que los sistemas de transmisión se encuentran ubicados principalmente en la parte norte del país, donde la más larga extensión de terreno esta comprendida entre las ciudades de Puerto Ordaz y Barquisimeto.

2.4 Gas natural en el mundo (reservas productores y consumidores)

2.4.1 Principales consumidores de gas natural a nivel mundial

Los principales consumidores de gas natural son EE.UU y Rusia con una demanda de 61.3 Billones de pie cúbicos de gas y 39.2 Billones de pie cúbicos de gas, respectivamente. El tercer lugar lo ocupa Reino Unido con una demanda de 9.2 Billones de pie cúbicos de gas.

EE.UU y Rusia por ser los principales consumidores de gas natural, son en los que deberíamos concentrarnos para el negocio del gas; es decir son países totalmente industrializados con grandes oportunidades para negociar, ya que utilizan el gas natural en grandes cantidades. En países como Reino Unido, Canadá, Irán, Alemania, Japón, Italia, Ucrania y Arabia Saudita el consumo de gas natural es casi igual (entre 6 – 9 Billones de pie cúbico de gas) y no es tan significativo, lo cual es indicativo de poca oportunidad de mercado.

Venezuela es uno de los principales consumidores de gas en América Latina en conjunto con Argentina, el cual va destinado principalmente para la actividad

petrolera con el 71% del consumo total y el 29% para el mercado domestico. Del 71% de la actividad petrolera, el 47% lo ocupa la recuperación de crudo en el yacimiento (inyección), seguido del uso como combustible (24%), 9% para la transformación de los líquidos del gas natural y el resto para las demás actividades petroleras que utilizan el gas como insumo.

2.4.2 Principales productores de gas natural a nivel mundial

Rusia y EE.UU son los grandes productores de gas natural, cuentan con una producción de 57.9 Billones de pie cúbicos y 49.9 Billones de pie cúbicos de gas, respectivamente, el cual representa el 21.7% y el 18.7% de la producción mundial. Es decir son países con planes gasíferos extraordinarios; así mismo cuentan con grandes reservas de gas que son intocables, aun cuando son los principales productores dichos países tienen planes estratégicos, el cual es importar gas de otros países como del Medio Oriente, Canadá, entre otros, para cubrir la gran demanda de gas (principalmente EE.UU).

Por estar en las primeras posiciones pueden negociar a nivel mundial con el gas, y Venezuela no escapa de esta oportunidad ya que ocupa el onceavo lugar. Sin embargo, la producción en Venezuela es principalmente destinada para consumo interno y poca cantidad para exportar.

Venezuela cuenta con una posición geográfica privilegiada, el cual le da grandes oportunidades de mercado, limita por el norte con el mar Caribe, cuenta con la cercanía del Canal de Panamá y de manera terrestre a los países del sur (Argentina, Brasil, Chile, Bolivia, etc.).

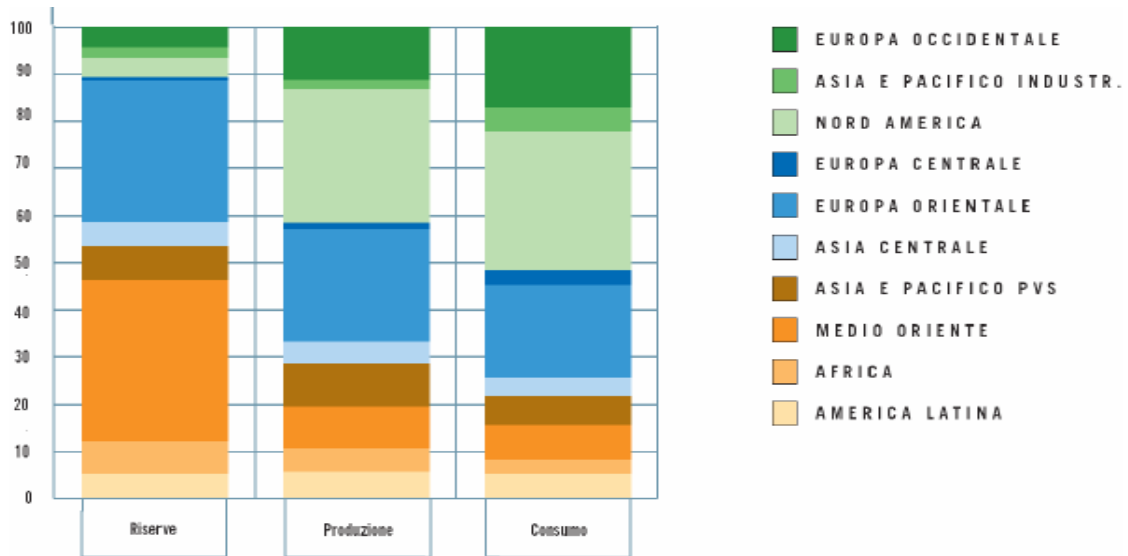


Figura 2.5 Porcentajes de Reservas, productores y consumidores

2.5 Movimientos comerciales

A nivel internacional los movimientos comerciales de gas natural en billones de pies cúbicos se centran en Rusia, Estados Unidos y Canadá, Venezuela comercializa los líquidos del gas natural, principalmente propano, gasolina natural y butanos. Hoy día no exporta gas natural vía gasoductos o licuados (GNL). Por su potencial en reservas y buena posición geográfica Venezuela necesita tener una visión más ambiciosa con respecto al comercio del gas natural, ya que está en el umbral de un cambio profundo; listo para volverse global y adoptar un modelo de mercado más flexible. El gas puede convertirse verdaderamente en el combustible que ayude a mantener encendidas las luces del planeta.

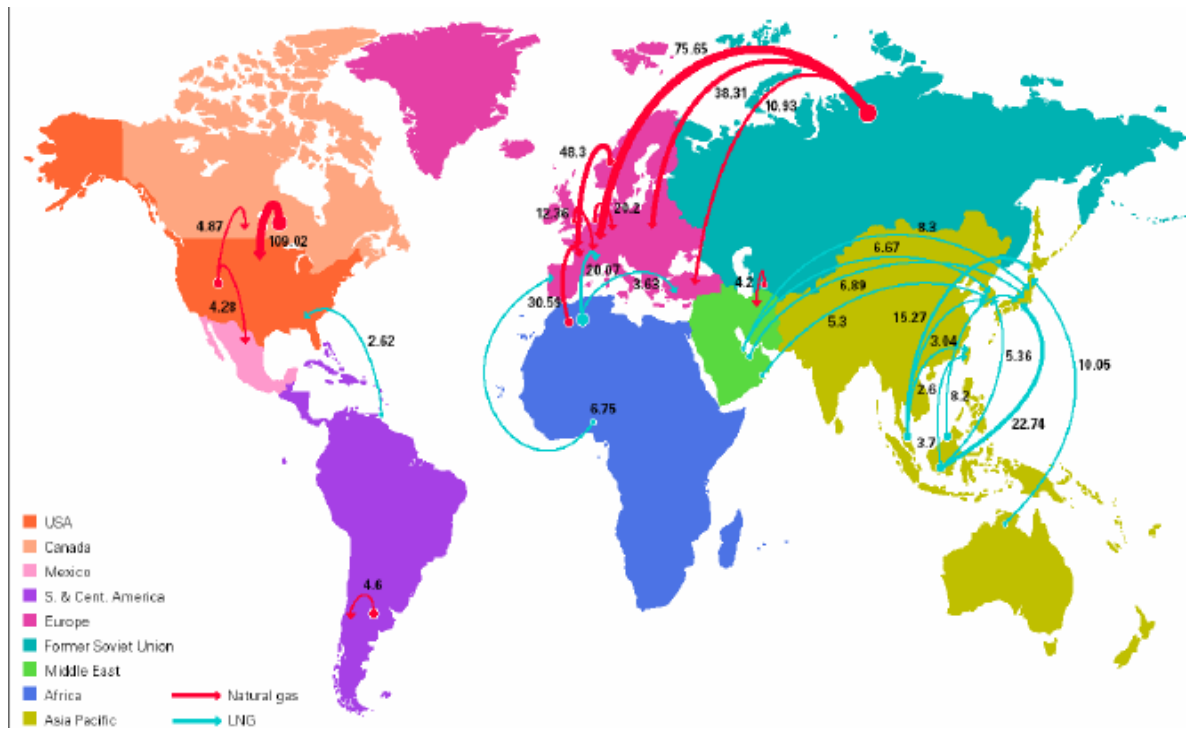


Figura 2.6 Movimientos del gas a nivel mundial

2.6 Comercio internacional vía gasoductos

A nivel mundial se tiene una red de gasoductos para el transporte del gas natural. En la figura 2.7 se puede observar los diferentes países exportadores representados por color naranja e importadores de color azul oscuro. Los países que se encuentran de color amarillo y azul claro son países que tienen un potencial de exportación e importación respectivamente. Con respecto a la red gasoductos a nivel mundial se puede observar los gasoductos existentes de color rojo y las posibles construcciones de color azul.

