

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



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LAS FORMAS DE ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE  
DEL GAS NATURAL LICUADO (GNL)

REALIZADO POR:  
CAROLINA ISABEL BAYEH MORENO  
DANIELA DEL VALLE SUNIAGA MALUENGA

Requisito presentado ante la Universidad de Oriente 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  
CURSOS ESPECIALES DE GRADO



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LAS FORMAS DE ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE  
DEL GAS NATURAL LICUADO (GNL)

ASESOR:

---

ING. ISVELIA AVENDAÑO

BARCELONA, AGOSTO DE 2010.

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



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LAS FORMAS DE ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE  
DEL GAS NATURAL LICUADO (GNL)

JURADO:

---

ING. ISVELIA AVENDAÑO

BARCELONA, AGOSTO DE 2010.

## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo con el ARTÍCULO 41 del Reglamento de Trabajos de Grado: “Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente le doy GRACIAS a mi DIOS TODOPODEROSO y a su hijo JESÚS DE NAZARETH, los cuales me han permitido llegar hasta este punto de mi vida, porque en mis momentos de felicidad y de dificultad siempre han estado conmigo dándome la fortaleza que he necesitado para no desmayar y seguir adelante en el camino que tienen trazado para mi, gracias mi DIOS por la vida que me a tocado y que orgullosamente llevo. Amén

Me parece increíble que por fin ya este en esta etapa de mi vida por la cual siempre soñé y por la cual luche para que se me hiciera realidad, cuando empecé mis estudios pensaba en este momento; gracias a Dios ya lo alcance, en este tiempo recibí las lecciones de vida mas importes que me hicieron crecer y formarme como ser humano, le agradezco a la casa más alta de estudio la Universidad De Oriente por brindarme la oportunidad de obtener mi titulo aquí en sus instalaciones sin importar las dificultades que se pudieran presentar.

A mi Abuela Isabel quien a sido pilar fundamental de mi vida quien con amor, dedicación, y constancia me enseñó como alcanzar mis metas y mis sueños, gracias abuelita por estar allí siempre, por no dejarme sola en ningún momento, contigo he contado siempre y se que será así por siempre que Dios y la Virgen te bendigan por tener ese corazón de oro; TE QUIERO MUCHO, para ti este logro de muchos que me faltan.

A mis padres, mi mami Vidalme y mi papi Sayed, por traerme al mundo en el momento preciso por darme todo el apoyo, por demostrarme y hacerme sentir el amor que sienten hacia mí, por estar allí en los momentos importantes de mi vida por darme palabras de aliento cuando veían que pasaba por momentos duros de mi

carrera; gracias los quiero, que Dios y la Virgen los bendigan en cada día de sus vidas y que siempre estén conmigo.

Gracias mi tía Haiza por estar a mi lado dándome buenos consejos, por tu compañía, por hacerme sentir que soy una hija para ti, sabes que te quiero mucho y siempre estaré allí cuando me necesites así como se tú lo estarás para mí, Gracias tía-mami-comadre-madrina. Que Dios te llene de alegrías siempre y te bendiga.

A mi gran y súper familia Tía Trina, Tía Celis, Tío José, Tío Luis Oscar, Tío Iván, a mis ahijados Víctor Andrés y Carlos Luis, mi compadre Juan Carlos, a mis primas y primos; gracias a todos por tener una palabra de consuelo cuando me quedaban materias o me deprimía por salir mal en un examen, por decirme vamos que tu puedes, fueron esas palabras que me motivaron a seguir adelante porque llegaban justo en el momento que mas las necesitaba, gracias mi increíble familia por estar allí siempre.

A ese ser SUPER ESPECIAL que llego a mi vida a traerle luz y llenarla de alegría, mí hija Camila Nazareth por ti mi princesa y para ti esta meta alcanzada, eres lo más importante de mi vida, que Dios te bendiga mi corazón. Amén

A mi tutora Isvelia Avendaño por permitirme estar bajo sus conocimientos por enseñarme a luchar por mis proyectos y por no dejarme caer por un regaño cuando veía que le estaba quitando el empeño que necesitaba gracias profe.