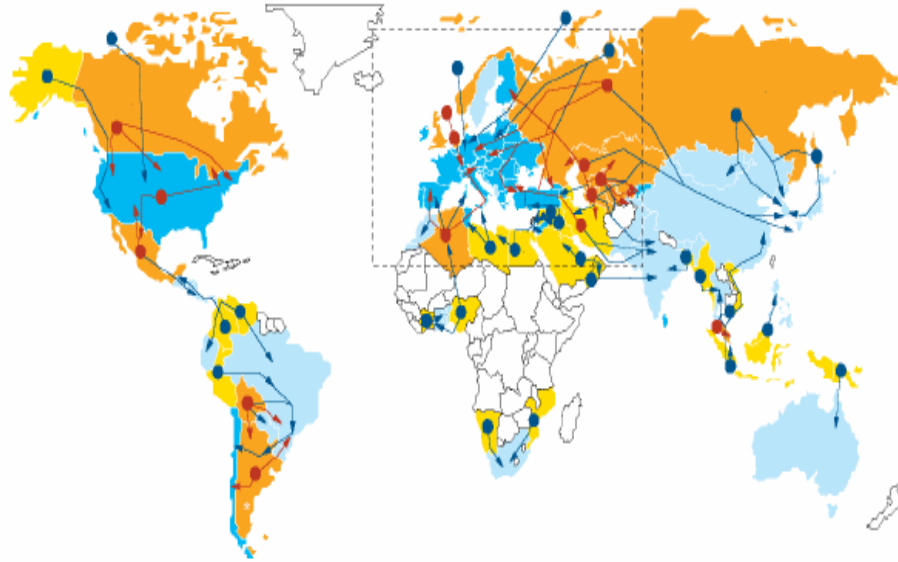


Figura 2.7 Gasoductos a nivel mundial

2.7 Medios de transporte del Gas Natural

2.7.1 Gasoductos

Consiste en una conducción de tuberías de acero, por las que el gas circula a alta presión, desde el lugar de origen. Se construyen enterrados en zanjas a una profundidad habitual de 1 metro. Excepcionalmente, se construyen en superficie.

Por razones de seguridad, las normas de todos los países establecen que a intervalos determinados se sitúen válvulas en los gasoductos mediante las que se pueda cortar el flujo en caso de incidente. Además, si la longitud del gasoducto es importante, puede ser necesario situar estaciones de compresión a intervalos.

El inicio de un gasoducto puede ser un yacimiento o una planta de regasificación, generalmente situada en las proximidades de un puerto de mar al que llegan buques.

Para cruzar un río en el trazado de un gasoducto se utilizan principalmente dos técnicas, la perforación horizontal y la perforación dirigida. Con ellas se consigue que tanto la flora como la fauna del río y de la ribera no se vean afectadas. Estas técnicas también se utilizan para cruzar otras infraestructuras importantes como carreteras, autopistas o ferrocarriles.

El tendido por mar se hace desde barcos especialmente diseñados, los cuales van depositando sobre el lecho marino la tubería una vez que ha sido soldada en el barco.

Las normas particulares de muchos países obligan a que los gasoductos enterrados estén protegidos de la corrosión. A menudo, el método más económico es revestir el conducto con algún tipo de polímero de modo que la tubería queda eléctricamente aislada del terreno que la rodea. Generalmente se reviste con pintura y polietileno hasta un espesor de 2-3 mm. Para prevenir el efecto de posibles fallos en este revestimiento, los gasoductos suelen estar dotados de un sistema de protección catódica, utilizando ánodos de sacrificio que establecen la tensión galvánica suficiente para que no se produzca corrosión.

El impacto ambiental que producen los gasoductos, se centra en la fase de construcción. Una vez terminada dicha fase, pueden minimizarse todos los impactos asociados a la modificación del terreno, al movimiento de maquinaria, etc. Queda, únicamente, comprobar la efectividad de las medidas correctivas que se haya debido tomar en función de los cambios realizados: repoblaciones, reforestaciones, protección de márgenes, etc.

La presión a la que circula en gas por el gasoducto es normalmente de 72 bar para los de redes básicas de transporte y 16 bar en las redes de distribución.

Para llevar el gas hasta los hogares y comercios, es preciso bajar la presión de transporte hasta límites razonablemente seguros. Esto se consigue instalando estaciones de regulación a lo largo del gasoducto en las que se baja la presión hasta la presión habitual de distribución.

El cambio de presiones se hace de forma análoga a las redes eléctricas (alta tensión/baja tensión), en este caso se utilizan estaciones de regulación y medida, por medio de reguladores de presión de membrana se regula la presión de salida que se necesite.

2.7.2 Buques Metaneros

Un metanero es un buque dedicado al transporte de Gas Natural Licuado, desde los países productores de gas natural a los países consumidores.

Las características tecnológicas de estos barcos son muy sofisticadas, ya que el gas debe mantenerse a una temperatura de -160 °C para largos recorridos.

2.7.2.1 Tipos de buques metaneros

2.7.2.1.1 Sistemas de propulsión

Las turbinas de vapor son el sistema de propulsión más utilizado. Son máquinas que han demostrado eficiencia y durabilidad a lo largo del tiempo. La caldera generadora de vapor puede alimentarse con *fuel-oil* o *boil-off*.

2.7.2.1.2 Propulsión por turbina de vapor

Los buques de nueva generación se están construyendo con otro tipo de impulsores. Existen los que utilizan turbinas alimentadas directamente por *fuel-oil* o gas de *boil-off*, similares a las turbinas utilizadas en aviones o centrales de ciclo combinado.

También existen buques propulsados por motores diesel de dos tiempos o bien por motores diesel duales, que utilizan como combustible una mezcla de diesel-oil y gas de *boil-off*.

Los buques metaneros presentan grandes dimensiones comparativamente con otros de igual tonelaje, como consecuencia de la baja densidad de la carga que transportan (aproximadamente 0,47 Kg/m³). Su velocidad es elevada: 20 nudos frente a 14 nudos para buques petroleros. En general utilizan *fuel-oil* como combustible aunque pueden aprovechar el *boil-off* como combustible alternativo.

En su construcción emplean materiales de alta calidad: aluminio en tanques, acero inoxidable en tubería, bombas criogénicas y sistemas de frío, sofisticados tratamientos de pintura para proteger sus tanques de lastre, etc. Son buques altamente automatizados. Se equipan con complejos sistemas electrónicos para la navegación, el control de carga y descarga, la planta propulsora y para otros mecanismos secundarios.

El término *boil-off* se utiliza internacionalmente para definir la evaporación de GNL que se genera naturalmente (por la diferencia de temperatura con el ambiente) en los tanques de almacenamiento, ya sea en la planta de licuación, en el buque metanero o en la planta de regasificación.

2.7.2.2 Tecnologías de almacenamiento del GNL en el buque metanero

2.7.2.2.1 IHI

Utilizan tanques prismáticos auto-soportados. El sistema de construcción es tradicional, con refuerzos en el interior de los tanques, los cuales quedan integrados dentro de la estructura del buque.

No presentan limitaciones por *sloshing* y las complicaciones en el viaje de lastre son mínimas. Generan poco *boil-off* y son fácilmente accesibles para inspección y mantenimiento. Hasta la fecha sólo se ha utilizado esta tecnología en buques de pequeño y mediano porte (48.000 / 87.000 m³).

Se entiende por *sloshing* las fuerzas generadas por el movimiento del GNL dentro de los tanques. Estas fuerzas pueden ser de importante magnitud y llegar a causar problemas para controlar el buque. Como los buques metaneros transportan una sustancia de baja densidad, presentan un gran volumen. Cuando descargan e inician el viaje de lastre, pueden presentar problemas para el control debido al bajo peso y la alta superficie vélica.

2.7.2.2.2 Membrana

Los depósitos consisten en una delicada pared estanca, denominada membrana, y se separan de la estructura del buque por una capa de aislamiento.

Las membranas se diseñan de tal manera que pueden absorber las dilataciones y contracciones térmicas. Al mismo tiempo, la membrana constituye una barrera primaria que se completa con otra, secundaria, capaz de retener al GNL en caso de accidente.

Actualmente existen en el mercado dos tipos de membrana, según la empresa fabricante: la de Technigaz, cuya barrera primaria es de acero inoxidable inervado con configuración ortogonal, y la de Gaztransport, con una barrera primaria de Acero invar. (30% Níquel).

En grandes rasgos, pueden nombrarse las siguientes características de los buques metaneros con sistema de membrana para el almacenamiento de GNL:

- Debido al efecto *sloshing* los tanques deben estar siempre cargados en cantidades inferiores al 10% de su capacidad máxima o bien mayores al 90% de la misma.
- El tiempo de enfriamiento es muy corto, admite cambios rápidos de temperatura.
- Debe mantenerse siempre una presión positiva en el interior de los tanques, para evitar su colapso.
- Presentan poca superficie vélica al viento.
- Debido a su estructura, resulta complicado encontrar posibles fugas en los tanques, lo que dificulta el mantenimiento.

2.7.2.2.3 Moss Rosemberg (Esfera)

Este sistema utiliza depósitos esféricos autosostenidos, no integrados en el casco del buque, construidos normalmente en aluminio. El aislamiento suele formarse con PVC, Poliuretano y fibra de vidrio.

Genera una cantidad de *boil-off* similar a la tecnología de membrana y es de fácil acceso para la inspección y el mantenimiento, aunque difícilmente se produzcan pérdidas en los tanques. Debido a su gran volumen, presentan mayor vela al viento que las otras dos tecnologías y admitir cargas parciales (no produce efecto *sloshing*).

El *Gross Tonnage* (GT) de estos buques es superior al de los otros dos tipos.

2.7 Otra modalidad de transporte: Gas Natural Presurizado (PNG)

Vale la pena decir que también existe el transporte marítimo de gas natural en estado gaseoso y alta presión.

Este tipo de transporte se aplica cuando los yacimientos son pequeños y no se justifica la inversión en una planta de licuación. Siguiendo el mismo criterio, también se utiliza esta modalidad cuando en el mercado de recepción no existe masa crítica para construir instalaciones de regasificación.

Con respecto al transporte de gas natural como GNL, la modalidad del PNG no presenta costos de licuación ni de regasificación. Otras ventajas son que no se genera *boil-off*, por lo cual no se pierde gas y permite la propulsión con motores diesel, con rendimiento térmico superior al de las turbinas.

Los buques utilizados para transportar gas natural a presión presentan las siguientes características generales:

- Casco exterior convencional de acero.
- Contenedores de carga: pack de 12 botellas de acero
- Botella de 3 cm de espesor y 30 m de altura
- Fabricación estándar, lo que abarata su acopio, utilizando válvulas de modo que pueda conectarse cada pack al *manifold*12.
- Presión de transporte: 250 bar

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto, se cataloga como una investigación de carácter documental, ya que se utilizan estrategias donde se observa y se analiza sistemáticamente sobre realidades (teóricas o no) usando para ello diferentes tipos de documentos con la finalidad de obtener resultados que pudiesen ser base para el desarrollo de la creación científica.

Según Arias, Fidias G. 2006 la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

3.2 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Revisión bibliográfica

La búsqueda de información se inicio vía electrónica a través de internet, seguidamente de bibliografías referentes al del gas natural, reservas, distribución, medios de transporte del gas específicamente los gasoductos y buques metaneros. Este proceso de búsqueda de información se hace continuo a lo largo de todo el desarrollo del proyecto, de manera de ir completando todas las etapas que representan esta investigación, para así establecer cada objetivo planteado.

3.2.2. Describir el funcionamiento de los Buques Metaneros y Gasoductos

En esta etapa se estudio cada uno de los parámetros que rigen el funcionamiento de los gasoductos y los buques metaneros. Se conocieron características, entre las cuales se encuentran diámetros, espesores, accesorios y materiales referentes a los gasoductos, así como también los sistemas de carga y descarga y características que comprenden al transporte por buques metaneros.

3.2.3. Analizar las ventajas, desventajas de las diferentes alternativas de transporte del Gas Natural

Con la información referente a los buques metaneros y los gasoductos se establecieron las ventajas y desventajas que nos aportan ambos medios de transporte.

3.2.4. Comparar los diversos criterios de selección entre Gasoductos y Buques Metaneros para un caso práctico conocido

Conociendo las ventajas y desventajas ofrecidas, en esta etapa se realiza una comparación tomando en cuenta la distancia, factores ambientales, relaciones industriales, vialidad y economía que presentan ambos medios del transporte del gas natural aportando una visión para la selección mas idónea.

3.2.5. Elaborar un análisis costo – beneficios para la alternativa mas favorable en el caso Argentina – Venezuela

En esta etapa se realizo un análisis de los aspectos sociales, económicos y ambientales que presenta el proyecto de intercambio entre las naciones de

Argentina y Venezuela. Proyecto que consta de la construcción de un gasoducto que unirá las naciones aportando beneficios para ambos países.

3.2.6. Redacción del Trabajo de Grado

Esta etapa comprende el ordenamiento y transcripción de toda la información recolectada explicando detalladamente, resultados, análisis, conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO IV.

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Funcionamiento de los gasoductos y los buques metaneros.

4.1.1 Gasoductos

Los gasoductos, por el hecho de ser conducciones extensas de tuberías, por donde circula el gas natural a altas presiones, se hace necesario conocer una serie de parámetros que permitan determinar hacia donde se desean llevar los gases combustibles. En la etapa de construcción de un gasoducto, ya se debe tener preestablecido cual va a ser el material con el cual va a ser construido el ducto de tuberías, así como los accesorios colocados estratégicamente a lo largo del gasoducto, todo esto con el fin de que el gas llegue a su punto final con las especificaciones necesarias. Para el tendido de un gasoducto es necesario realizar un estudio ambiental y otro arqueológico.

Los gasoductos son todas las partes de las instalaciones físicas a través de las cuales se mueve el gas en su transporte, incluyendo tuberías, válvulas, accesorios, bridas (así como el empernado y las empaquetaduras) reguladores,

recipiente a presión, amortiguadores de pulsación, válvulas de desfogue y otros accesorios instalados en la tubería, unidades de compresión, estaciones de medición y estaciones de regulación. Excepcionalmente, se construyen sobre la superficie. Por razones de seguridad, las regulaciones de todos los países establecen que a intervalos determinados se sitúen válvulas en los gasoductos mediante las que se pueda cortar el flujo en caso de incidente.

Debe tomarse en cuenta que los gasoductos pueden emplearse a la salida de los pozos de producción, para el posterior tratamiento del gas. Los gasoductos que se emplean para distribuir el producto ya procesado consisten en secciones de tubería interconectados y frecuentemente incluyen estaciones compresoras ubicadas a intervalos conforme a las necesidades de variación de presión de flujo de gas a través de las tuberías.

Para el diseño de un gasoducto, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Estudio de la ruta
- Análisis Hidráulico
- Diseño mecánico
- Consideraciones de operación y mantenimiento
- Características de los fluidos

4.1.1.1 Materiales de fabricación

Los materiales que se emplean principalmente para la construcción de gasoductos de transporte son el polietileno y el acero al carbono, materiales de alta resistencia, durabilidad y elasticidad. Dichos materiales pueden ser utilizados en cualquier tipo de suelo, incluyendo zonas sísmicas. El polietileno puede alargarse en más de un 40 % manteniendo la hermeticidad (es decir, no exista fuga) y resistencia. En cuanto al acero su utilización se debe a que puede soportar altas

presiones. Su fabricación se basa en la norma americana API 5L que define sus características

4.1.1.2 Características de las tuberías

4.1.1.2.1 Diámetro de las tuberías

Debido a los parámetros de sección de flujo, presión, corrosión, temperatura y material de las tuberías, era necesario establecer diferentes espesores de tuberías por lo cual se estableció un diámetro nominal (DN) y un diámetro exterior fijo que siempre es mayor que el nominal, hasta 12" de diámetro nominal. A partir de 14", los diámetros coinciden.

4.1.1.2.1.1 Diámetro nominal (DN)

El diámetro nominal como su nombre lo indica, solo sirve para nombrar las tuberías, no para dimensionarlas.

4.1.1.2.1.2 Diámetro exterior (OD)

Es la medida real del diámetro de la tubería y coincide con el diámetro nominal cuando el diámetro externo de la tubería es mayor o igual a 14".

4.1.1.2.1.3 Diámetro interno

Es el diámetro de la sección hueca de la tubería que está limitada por la parte interna del espesor de la tubería. Este diámetro es variable para un mismo diámetro nominal, siendo inversamente proporcional al espesor.

4.1.1.2.2 Espesor de las tuberías

El espesor mínimo de las paredes de la tubería del ducto debe calcularse de conformidad con los códigos aplicables y los factores correspondientes. El espesor de la pared debe seleccionarse tomando en cuenta la presión interna, cargas externas y zonas en las cuales se requiera considerar factores de seguridad más elevados.

4.1.1.2.2.1 Espesores nominales

Los valores nominales de espesor de tubería normalmente se conocen con el nombre de Schedule, estableciéndose los siguientes valores: 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 y 160. Cabe destacar que a mayor Schedule, mayor es el espesor de la pared de la tubería. Los más usuales en diámetros nominales hasta 12" son el 40, 80 y 120; y en tuberías de diámetros nominales mayores de 12" son de 20, 30, 40 y 60. Otra forma de denominar el espesor de las tuberías es considerando tres denominaciones en orden de menor a mayor espesor. Estas son la STD (Standard), XS (Extra Strong) y XXS (Double Extra Strong). Esta forma es muy utilizada en el medio comercial.

4.1.1.2.2.2 Espesor de la pared

Es como su nombre lo indica, el espesor de la pared de la tubería, que a medida que aumenta su denominación, el espesor aumenta desde el diámetro exterior hacia el centro de la tubería

4.1.1.2.3 Instrumentos y Accesorios

4.1.1.2.3.1 Reguladores

Los reguladores de presión son aparatos de control de flujo diseñados para mantener una presión constante aguas debajo de los mismos. Este debe ser capaz de mantener la presión, sin afectarse por cambios en las condiciones operativas del proceso para el cual trabajan. Un regulador tiene tres componentes principales: el primero es el sensor que determina el valor de la variable a controlar, el segundo es el controlador, que compara la medida a un valor de ajuste y cambia su salida si hay una desviación entre los valores reales y los deseados y el tercero es la válvula de control, la cual recibe la salida de controlador y cambia el proceso para eliminar la desviación.

4.1.1.2.3.2 Medidores

Los medidores de flujo facilitan el control de insumos del proceso y la obtención de correctos índices de producción o consumo. Deben ser instalados en las líneas principales o a la entrada de equipos de mayor consumo y su tipo y capacidad dependerán de las variables de proceso mismo donde serán instalados

4.1.1.2.3.3 Válvulas

Las válvulas pueden ser de dos tipos según su función en la red: válvulas de alivio y válvulas de bloqueo. La válvula de alivio tiene como función proteger el sistema durante una sobrepresión, siendo esta una condición que puede causar que la presión de un sistema se incremente más allá del valor de diseño o de la máxima presión de trabajo permisible. Las válvulas de alivio son similares a los reguladores excepto en el tipo de piloto, que libera la sobrepresión a la atmósfera. Las válvulas de bloqueo tienen como función cortar el suministro de gas en

determinadas situaciones, ya sea por corrección de fuga, mantenimiento de otra válvula o simplemente corte del servicio al cliente

4.1.2 Buques Metaneros

Los Buques Metaneros no son tan ambiciosos como los gasoductos en su construcción, pues dichos buques, responden a unas dimensiones estándar para almacenar el gas mientras es transportado, sin embargo no dejan de cumplir bajo las especificaciones intrínsecas que tienen estos, a la hora de transportar el gas natural.