A Daniela Suniaga por permitirme ser compañera en esta etapa que se veía difícil, por ayudarme, brindarme apoyo, y por acompañarme en los momentos importantes de mi bebe; gracias amiga que dios te llene de bendiciones y te de mucha alegría.

Por supuesto no puede faltar darle las gracias a mis compañeras y amigas

Roselyn y Vilmarhyt por demostrarme que siempre estaban allí presentes para darme apoyo, buenas energías, por hacerme reír, acompañarme con mi bebida y por demostrarle ese cariño que le tienen, gracias chicas son muy buenas amigas y estoy feliz porque son mis amigas que dios las bendiga, a mi pana y amigo Chacón por consentirme con mi súper jugo de mango, por decirme cosas bonitas que me hacían reír y por demostrarme que cuento contigo para lo que sea gracias amigo que dios de colme de bendiciones, y claro a mis amigos que hice a lo largo de mi carrera, mi amiga Zubel por estar allí las muchas veces que la llamaba para que me explicara cosas en las que tenia dudas gracias porque nunca me diste un no por respuesta si no por el contrario estabas allí, y a todos aquellos que no menciono pero que los llevo en mi corazón cada uno me dejo un aprendizaje que dios los guie por el camino del bien y los lleve a lugares que estén lleno de amor y felicidad donde puedan alcanzar sus metas.

Carolina Bayeh

## **DEDICATORIA**

Le dedico este logro a mi Dios Todopoderoso y a Jesús de Nazareth, a mi abuela Isabel por brindarme su apoyo y motivarme siempre, a mi hija Camila, mis padres Vidalme y Sayed, y a mi familia en general por darme ese apoyo incondicional. Gracias por formar parte de esta especial y hermosa en mi vida los amo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Francisco y Dercy gracias por estar siempre a mi lado y darme fuerzas para seguir siempre adelante, mis hermanos Luis Daniel, Francisco, Mariangel, Francy y a toda mi familia por compartir este triunfo conmigo.

A mi compañera Carolina gracias por compartir esta experiencia y por saber superar cada uno de obstáculos que nos encontramos en el camino.

A mi amiga Vilmarhyt por estar desde el comienzo de la carrera compartiendo alegrías y tristezas, y siempre viendo hacia adelante proponiendo nuevas metas.

A mi amiga Meyrin por estar siempre allí dispuesta a escucharme y darme sabios consejos, compartiendo triunfos y sueños sin importar a qué distancia nos encontremos siempre extiende una mano amiga incondicional.

A mi amiga Roselyn por su espíritu alegre y siempre pensar que todo tiene una solución brindando su ayuda.

Daniela Suniaga

## **DEDICATORIA**

A Dios y a la Virgen Del Valle que me dieron la fortaleza y la sabiduría para alcanzar este logro; a mis padres Francisco y Dercy gracias por su apoyo incondicional pude terminar esta etapa tan importante de mi vida y junto a mis hermanos son mi motivación; a mi abuela Angela que fue una gran persona y un ejemplo de lucha a seguir.