Los equipos y sistemas que se encuentran asociados al manejo de productos refrigerados dependen de la capacidad de almacenaje que se requiera y a la naturaleza de las operaciones que se realicen. En aquellas en donde se maneja un volumen considerado de alimentación continua, se requiere de una planta de refrigeración, para eliminar calor de las líneas de transferencia y/o tanques de almacenamiento.

Los buques cisternas se utilizan para el transporte de estos productos refrigerados, los cuales presentan instalaciones similares a las de las plantas de almacenamiento (bombas, compresores, tanques línea y sistemas de protección). Se encuentran especialmente contruidos con casco doble. El sistema de contención de carga se diseña y construye utilizando materiales especiales para el aislamiento, para asegurar el transporte seguro de esta carga criogénica.

Los buques cisternas están diseñados para manejar diferentes productos refrigerados en un mismo tanque y transportar hasta tres segregaciones distintas, a diferencia de las plantas de almacenamiento, por lo cual resulta de suma importancia la inspección de estos tanques antes de cargarlos, para evitar contaminación y pérdida de calidad del producto.

4.1.2.1 Características técnicas

Los cinco nuevos buques contratados para el transporte de gas natural disponen de cuatro tanques de membrana Gaz Transport con una capacidad total de 138.000 m³ de GNL, y tienen una longitud total (eslora) de más de 284 metros. Por razones estructurales y de seguridad, todos los buques metaneros están diseñados con doble casco, lo que permite aprovechar estos espacios como tanques de agua de lastre. El diseño de los buques metaneros se realiza con materiales de alta calidad y muy resistentes, con el fin de garantizar la máxima seguridad en el transporte y durante las operaciones de carga y descarga.

Por ello el diseño de estos buques contempla la utilización de materiales como el invar., un acero especial con un 36% de níquel, acero inoxidable, acero galvanizado y procedimientos de construcción muy específicos: soldadura de alta calidad, ensayos no destructivos de la soldadura, dimensionamiento de precisión, etc.

Todo ello hace que los buques metaneros sean muy seguros, y tengan una vida operativa muy larga, que puede superar los 40 años, ya que además el gas no corroe los tanques de carga, y permite que se conserven en perfecto estado.

4.1.2.2 Operación de carga y descarga

Las operaciones de carga y descarga del GNL se realizan a través de los brazos de carga o descarga que existen en los terminales de licuefacción y regasificación. La red de tubería criogénica, dispuesta sobre la cubierta del buque, permite la comunicación de los brazos con los tanques de carga, donde el GNL se almacena a una presión entre 50 y 220 mbar por encima de la presión atmosférica.

Para realizar la descarga, los buques metaneros disponen de una serie de bombas sumergidas que impulsan el GNL a través de la tubería de carga hasta los brazos y la red de tubería de la terminal de descarga. Los nuevos buques disponen de 8 bombas de 1700 m³/h de capacidad, lo que les permite descargar en aproximadamente 10 horas. En el interior de los tanques de carga y de forma natural, el GNL se evapora en pequeños porcentajes, lo que se conoce como boil-off, que puede ser controlado con ciertos límites por medio de los compresores de carga, y aprovechar parte de este gas natural para quemarlo como combustible.

La evolución de los sistemas de contención de carga ha permitido reducir los niveles de evaporación del GNL, hasta un nivel mínimo, que supone el 0,15% del volumen de carga a bordo por día, frente al 0,25 % o 0,30 % de los buques más antiguos. Otra de las innovaciones de estos nuevos buques es la utilización de un sistema de radar para la medición de los niveles de los tanques de carga.

4.1.2.3 Propulsión de los buques

Los sistemas de propulsión de los buques metaneros disponen de dos calderas y dos turbinas de vapor de agua, una de alta y otra de baja presión, cuyos ejes están conectados, por medio de una reductora, al eje principal del buque que mueve la hélice. El equipo propulsor de los nuevos buques metaneros es de 28.000 KW, lo que les permite alcanzar una velocidad de 19,5 nudos. Además las calderas permiten tanto la inyección de fuel oil como de gas natural en forma gaseosa, en función de los requerimientos de velocidad que tenga el buque en cada viaje y de otras consideraciones.

El vapor generado por las calderas, además de alimentar a las turbinas, se aprovecha en los turbogeneradores para producir electricidad y en otros sistemas como el de calefacción, maquinas de cubierta, generadores de agua, etc. Estos buques disponen igualmente de generadores diesel que pueden cubrir la demanda

eléctrica de los sistemas esenciales para mantener la seguridad y operatividad del buque como alternativa al sistema de vapor.

4.2 Analizar las ventajas, desventajas de las diferentes alternativas de transporte del Gas Natural.

En esta etapa se describirán aspectos negativos y positivos que nos brindan ambas alternativas de transporte. Haciendo uso de toda la información referente recopilada tanto de web, tesis, textos, etc de los buques metaneros y gasoductos se procede a realizar un análisis de todas esas ventajas y desventajas que nos brindan el transporte del gas natural.

Cuando hablamos de transporte de gas natural pensamos tanto en metaneros como gasoductos, y debemos tener claro que ambos medios cumplen su función a cabalidad, sin embargo existen algunos factores que descartan la posibilidad de utilizar uno u otro medio.

Hasta ahora sabemos que el gas a transportar por ambos medios se comporta de manera diferente, bien si hacemos uso de barcos metaneros el gas se envía a condiciones criogénicas, temperatura de -160°C o en el caso de usar gasoductos el gas viaja a altas presión por tuberías de acero de gran diámetro.

A comienzos de la era del petróleo, el gas natural era un producto indeseado. Encontrar un pozo de gas equivalía a obtener un pozo seco que era prontamente abandonado. Sin embargo, el gas natural se convirtió en una fuente confiable de energía, más barata e importante en los últimos tiempos y más limpia. Esto hizo que fuera transportado a distancias cada vez más lejanas. Como, a diferencia del petróleo, el gas no se puede almacenar o transportar en barriles, los gasoductos fueron cada vez más necesarios. Ellos permitían la conexión de fuentes de suministro en el interior de los continentes, hacia los principales mercados consumidores de la región.

Pero otra tecnología alternativa a los gasoductos, el gas natural licuado (GNL), se hizo cada día más viable al funcionar como un gasoducto flotante. En el GNL, el gas natural es transportado por gasoductos desde la zona productora hasta una planta, donde es comprimido hasta convertirse en líquido. Después, es almacenado y transportado por un barco a un puerto donde otra instalación permite su desembarco y regasificación. Ahí, nuevamente, entra en la red de gasoductos del local de destino.

Con la llegada del GNL, los grandes gasoductos dejan de ser la única alternativa para transportar gas a largas distancias. El gasoducto necesita importantes inversiones antes de que se pueda transportar una sola molécula de gas; a la vez, no otorga flexibilidad pues conecta un punto fijo a otro. Por el contrario, el GNL la permite y trae ventajas claras. Se necesitan, eso sí, inversiones en las plantas de licuefacción y regasificación y en los barcos para transportarlo.

Los costos bajan aceleradamente. Ya hay barcos que operan como unidades de regasificación. Estas innovaciones permitieron el desarrollo acelerado del uso del GNL. La primera consecuencia de esas inversiones fue la elasticidad en relación con las fuentes de suministro. Las importaciones antes limitadas a la capacidad de los gasoductos de integración ahora se originan virtualmente desde cualquier rincón del planeta. El GNL será en el futuro el principal instrumento para el transporte de gas a largas distancias. Vivimos el ocaso de los grandes gasoductos como único medio para la venta de gas a largas distancias. Las ventajas competitivas del GNL permitirán que sea utilizado como una importante herramienta complementaria a la red de gasoductos.

La principal ventaja de un gasoducto sería que aumenta la oferta de gas para el resto del país y se avanza en la integración energética, abastecería provincias que no cuentan con gas natural por redes.

Los gasoductos implican grandes inversiones, que requieren la selección de una adecuada ruta para reducir al mínimo la longitud de la tubería, disminuir costos y minimizar los impactos al ambiente y a la población. Debido a que los gasoductos se extienden en el territorio difícilmente tienen rutas totalmente óptimas. Sin embargo los buques metaneros permiten monetizar reservas alejadas de los centros de consumo así como también incrementa la seguridad del suministro ya que mitiga el riesgo de compra al poder diversificar orígenes/productores. Otra de las grandes ventajas es su flexibilidad debido a que permite acceder a diferentes mercados y su costo resulta más económico a largas distancias.

4.3 Criterios de Selección entre buques metaneros y gasoductos

Tanto los gasoductos como los buques metaneros son medios de transporte del gas natural, con el fin de que dicho recurso sea comercializado, debido a su amplia demanda, y su bajo impacto ambiental, y que Venezuela actualmente cuenta con reservas probadas que se estima, duren 103 años. Sin embargo, tanto gasoductos como buques metaneros, a pesar de ser opciones tan diferentes en cuanto a diseño, construcción y funcionamiento, tienen puntos de convergencia en cuanto a su selección, los cuales son:

4.3.1 La distancia recorrida

Cuando se desea llevar el gas natural a los lugares de destino debe tomarse en cuenta la distancia recorrida. El gas se licua cuando la distancia a recorrer con el gasoducto es demasiado extensa. Un buen ejemplo de esto es Japón, que en la actualidad planea fomentarse como un comprador potencial de gas natural a nivel mundial. Si se desea exportar gas a Japón, es necesario llevarlo a través de Buques Metaneros. Por supuesto si las distancias son menores, se implementa la construcción de un gasoducto, como en el caso del gasoducto binacional Antonio

Ricaurte entre Colombia y Venezuela, el cual comenzó a construirse en agosto de 2006 y se culminó en octubre de 2007.

4.3.2 La economía del proyecto

Otro factor a tomar en cuenta es los costos que se generan por la implementación de cualquier medio de transporte. Se deben realizar estimaciones tanto para los costos de instalación, como para los de transporte. Cualquier estudio económico de transporte que se realice para la selección de buques metaneros o gasoductos, debe realizarse en función de la distancia recorrida.

En el caso del gasoducto que estaría ubicado entre Venezuela y Brasil, con una distancia aproximada de unos 8.000 Km., la inversión se encuentra alrededor de los 20.000 millones de dólares.

Para el transporte de gas por buques metaneros, puede decirse que la mayor inversión se requiere en la etapa de licuación, y el orden de magnitud es de miles de millones de dólares. Como ejemplo puede citarse la planta de licuación de 5,2 BCM/año que Repsol YPF y Gas Natural SDG proyectan construir en Gassi Touil, Argelia. En este proyecto también se incluyen inversiones relacionadas con la exploración y producción del gas. La erogación que se espera realizar alcanza los 2.100 millones de dólares norteamericanos (MUS\$).

La inversión para un tanque de GNL, con capacidad de 135.000 m³, ronda los MUS\$. El precio de un buque metanero de 145.000 m³ ronda los 175 MUS\$. Respecto a una planta de regasificación, la inversión necesaria se estima en 300 MUS\$ para una capacidad de BCM/año.

Los costos generados por transporte se explican de la mejor manera por medio de las siguientes figuras:

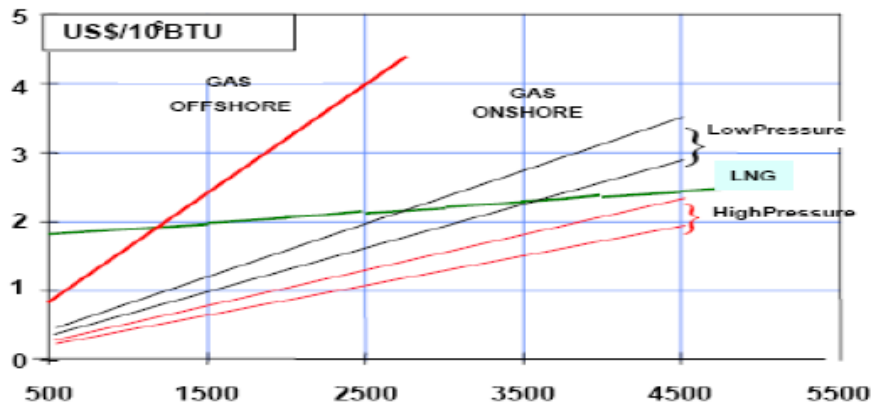


Figura 4.8 Costos generados Vs la distancia

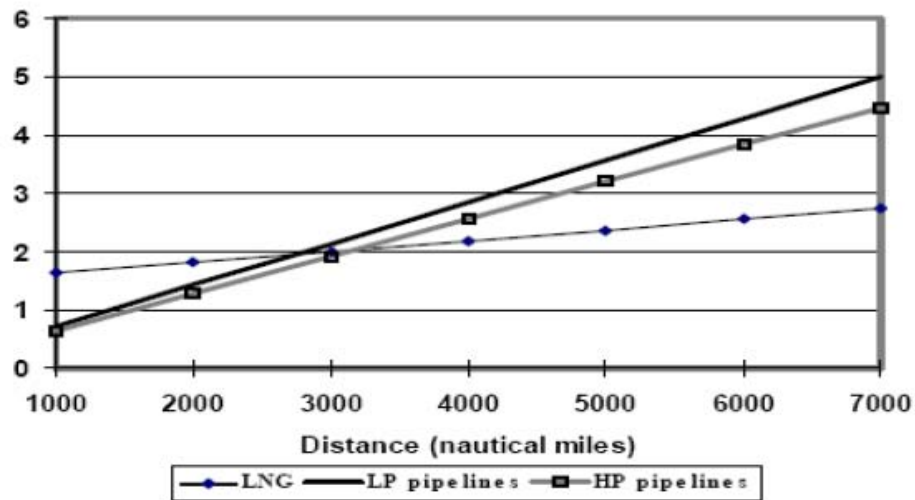


Figura 4.9 Costos del transporte por gasoductos y Buques

Ambas graficas representan los costos de transporte de gas natural por gasoducto frente a los de GNL por vía marítima, el punto de indiferencia se encuentra aproximadamente en 3500/4000 Km. de distancia entre el país productor y el consumidor, es decir, para distancias mayores será mas rentable el transporte por vía marítima y para menores por gasoducto. Esto se afirma considerando gasoducto sin tramos submarinos, pues para estos el costo de construcción es de 3 a 5 veces mayor que en el caso terrestre. Estas afirmaciones no son absolutas, pues habrá que tener en cuenta variables como la saturación o

no de la capacidad del medio de transporte de que se trate y la viabilidad de construir el gasoducto.

4.3.3 Viabilidad del proyecto

Este factor se toma en cuenta principalmente cuando se hacen los estudios del terreno en el cual va a estar tendido el gasoducto o donde se situarán los terminales de regasificación. En el caso de gasoductos submarinos pueden darse situaciones en las cuales la distancia es poca pero la profundidad y las condiciones del subsuelo impiden una correcta instalación de la tubería.

4.3.4 Relaciones Internacionales

En ocasiones, tanto la construcción del gasoducto como el tránsito de los buques metaneros, requiere autorizaciones de los países por donde pasan. Además incluso obtenidas las autorizaciones, habrá que tener en cuenta la estabilidad política de los países transitados, ya que podría ponerse en riesgo la seguridad de suministro de combustible.

4.3.5 Factores Ambientales

Cuando se evalúa la factibilidad de los proyectos, ocasionalmente se toma en cuenta la parte ambiental, pues cuando se plantea el diseño de un gasoducto o cuando se pretende llevar GNL a través de buques, es necesario elegir la opción de transporte de gas que produzca menor impacto negativo en el ambiente. Para la construcción de gasoductos, cuando se hacen las excavaciones correspondientes para su instalación, se producen daños a la flora del ecosistema, pero cuando transcurre un determinado período de tiempo la vegetación y los

suelos suelen recuperarse, aunque no en su totalidad. El transporte de gas natural por buques genera un impacto ambiental mínimo, debido a que aprovecha el gas natural que se transporta una vez que se evapora, en lugar de emplear fuel-oil como combustible, y producir contaminación de las aguas por las que circula el buque en cuestión.

4.4 Elaborar un análisis costo – beneficios para la alternativa más favorable en el caso Argentina – Venezuela.

Para el desarrollo de esta etapa se recopiló información referente al proyecto del gasoducto que se quiere realizar desde Venezuela hasta Argentina. Tomando en cuenta los aspectos sociales, económicos, ambientales y políticos se tiene una visión de este proyecto en estudio. También se hace énfasis en el caso de no elegir la construcción del gasoducto sino que se envíe el gas natural por medio de un buque metanero, tomando en cuenta de igual manera todos los aspectos para elegir dicho medio.



Figura 4.10 Proyecto del gasoducto del sur

Todo proyecto de interconexión integra intereses que son corporativos o de gobiernos. Cada uno de los países tiene su interés por separado. En este proyecto el interés de Venezuela es maximizar sus opciones geopolíticas a futuro, y son opciones que atesora el almacén de petróleo, gas e hidroeléctrica.

Este proyecto puede ser comparado con el canal de Panamá, pero con una gran diferencia notable, que este fue construido en un mundo completamente diferente al actual, con poca o ninguna participación de la comunidad internacional y un solo país responsable de su construcción y su objetivo era estratégico y no económico.

Este proyecto ha estado en mente de muchos técnicos pero una vez que se analiza su factibilidad se presentan una serie de interrogantes que conllevan a su posterior análisis. Existen muchas consideraciones para el desarrollo y análisis de un proyecto de tal magnitud, entre ellas se pueden clasificar en aspectos ambientales- técnicos, económicos y políticos.

4.4.1 Consideraciones Ambientales-Técnicas

Desde el punto de vista técnico, no hay limitaciones. Lo que si se puede afirmar es que será el tendido de una tubería en una geografía complicada. A continuación un sub-conjunto de aspectos que deben ser analizados con profundidad:

- Impacto ambiental en el desarrollo, construcción y operación del gasoducto. Esta red de tuberías debe atravesar la Amazonia, área del planeta que ha sido considerada como el “Pulmón del Mundo”.
- La pluviometría en la Amazonia es un factor de alta importancia. Existen zonas donde en época de lluvia (8 meses al año) presentan un nivel de agua de hasta 12 metros de altura.
- La hidrografía es altamente complicada. no se conocen con exactitud la cantidad de ríos, riachuelos, pantanos existentes en la Amazonia. Es

necesario para obviar gran parte de esta problemática que el tendido del gasoducto sea por debajo de los lechos de ríos.