## **RESUMEN**

En este trabajo investigativo se realiza una descripción del sistema del gas natural licuado (GNL), gas natural compuesto por metano y trazas de componentes más pesados, donde la cadena de procesamiento se estudio desde su extracción del yacimiento; tratamiento que para este caso se requirió de endulzamiento utilizándose el simulador HYSYS 3.2; licuefacción que consiste en llevarlo a una temperatura aproximada de -161 °C; transporte del GNL en buques especializados para su entrega a los mercados; almacenamiento donde se utilizan tanques para mantener las condiciones de temperatura criogénica; regasificación para el cambio de fase a las condiciones iniciales del gas y distribución a los centros de comercialización; para ello se simularon las envolventes de fase en cada una de las etapas antes mencionadas de dicho gas siguiendo las especificaciones de mezclas estándar internacional, evaluando así el tipo de almacenamiento y transporte requeridos para estas condiciones extremas y comparar las diferencias que existen entre ellos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESOLUCIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
DEDICATORIA .....	viii
AGRADECIMIENTOS .....	ix
DEDICATORIA .....	x
RESUMEN.....	xi
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xv
LISTA DE TABLAS .....	xvii
CAPITULO I.....	18
INTRODUCCIÓN .....	18
1.1 Planteamiento del problema.....	18
1.2 Objetivos .....	19
1.2.1 Objetivo general.....	19
1.2.2 Objetivos Específicos.....	20
CAPITULO II .....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 Antecedentes .....	21
2.2 Historia del GNL.....	22
2.3 Evolución del consumo de combustibles .....	23
2.4 Gas natural licuado (GNL).....	23
2.5 Seguridad del GNL .....	23
2.5.1 Condiciones Críticas De Seguridad Del GNL .....	24
2.6 Mercado actual y evolución del gnl (importadores – exportadores).....	25
2.7 Riesgos de un proyecto de gnl .....	25
2.7.1 Tipos De Riesgos Asociados Con El GNL .....	26

2.8 Futuro Del GNL En América Latina Y El Caribe.....	28
2.9 Proceso del gas natural licuado [1] .....	30
2.9.1 Etapas De La Cadena De GNL .....	30
2.9.1.1 Licuefacción:.....	30
2.9.1.2 Transporte Del GNL .....	31
2.9.1.3 Regasificación.....	33
2.10 Terminal de GNL .....	33
2.11 Diagrama de fase o envolventes de fase .....	34
2.12 Características de los diagrama de fase o envolventes de fase. ....	35
2.13 Tipos almacenamiento del GNL .....	37
2.13.1 Recipientes Atmosféricos: .....	38
2.13.2 Recipientes de Baja presión: .....	39
2.13.3 Tanques de mediana presión: .....	39
2.13.4 Tanques de alta presión:.....	40
CAPITULO III.....	41
DESARROLLO .....	41
3.1 Descripción del sistema del gas natural licuado .....	41
3.2 Explicación de las envolventes de fase en el almacenaje del gas natural licuado .....	43
3.3 Clasificar los tipos de almacenamiento involucrados en el negocio del gas natural licuado (GNL) .....	45
3.3.1 El tanque de contención sencilla:.....	46
3.3.2 Un tanque de contención doble.....	47
3.4 Establecer los tipos de transporte del gas natural licuado (GNL).....	51
3.4.1 Camiones Cisternas.....	52
3.4.1.1 Características de los camiones cisternas.....	53
3.4.2 Los tanqueros de GNL .....	54
3.4.3. Los buques de tanque esférico .....	55
3.4.4 Los buques de GNL de tipo membrana .....	56

3.4.5 Buques semi – presurizados .....	56
3.4.6 Gasoductos .....	57
3.5 Representar la envolvente de fase del gas natural licuado (gnl) según las especificaciones de mezclas estándar internacional .....	59
3.6 Comparar las diferencias entre las formas de transporte y almacenaje del gas natural licuado (GNL) .....	61
CAPITULO IV .....	63
DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .	63
4.1 Discusión de resultados .....	63
4.2 Conclusiones .....	70
4.3 Recomendaciones.....	71
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO .....	72

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Ubicación del proyecto de GNL en Venezuela. ....	29
Figura 2.2: Diagrama de bloque del proyecto de GNL.....	30
Figura 2.3: Buque de membrana y autosostenido .....	32
Figura 2.4: Terminal típico de recepción de GNL. ....	34
Figura 2.5 Diagrama de fase del gas natural.....	35
Figura 3.1: Proceso de producción del GNL.....	41
Figura 3.2: La cadena de valor de GNL.....	43
Figura 3.3 Envoltorio de fase del metano. ....	44
Figura 3.4 Envoltorio de fase del etano. ....	45
Figura 3.5 Diseño Conceptual de los Tanques de Almacenamiento de GNL.....	46
Figura 3.6 Tanques de contención sencilla. ....	47
Figura 3.7 Tanques de contención doble para el almacenamiento de GNL.....	49
Figura 3.8 Tanque de contención de doble pared metálica y tanque con pared de hormigón respectivamente para el almacenamiento de GNL. ....	50
Figura 3.9 Tanques de Contención Completa.....	51
Figura 3.10 Transporte GNL a través de camiones cisternas.....	54
Figura 3.11 Tanqueros de GNL .....	55
Figura 3.12: Buque con tanque de almacenamiento esférico.....	55
Figura 3.13: Buque de GNL tipo membrana.....	56
Figura 3. 14 El Barco Tanque Bucklaw, de 1.200 m <sup>3</sup> , construido en 1971. ....	57
Figura 3.15 Señales de un gasoducto cercano.....	58
Figura 3.16 Gasoducto. ....	58
Figura 3.17 Planta de endulzamiento para el tratamiento de GNL en el simulador Hysys Plant 3.2.....	60
Figura 4.1 Envoltorio de fase del GNL arrojado por el simulador .....	64
Figura 4.2 Envoltorio de fase del GNL en el yacimiento .....	65

Figura 4. 3 Composición luego del tratamiento en la planta de endulzamiento en la simulación con HYSYS PLANT 3.2.....	66
Figura 4. 4 Envolverte de fase del GNL luego de tratamiento de endulzamiento.....	66
Figura 4.5 Envolverte de fase del GNL en el proceso de licuefacción. ....	67
Figura 4.6 Envolverte de fase del GNL en un tanque de almacenamiento refrigerado. ....	68
Figura 4.6 Envolverte de fase en el transporte del GNL. ....	68
Figura 4.7 Envolverte de fase en la regasificación del GNL.....	69

## LISTA DE TABLAS

Tabla 3.2: Mezcla estándar Internacional del Gas Natural. ....	59
Tabla 3.3: Valores mínimos y máximos de los componentes del GNL.....	60
Tabla 3.4 Diferencias entre las formas de almacenamiento según las envolventes de fase.....	61
Tabla 3.5 Diferencia entre las formas de transporte del gas natural licuado (GNL). .	62
Tabla 4.1 Datos arrojados por el simulador HYSYS PLANT 3.2 en la cadena del gas natural licuado GNL.....	70

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

El gas natural es un combustible de origen fósil, que se puede encontrar asociado, cuando en el yacimiento aparece acompañado de petróleo; o como gas natural no asociado, cuando está acompañado únicamente por pequeñas cantidades de hidrocarburos. El gas natural ha pasado a ocupar un lugar importante en el mundo energético, con un crecimiento continuo de su demanda.

El gas natural licuado (GNL) es gas natural seco, compuesto básicamente por metano, el cual es sometido a procesos criogénicos para bajar su temperatura y reducir su volumen seiscientos veces con respecto al volumen que ocupa en la fase gaseosa y el ocupado en forma líquida para transportarlo en grandes cantidades hacia los centros de procesamiento y almacenaje para su posterior comercialización.

Hoy en día existen diversos recipientes para almacenar este gas seco, lo cual va a depender del uso que se les va a dar y de la facilidad para ser almacenado. Las especificaciones estándar de mezcla internacional para el gas natural licuado, en cuanto al porcentaje de pequeñas fracciones de componentes más pesados al metano, determina la envolvente de fase que lo caracteriza y facilita su clasificación en los tipos de almacenamiento y la selección del transporte, dependiendo también de la distancia de destino, volumen a transportarse, tratamiento y uso a seguir, consideraciones económicas, entre otras.