- Expertos forestales han indicado, que aun siendo la Amazonia un ecosistema frágil, a los 2 años se recupera un 60 % de la flora menor de un área deforestada.
- La pica o carretera de penetración para realizar las reparaciones y mantenimiento debe estar siempre operativa. Teóricamente el derecho al paso para la instalación de un gasoducto requiere de un ancho de 25 metros. 5 metros para el tubo y 10 metros a cada lado del eje principal del tubo para futuros mantenimientos y como protección del gasoducto. Sin embargo para la construcción se deforesta un ancho mayor a la indicada como consecuencia de las dificultades del terreno para el movimiento de maquinas y materiales.
- Obviando el diámetro y considerando que un tubo de acero para transporte de gas tiene una longitud de 15 metros, se necesitarían 534 mil tubos para totalizar los 8000 kilómetros del gasoducto. Esto equivale a producir 365 tubos diarios por 4 años.

4.4.2 Consideraciones Económicas

Las limitantes económicas van aunadas a las técnicas. A mayor inversión para afrontar las problemáticas técnicas mayor debe ser la tarifa por el servicio de transporte de gas del gasoducto.

Se ha mencionado que la inversión a realizar esta en el orden de 20 millardos de dólares (US\$ 20.000.000.000), lo que da un indicador de 2.5 millones de dólares por kilómetro de línea. Es bueno acotar que este estimado de inversión debe ser el conceptual y la experiencia nos dice que la inversión final está entre un 25 % a 30 % superior a este, es decir: de 24 a 26 mil millones de dólares.

- Costos de Transporte

Por otra parte se ha informado poco sobre el volumen a comercializar.

- Costos de distribución

De acuerdo a las tendencias reales, podemos tomar para la tarifa de distribución un 60 % mayor que la de transporte.

4.4.2.2 Reservas de gas natural en Venezuela.

En cuanto a las reservas de gas consumidas por el proyecto, a la tasa de transmisión arriba indicada, totalizan 1.46 billones de metros cúbicos (1.460.000.000.000), equivalente al 35 % de las reservas actuales que alcanzan 4.2 billones de metros cúbicos, de los cuales 0.42 billones de metros cúbicos (el 10%) son de gas no asociado.

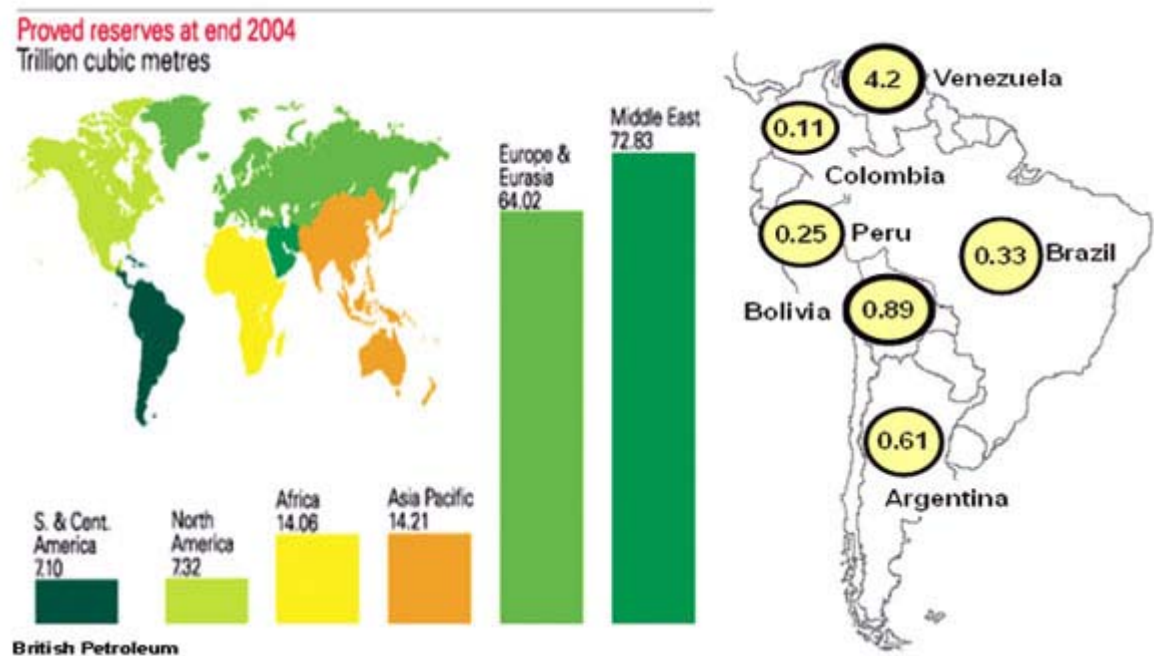


Figura 4.12 Reservas mundiales

Ahora bien, un proyecto como el del gasoducto del sur, no puede estar basado en la producción de volúmenes de gas que dependen de la fluctuación ocurrida en la producción de crudo.

Esto hace que sea necesario e imprescindible el descubrimiento y la cuantificación de nuevas reservas de gas no asociado. De no ser así, hace inviable el éxito del gasoducto desde el punto de vista de fuente de suministro. Esto conlleva a que habría de determinar la planificación de estos nuevos recursos en cuanto a inversión y tiempo de puesta en superficie de los volúmenes necesarios.

4.4.2.3 Economía del Transporte y de la Distribución

Por otra parte, la tecnología y la economía indican que cuando la fuente de suministro está a una distancia mayor de 1.500 kilómetros al sitio de consumo se deben aplicar otros métodos de llevar gas.

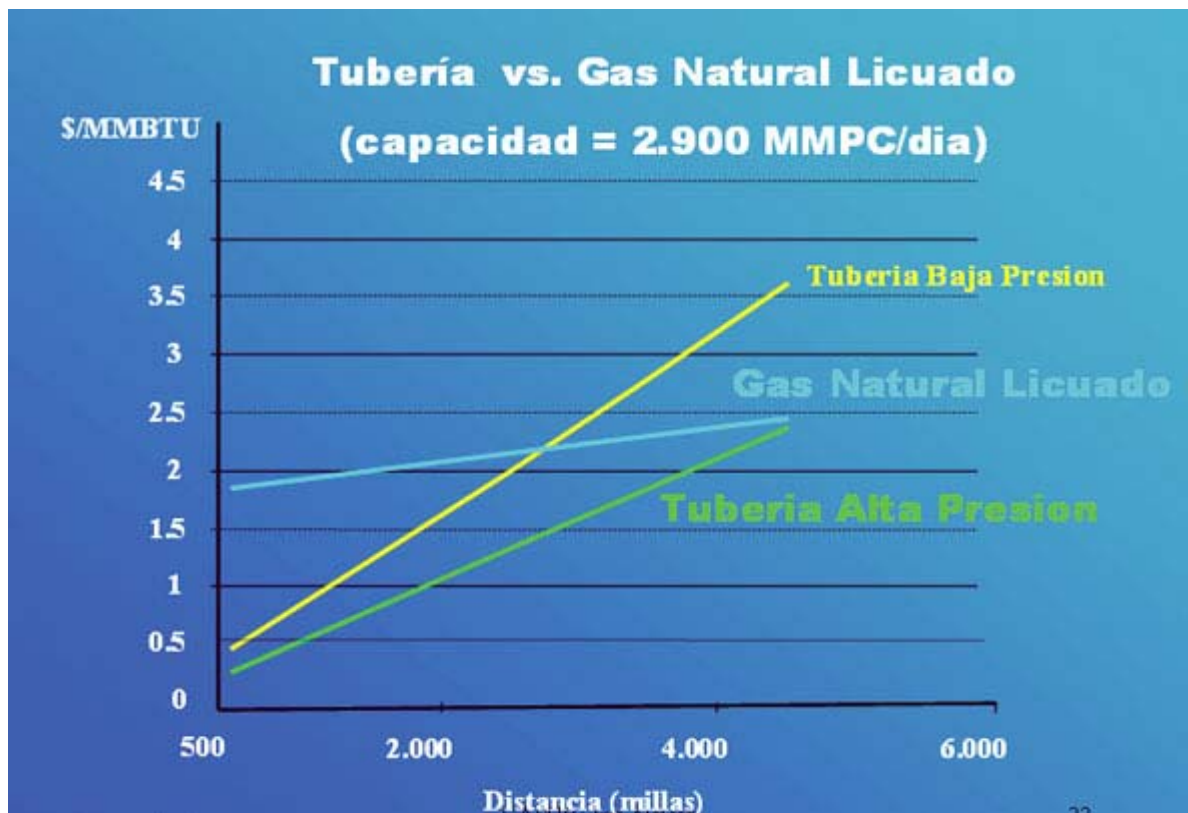


Figura 4.13 Gasoducto Vs Gas natural licuado

A tal efecto, el Gas Natural Comprimido y el Gas Natural Licuado son utilizados para transportar gas en buques especializados hacia centros de consumos alejados. Otra problemática que presenta el gasoducto, es que a través de un alto porcentaje de su recorrido no presenta consumos intermedios (poblados o ciudades), lo que hace aun más onerosa la operación del gasoducto y la comercialización del bien. Una ruta a través de los Andes proporcionaría mas oportunidades de consumo que la de atravesar la Amazonia.

4.4.3 Consideraciones Políticas

Este aspecto es importante analizar, ya que existiendo la posibilidad técnica y económica, si no hay voluntad política de los países por los cuales atravesara el gasoducto, no se lograría el éxito del proyecto.

Hay que estar claros que una vez que un país base su desarrollo teniendo como fuente principal el gas, estará dependiendo del país o países que lo produce y de los países por los cuales atraviesa el gasoducto, aspecto este que es muy distinto cuando se utiliza petróleo, ya que los equipos que utilizan gas no son convertibles de inmediato para quemar hidrocarburos líquidos, a menos que se diseñen duales desde un principio, lo cual incrementa el costo de operación y mantenimiento.