### **1.1 Planteamiento del problema**

La demanda energética aumenta a medida que crece la población mundial de

consumidores de energía. El gas natural licuado (GNL), es el gas natural que ha sido procesado para ser transportado en forma líquida. Es el mismo gas combustible que se utiliza para calefaccionar y enfriar miles de hogares y comercios, para generar electricidad y para consumo industrial como el vehicular entre otros. Es la mejor alternativa para monetizar reservas en sitios apartados donde no es económico llevar el gas al mercado directamente.

El GNL se almacena en tanques criogénicos especiales para bajas temperaturas, y esto permite transportar entre 30.000 y 150.000 m<sup>3</sup> (lo que representa aproximadamente 180.000 y 950.000 barriles) de gas natural en buques metaneros.

En vista del creciente desarrollo de la industria gasífera, el estudio de las formas de almacenamiento y transporte del gas natural es absolutamente necesario debido a que esta investigación ofrecerá alternativas para mejorar la capacidad del almacenaje y transporte del gas seco. Para dicho estudio es necesario conocer las distintas formas de almacenamiento y transporte del GNL.

Mediante la descripción del sistema de Gas Natural Licuado y aplicando envolventes de fase en el almacenaje de este, se podrán clasificar los tipos de almacenamiento bajo las especificaciones de mezclas estándar internacional y posteriormente evaluar las formas de transporte de dicho gas.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar las formas de almacenamiento y transporte del Gas Natural Licuado (GNL).

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Describir un sistema de Gas Natural Licuado (GNL).
2. Explicar las envolventes de fase en el almacenaje del Gas Natural Licuado (GNL).
3. Clasificar los tipos de almacenamiento involucrados en el negocio del Gas Natural Licuado (GNL).
4. Establecer los tipos de transporte del Gas Natural Licuado (GNL).
5. Representar la envolvente de fase del Gas Natural Licuado (GNL) según las especificaciones de mezclas estándar internacional.
6. Comparar las diferencias entre las formas de transporte y almacenaje del Gas Natural Licuado (GNL).

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

En 2001, España [1], realizó una serie de evaluaciones del sistema de transporte y almacenamiento de producto de refinería de Puerto La Cruz basados en normas, criterios y cálculos hidráulicos de cada subsistema a fin de definir los rangos a los cuales deben operar las variables de proceso.

En 2009 Mata y Zabala [2], evaluaron el punto de rocío durante el transporte y almacenamiento del gas natural libre y asociado en Venezuela. Para realizar esta evaluación utilizaron como herramienta en software HYSYS para simular tres composiciones de gas típicas correspondientes a un gas seco medio y rico para de esta manera comparar el comportamiento de las envolventes durante el transporte, acondicionamiento y venta a los diferente gases excluidos.

En 2004, Rosa y Plaza [3], describen el Gas Natural Licuado (GNL), su composición, explotación, producción, transporte, almacenamiento y regasificación; así como también desarrollan el almacenamiento subterráneo como una nueva técnica y las herramientas aplicadas al diseño, construcción y explotación de estas.

En 2008, Rodríguez y Pérez [4], estudiaron la clasificación de los recipientes de almacenamiento según su diseño, forma y volumen siguiendo los criterios de diseño y las normas nacionales e internacionales que proporcionan los requerimientos mínimos en cuanto a materiales, diseño y fabricación de tanques de almacenamiento del gas natural y sus derivados, de igual forma efectuaron un estudio de los tipos de

almacenamiento existentes en Venezuela y adicionalmente plantearon la posibilidad de implementar almacenamientos subterráneos como una alternativa para el país.

Rojas Gonzalo (Segunda Edición) [5], en su bibliografía describe el comportamiento del gas natural representado en los diagramas de fases ó envolventes de fase.

## **2.2 Historia del GNL**

Los orígenes de la tecnología de licuefacción del GNL aparecen alrededor de 1920 cuando se desarrollaron las primeras técnicas de licuefacción del aire. El primer uso de GNL fue para recuperar helio del gas natural. El proceso se basaba en la licuefacción de los hidrocarburos que contenían helio, dejando este último en fase gaseosa; después de la extracción del helio, el GNL se vaporizaba y se vendía como combustible.

En el pasado, el gas natural se consideraba un subproducto sin valor asociado con la extracción petróleo crudo, hasta que en 1920 se hizo evidente que era una valiosa fuente de combustibles como el propano y el butano.

- 1941: Primera planta de licuefacción en Cleveland, Ohio.
- 1959: Primer envío de GNL por buque.
- 1960: Primera planta de licuefacción con carga de base en Argelia.
- 1964: Comercio a gran escala entre Argelia y Europa.
- 1969: Transporte de GNL de Alaska a Japón.
- 2008: Primera planta de Reserva de GNL en Quintero, Chile.

### 2.3 Evolución del consumo de combustibles

El consumo de gas natural fue, junto con el de petróleo, el que más crecimiento experimentó en las últimas 3 décadas y según algunas proyecciones se espera que continúe con este ritmo. En los últimos años el comercio mundial de GNL creció más que el gas comercializado por gasoducto.

### 2.4 Gas natural licuado (GNL)

El GNL es gas natural que ha sido sometido a un proceso de licuefacción, que consiste en llevarlo a una temperatura aproximada de  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$  con lo que se consigue reducir su volumen en 600 veces. Esto permite transportar una cantidad importante de gas en buques metaneros. El GNL se halla en estado líquido mientras que el gas seco (que viaja por gasoducto) se encuentra en estado gaseoso.

El punto crítico de metano es de  $-82.5^{\circ}\text{C}$  y 45.8 atm; esto significa que por encima de esa temperatura es imposible licuarlo aun aumentando la presión. Por esta razón la licuefacción del metano para su transporte y/o almacenaje no fue económicamente posible hasta que se lograron considerables avances en la tecnología al frío.

### 2.5 Seguridad del GNL

La cadena de producción y distribución de GNL está diseñada para evitar fugas y prevenir **incendios**. Los riesgos más altos son su baja temperatura (criogénica) y su combustibilidad. Los derrames de GNL se evaporan rápidamente donde la condensación del vapor de agua en el aire crea una neblina. El GNL no se prende fácilmente, la llama no es muy fuerte, no humea y ésta no se extiende. El combate de un fuego de GNL es muy similar a uno de **gasolina** o **gasóleo**, no hay peligro de

explosión en lugares abiertos.

### **2.5.1 Condiciones Críticas De Seguridad Del GNL**

- **Contención Primaria:** El primer requisito de seguridad para la industria y el más importante es la contención de GNL. Esto se logra utilizando materiales apropiados en los tanques de almacenamiento y demás equipo, así como también por medio del diseño de ingeniería a lo largo de la cadena de valor.
- **Contención Secundaria:** Esta segunda capa de protección asegura la contención y aislamiento de GNL si llegara a ocurrir un derrame. En el caso de instalaciones en tierra, los diques y bermas que rodean los tanques de almacenamiento de líquidos capturan el producto en casos de derrame. En algunas instalaciones, un tanque de concreto reforzado rodea el tanque interno que normalmente almacena el GNL. Los sistemas de contención doble y completa usados en los tanques de almacenamiento en tierra pueden eliminar la necesidad de los diques y bermas.
- **Sistemas de Seguridad:** Con la tercera capa protectora se espera minimizar el derrame de GNL y mitigar así los efectos del mismo. En este nivel de seguridad y protección, las operaciones de GNL utilizan sistemas tal como detectores de gas, líquidos e incendio o para poder identificar rápidamente cualquier violación a la contención y sistemas remotos y de paro automático para minimizar los efectos de los derrames en casos de falla. Los sistemas operativos (procedimientos, capacitación y capacidad de respuesta) ayudan a prevenir o mitigar los daños. El mantenimiento regular de dichos sistemas es vital para asegurar su confiabilidad.
- **Distancia de Separación:** El reglamento federal siempre ha establecido que las instalaciones de GNL deben ubicarse a una distancia que ofrezca seguridad a las poblaciones, industrias y áreas públicas vecinas. Así mismo, se establecen zonas de seguridad que rodean los tanques buque de GNL mientras viajan o cuando atracan en puerto. Las distancias de seguridad o zonas restringidas se basan en los

datos de dispersión de vapores y contornos de la radiación térmica, así como otras consideraciones incluidas en el reglamento.