La gran mayoría de los países latinoamericanos tiene problemas limítrofes. Esta situación hace más difícil la integración. El éxito de la integración Europea es que este aspecto (limites) no existe y por otro lado tienen un concepto de soberanía muy distinto al de los gobiernos o pueblos latinoamericanos. Para los europeos el sentido de soberanía es el de “subsistencia” y por esos cedieron muchos “iconos”, como el de la moneda, por ejemplo.

Otra condición es la menguada estabilidad de los gobiernos latinoamericanos, así como el cumplimiento de las leyes y reglas de juego claras.

Si esto no se supera, inversiones privadas o publicas difícilmente concurrirían para la ejecución y puesta en marcha del proyecto del gasoducto.

Si tendríamos una visión de lo que puede ser el transporte del gas por medio de un buque metanero y descartamos esta construcción del gasoducto, los aspectos a considerar se resumen de la siguiente manera:

En cuanto a consideraciones ambientales el metanero no tendría ningún efecto en el ambiente ya que son barcos tienen la ventaja de utilizar como fuente motora el mismo gas que transporta, de esta manera se preserva el medio ambiente ya que se evita el uso de fuel oil para la propulsión.

El costo promedio de construir un buque metanero es difícil de determinar, sin embargo se estima que dentro de la cadena de valor del gas natural licuado, el transporte incide entre un 10- 30%.

La inversión de un buque de 138.000m³ de capacidad, ronda entre los 150 y 160 millones de dólares. A mediados de los 80 el costo era de 280 millones de dólares.

Se debe expresar que la razón de la disminución en el precio de los buques se debe al aumento del número de constructores, lo que impulsa un mercado más competitivo. La construcción de un buque metanero cuesta más del doble que la de un barco que transporta petróleo crudo, los cuales transportan entre 4 a 5 veces más energía. Este motivo se debe a la necesidad de disponer de sistemas criogénicos para el transporte del GNL que son costosos.

Los costos asociados al transporte están determinados en base a una tasa diaria, que esta en función del costo del barco, los costos de financiación y los costos de operación y es sensible la distancia que deben recorrer y el tiempo requerido. Las tasas varían desde valores muy bajos como 27.000 U\$S por día hasta 150.000 U\$S.

La política no estaría ligada en este tipo de transporte ya que no están unidos los países de manera tan compenetrada como en el casos de los gasoductos.

Es necesario que existe una planta de regasificación para el trasporte de gas natural licuado una vez que el buque llegue a su destino. El gas se bombea para ser almacenado en tanques.

En la figura 3.14 se indica como esta relacionado el costo del transporte según la longitud del gasoducto y distancia que recorre el buque entre un punto (produccion) y el de demanda. Por lo tanto se observa que un gasoducto que transporte cierta cantidad de gas presenta un costo que aumenta con la distancia y en comparacion con los buques poseen menores costos para el volumen transportado.

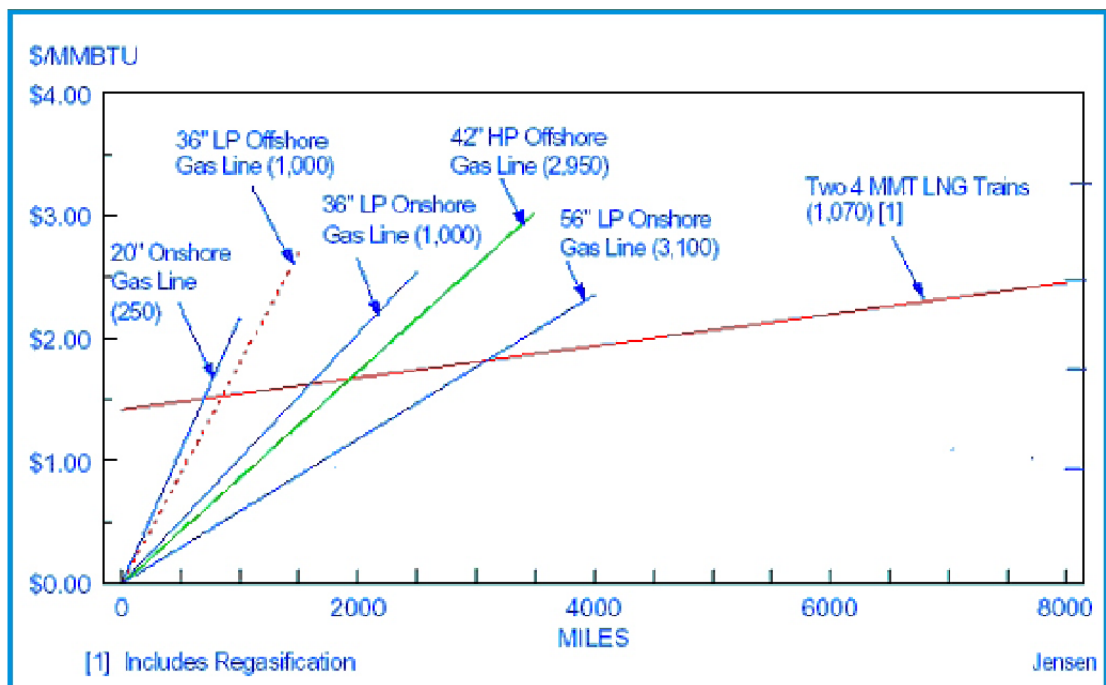


Figura 4.14 Costo Vs distancia de los gasoductos y los buques.

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1 Discusión de resultados

5.1.1 Funcionamiento de los Gasoductos y Buques Metaneros

5.1.1.1 Buques Metaneros

Cuando se lleva a cabo el diseño y posterior construcción de un gasoducto, debe tomarse en cuenta la distancia y las elevaciones que tomara el ducto a lo largo del recorrido, por medio de un estudio de la ruta, ya que mientras más larga sea la distancia a la que se desea llevar el gas natural y las condiciones de elevación del terreno sean más irregulares, las instalaciones del gasoducto serán más complejas, es decir, se requerirá mayor número de tuberías, accesorios, estaciones de medición, estaciones de compresión, estaciones de regulación, bridas, válvulas y otros accesorios instalados en la tubería. Así mismo para que el gasoducto funcione de manera eficiente, debe hacerse un estudio hidráulico, que no es más que determinar las caídas de presión a lo largo de la tubería, longitud y diámetro de las tuberías y accesorios, así también como determinar los requerimientos de los dispositivos, que miden, regulan y mantienen al gas con las condiciones de presión establecidas.

La distancia y las condiciones del terreno están íntimamente ligadas con la selección de los equipos que se situarán a lo largo del gasoducto, debido a que si la extensión de la tubería es muy larga, se producirán pérdidas de energía, en este caso pérdidas de presión, y la forma de que el gas cumpla en su punto de llegada con las necesidades de compresión requeridas, o por otra parte, compensar las

pérdidas de presión ocurridas a lo largo de la tubería, es instalando estaciones de compresión por intervalos a lo largo del gasoducto. De igual manera, los gasoductos como cualquier otra instalación, necesitan cada ciertos periodos de tiempo, operaciones de mantenimiento, para el buen funcionamiento y durabilidad del mismo. Todas estas consideraciones están directamente relacionadas con los costos que pueda generar la inversión en la construcción de estos sistemas de transporte

5.1.1.2 Buques Metaneros

Los buques metaneros, para su diseño, responden a unas dimensiones estándar, por lo que el volumen de gas natural licuado que se desea transportar, está relacionado con el tamaño del buque. De igual manera para que el gas natural pueda ser transportado a condiciones criogénicas, los buques deben estar contruidos en acero invar, además de contar con materiales especiales para el aislamiento, reduciendo así las pérdidas de energía. Las operaciones de carga y descarga del GNL se llevan a cabo a través de brazos de carga y descarga que se encuentran en los terminales de licuefacción y regasificación Al igual que en los gasoductos, el sistema de transporte de GNL debe contar con instrumentos que por medio de los sistemas de control, mantengan en el rango deseado las variables como presión, temperatura, flujo y volumen.

El sistema de transporte del gas natural licuado está compuesto por un determinado número de buques, terminales de licuefacción y regasificación, y tanques de almacenamiento, por lo que es necesario un estudio económico para implementar a los buques metaneros como alternativa de transporte. Los buques metaneros son una propuesta amigable para el transporte de gas natural, pues como en todo proceso se producen pérdidas de energía, los buques metaneros aprovechan dichas pérdidas de la mejor manera. Esta optimización energética consiste en que en los tanques que almacenan el gas en los buques, se produce

una evaporación del gas natural licuado, que se conoce como boil-off, que puede ser controlado con ciertos límites por medio de los compresores de carga, y aprovechar parte de este gas como combustible. Por otra parte, este aprovechamiento del gas evaporado como combustible, provoca un bajo impacto ambiental

5.1.2 Análisis de las ventajas y desventajas de las diferentes alternativas de transporte del Gas Natural.

En primer lugar, el GNL se presenta como una alternativa al transporte de gas natural o por gasoductos a alta presión. A medida que aumenta la distancia a la cual el gas debe ser transportado, disminuyen las ventajas económicas del gasoducto frente al GNL. En efecto, si bien ambos constituyen infraestructuras de transporte relativamente fijas, los costos de capital y operativos del gasoducto crecen exponencialmente con su longitud, mientras que un sistema de GNL tiene una sola componente variable con la distancia: el transporte marítimo, tradicionalmente mucho más económico por m³ transportado. Por dicha razón se admite hoy que para distancias superiores a los 4.000 Km.