## **2.6 Mercado actual y evolución del gnl (importadores – exportadores)**

Los países importadores y exportadores son Japón, Corea, Taiwán, Francia, EEUU, España, Indonesia, Argelia, Malasia, Qatar, Australia, Trinidad y Tobago, Emiratos Árabes Unidos, Omán. En Latinoamérica, Chile es el único que licitó la construcción de una planta de regasificación para la recepción de GNL.

En la década de 1993 a 2003 el comercio mundial de GNL creció un 7,3% y si la tendencia continúa, en menos de 30 años se igualarán los mercados internacionales por gasoducto y de GNL. La proporción del mercado a corto plazo sobre el total comercializado de GNL aumentó considerablemente en la última década, actualmente constituye un 10% del mercado total de GNL mientras que a comienzos de la década de 1990 era sólo de 1,4%. Esto les aportó algo más de flexibilidad a los transportistas para ubicar sobrantes de algún destino en otro no demasiado lejano y a las empresas para recurrir al combustible en función de requerimientos que excedan los planeados. Según estimaciones de la EIA, el mercado de GNL, que actualmente representa cerca del 30% del gas intercambiado entre países, pasaría al 50% en el 2030.

## **2.7 Riesgos de un proyecto de gnl**

Debido a que los proyectos de GNL están basados en contratos de compra y venta a largo plazo, la mayor parte de los riesgos están basados en la disponibilidad de gas al proyecto, la estabilidad de los países donde se ejecuta el proyecto y donde se vende el gas y la habilidad del grupo que está ejecutando el proyecto para entender todas las complejidades de la cadena de GNL para lograr una rentabilidad que asegure la viabilidad del proyecto durante toda su vida útil. Las características de un

buen proyecto de GNL incluyen:

- Bajos costos de infraestructura y producción del gas.
- Bajos costos de transporte del gas y otros productos líquidos.
- Buena estructura del proyecto y de la compañía establecida para este efecto.
- Ambiente fiscal atractivo.
- Confianza de los compradores en la estabilidad del proyecto.
- Seguridad de mercado.
- Índice del precio del gas con cambios de mercado.
- Proyecto que sea fácilmente financiable.

### **2.7.1 Tipos De Riesgos Asociados Con El GNL**

Los riesgos potenciales que más preocupan a los operadores de instalaciones de GNL y a las comunidades vecinas surgen de las propiedades básicas de gas natural. La contención primaria, la contención secundaria, los sistemas de seguridad y la distancia de separación proporcionan múltiples capas de protección. Estas medidas ofrecen protección en contra de los peligros asociados con el GNL.

- Explosión: puede ocurrir una explosión cuando una sustancia cambia de estado químico rápidamente, es decir, cuando prenda fuego o cuando en su estado presurizado haya derrames que no se puedan controlar, y para que ocurra un derrame incontrolable debe existir una falla estructural, por ejemplo, una perforación en el contenedor o una rotura dentro del contenedor. Los tanques de GNL almacenan el líquido a temperaturas muy bajas de aproximadamente -256°F (-160°C) y por tanto, no requiere presión para mantener su condición líquida. Los sistemas sofisticados de contención no permiten que el líquido entre en contacto con fuentes de ignición. Debido a que el GNL se almacena a presión atmosférica, o sea sin presión, no podría ocurrir una explosión inmediata si se llegara a perforar el contenedor.
- Nubes de Vapor: al dejar el contenedor de temperatura controlada, el GNL

comienza a calentarse y regresa a su estado gaseoso. Inicialmente el gas es más frío y más pesado que el aire que lo rodea, y esto crea una neblina o nube de vapor sobre el líquido liberado. Conforme se calienta el gas, se mezcla con el aire y comienza a dispersarse. La nube de vapor prenderá fuego únicamente si se encuentra con una fuente de ignición mientras guarda su concentración entro del rango de inflamabilidad. Los sistemas de seguridad y procedimientos operativos existen para minimizar la probabilidad de que esto no ocurra.