El transporte de GNL es más económico que el transporte por gasoducto, si bien esta afirmación general no tiene en cuenta particularidades como: obstáculos tales como cruces de ríos, montañas, selvas, etc. en el caso de gasoductos, ni la necesidad de construir costosas instalaciones portuarias en el caso de las terminales de GNL.

Los buques metaneros evitan la dependencia mutua derivada de los rígidos gasoductos. Se dice, además, que los gasoductos, debido a sus elevados costos de inversión y a los contratos que frecuentemente son a largo plazo para minimizar los riesgos económicos, embarcan a las partes implicadas en una relación sin prácticamente otras alternativas posibles. El GNL tiene la

característica de unir al mercado y no así el sistema de gasoductos, ya que hay menor necesidad de armonizar reglas, sobre todo en aquellas regiones del planeta de fuerte fragmentación como lo es gran parte de Asia y América Latina.

5.1.3 Criterios de Selección entre Buques Metaneros y Gasoductos

La instalación de un gasoducto es rentable cuando la distancia que hay desde el punto de partida y el punto de destino para transportar el gas a venta no es prolongada. A lo largo del gasoducto se ubican estaciones de compresión que requieren de una inversión significativa, por lo que mientras más largo sea el gasoducto, más se invertirá en dichas estaciones, y el costo del gasoducto será más elevado.

La selección tanto de buques metaneros como gasoductos se ve influenciada por la parte ambiental. Uno de los motivos por los cuales no se implementa la construcción del gasoducto Venezuela - Argentina es que el mismo atravesaría la Amazonia, considerada por muchos como el “pulmón del mundo”. La Amazonia en efecto se recuperaría, pero tomaría muchísimo tiempo para que lo hiciera hasta llegar a sus condiciones iniciales, recuperándose el 60 % de la flora menor.

De igual manera, la diversidad de la hidrografía en la Amazonia va aunada a las limitantes de la construcción del gasoducto, pues esto implica condiciones irregulares en el terreno donde se pretende tender el gasoducto, y esto a su vez impide una correcta instalación de la tubería, por la complejidad técnica de la instalación. Sin embargo esto no aplica a todos los ecosistemas. El aprovechamiento del boil-off como combustible para el buque, contribuye de manera significativa, pues el metanero no tendría ningún efecto en el ambiente ya que son barcos tienen la ventaja de utilizar como fuente motora el mismo gas que transporta, de esta manera se preserva el medio ambiente ya que se evita el uso de fuel oil para la propulsión.

El transporte del gas a venta vía gasoducto, presenta problemas si llegase a ocurrir algún conflicto de tipo político, por lo que el suministro de combustible se vería limitado en su comercialización. El gasoducto además de atravesar la Amazonia ubicada en Brasil, lo hace de la misma manera con Uruguay, para llegar finalmente a Argentina. La política no se vincula en el transporte por buques ya que no están unidos los países de manera tan compenetrada como en el caso de los gasoductos.

5.1.4 Análisis costo – beneficios para la alternativa más favorable en el caso Venezuela – Argentina.

Si se toma como ejemplo el caso Venezuela – Argentina, es aconsejable tomar como alternativa de transporte los buques metaneros, debido a que la inversión realizada, que comprende la adquisición de tanques de almacenamiento, buques metaneros y la construcción tanto de plantas de licuefacción como de regasificación está comprendida alrededor de los 2.740 millones de dólares americanos.

Esta inversión es considerablemente menor comparada con la llevada a cabo si se plantea la posibilidad de construir un gasoducto, que se estima una inversión de aproximadamente 20.000 millones de dólares. Esta es una comparación hecha, tomando como referencia la construcción de gasoductos terrestres, pues los gasoductos submarinos requieren una inversión mucho mayor.

5.2 Conclusiones

Los gasoductos son una alternativa de transporte ideal para el transporte del gas a venta a distancias relativamente cortas y donde la complejidad del terreno no se vea tan marcada.

La licuefacción del gas natural es un proceso que reduce el volumen del gas de manera significativa lo que lo hace un proceso muy atractivo para el transporte de gas a largas distancias por buques.

Para la selección de buques metaneros y gasoductos, a pesar de ser opciones tan distintas de transporte deben tomarse en cuenta los aspectos económicos, ambientales, políticos y de distancia.

Los costos de transporte del gas aumentan en relación al incremento de la distancia recorrida hasta los puntos de llegada.

En el transporte del gas a venta se producen pérdidas de energía, las cuales deben ser aprovechadas de la mejor manera para la reducción de los costos de transporte.

Para el transporte del gas natural por gasoductos, las pérdidas de presión se compensan instalando a lo largo de la línea de tubería estaciones de compresión, mientras que para los buques metaneros, el gas natural licuado que se evapora en los tanques, se aprovecha como combustible.

La implementación tanto de buques metaneros como de gasoductos en el transporte del gas natural, tiene muy bajo impacto negativo en el ambiente.

5.3 Recomendaciones

Tomar en cuenta para la selección del transporte de gas, por buque o por gasoducto, los aspectos políticos, económicos, ambientales y de distancia, en conjunto.

Tener especial cuidado al momento de manipular las variables de control, a fin de mantenerlas en los límites de operación segura y así evitar accidentes.

Investigar las oportunidades y criterios de diseño tanto para gasoductos como para buques metaneros.

Evaluar la geografía a través de la cual se pretende transportar el gas natural

BIBLIOGRAFIA

Crane, H. **“Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías”**. 1era Edición. Editorial Mc Graw Hill, México (1992)

Perry, R. **Manual del Ingeniero Químico**. Tomo IV. Séptima Edición. Ediciones Mc Graw Hill. México (1998).

Almeida, M. y Álvarez, M. **Determinación de las Variables de Control que se deben considerar en el Proceso de Llenado de un Buque con Propano Refrigerado**. Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui (2010)

Marcano, M. y Ruiz, K. **Diseño de un Gasoducto de Interconexión entre Anaco (Edo. Anzoátegui) - Güiria (Edo. Sucre)**. Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui

Salazar, M., y Schotborgh, P. (2008) **Estimación de la Máxima Capacidad de Flujo en el Gasoducto de Interconexión de Venezuela con Colombia en su Situación Actual**. Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui

Velásquez, A, y Zamora D. (2008). **Diseño Preliminar del Gasoducto Barbacoa-Margarita en su Ruta Definitiva Actual**. Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería de Petróleo. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui.

Morales, F. (2003) **Curso de Gasotecnia**. Unidad I. Departamento de Ingeniería de Petróleo. Universidad de Oriente. Núcleo de Monagas

Pita, G. (2006) Introducción al GNL Documento en línea disponible en:
<http://www.elprisma.com>

Sánchez, R. Buques Metaneros: Transporte Bajo Cero. Artículo Técnico

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

<http://es.wikipedia.org/wiki/Metanero>

http://www.soberania.org/Articulos/articulo_2189.htm

http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish08/aut08/EI%20transporte%20de%20gas.ashx

<http://www.eco2site.com/informes/cuenca.asp>

http://www.flowserve.com/files/Files/Literature/FSD/FaceToFace_Spanish15_2.pdf

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	Evaluación de los diferentes criterios de selección entre Gasoductos y Buques Metaneros para el transporte del Gas Natural
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Iriza R., Astrid V.	CVLAC: 18.847.877 E MAIL: astridiriza@hotmail.com
De Moya D., Ana C.	CVLAC: 17.898.227 E MAIL: anita18124@hotmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Evaluación_____

Criterios de selección_____

Gasoductos_____

Buques_____

Metaneros_____

Transporte_____

Gas_____

Natural_____

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y ciencias aplicada	Ingeniería Química

RESUMEN (ABSTRACT):

Se realizo una serie de investigaciones que nos permitieron dar una visión acerca de su funcionamiento, materiales, equipos, como se comporta el gas y la función que cumplen cada uno de ellos. Una vez conocida cada una de esas características se realizo un análisis de las limitaciones que presentan los medios de transporte, partiendo de las ventajas y desventajas que brindan cada uno. Tanto los buques como los gasoductos cumplen su función de manera correcta cuando de transporte de gas se trata, pero sin embargo los gasoductos se ven limitados a largas distancias y es donde el buque aporta ventaja. Además de ello se realizaron una serie de comparaciones en donde se ven reflejados aspectos ambientales, políticos y económicos que son importantes a la hora de escoger el medio para el transporte del gas. Por ultimo se estudio la alternativa y todos los aspectos vinculados al proyecto de gasoducto que va desde Venezuela hasta argentina, de igual manera se estudiaron aspectos relacionados con la política, economía, aspecto ambiental y distancia recorrida.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU X
Avendaño., Isvelia.	CVLAC:				
	E_MAIL	isvelia2009@gmail.com			
	E_MAIL				
Abouchacara., Amin	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL	ing.amin@hotmail.com			
	E_MAIL				
Omaña., Emilia	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL	Emiomana@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	08	13
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Selección entre gasoductos y buques	Application/msword
metaneros	

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H
I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u
v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Químico

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Química

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo a el artículo 41 del reglamento de trabajos de grados de la universidad de oriente

“Los trabajos de grado son propiedad de la universidad de oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines en el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, el cual lo participará el consejo universitario”

BR. Iriza R., Astrid V

Autor

BR. De Moya D., Ana C.

Autor

JURADO

Avendaño., Ivelia

POR LA SUBCOMISION DE TESIS

Ing. Iraima Salas