- Líquido Congelante: de llegar a liberarse el GNL, el contacto humano directo con el líquido criogénico congelaría el punto de contacto. Por tanto, los sistemas de contención que rodean los tanques de almacenamiento de GNL son diseñados para contener hasta el 110% del contenido del tanque, y los sistemas de contención separan al tanque de otros equipos. Asimismo, antes de entrar en áreas de riesgo potencial, todo el personal de la instalación debe utilizar guantes, máscaras y demás ropa de seguridad para protegerse del líquido congelado. Como resultado, cualquier riesgo potencial quedaría restringido dentro de los límites de la instalación y no afectaría a las comunidades vecinas.
- Rollover: cuando múltiples suministros de diferentes densidades de GNL se cargan a un tanque, inicialmente no se mezclan, por lo contrario se acomodan en capas o estratos inestables dentro del tanque. Después de un tiempo estos estratos podrían cambiar de posición espontáneamente para tratar de estabilizar el líquido en el tanque. Cuando la capa inferior de GNL se calienta como consecuencia del calentamiento normal cambia de densidad hasta hacerse más liviana que la primera capa. En ese momento ocurre el fenómeno de rollover. El volumen del líquido y la regasificación repentina de GNL podrían ser tan grandes como para no poder liberarse a través de las válvulas de escape de un tanque normal. El exceso de presión podría resultar en roturas u otras fallas estructurales del tanque. Para prevenir la estratificación, los operadores que descargan un buque tanque de GNL deben medir la densidad de la carga y de ser necesario, deben ajustar los procedimientos de descarga. Los tanques de

GNL cuentan con sistemas de rotección en contra del rollover, los cuales incluyen sensores de distribución de temperatura y sistemas de bomba.

- Fase de Transición Acelerada: debido a que es menos denso que el agua, al ser liberado sobre el agua, el GNL flota y se vaporiza. Si se liberan grandes volúmenes de GNL sobre el agua podría vaporizarse muy rápidamente, causando así una fase de transición acelerada (RPT por sus siglas en inglés). La temperatura del agua y la presencia de una sustancia que no sea el metano también podrían causar un posible RPT, mismo que ocurre únicamente cuando se mezcla el GNL con el agua. Las RPT varían en intensidad, desde muy pequeñas hasta ráfagas importantes con potencial para dañar estructuras ligeras. Otros líquidos que cuentan con grandes diferencias de temperatura y puntos de ebullición pueden crear incidentes similares cuando se mezclan entre sí.

## **2.8 Futuro Del GNL En América Latina Y El Caribe**

El único proyecto de GNL en funcionamiento en la región es el de Atlantic LNG en Trinidad y Tobago, con una capacidad de 10 millones de tn/año, en tres plantas de producción. Otro proyecto de GNL en construcción es el de Perú LNG en Pampa Melchorita en Ica. Se han anunciado varios proyectos de GNL en esta parte del mundo, tanto de plantas productoras de GNL en Bolivia, Venezuela y Colombia, como de terminales de recibo de GNL en Chile, Puerto Rico, México, la República Dominicana, Brasil y otras partes del Caribe. No se puede decir cuántos de estos proyectos se harán realidad en el futuro inmediato, pero la demanda de combustibles limpios y económicos estimulará sin duda su ejecución.

En Venezuela está el proyecto de Guíría el cual tiene como objetivo principal proveer de instalaciones requeridas para la licuefacción, almacenaje, embarque para la exportación del gas producido en los campos de Costa Afuera de la Región

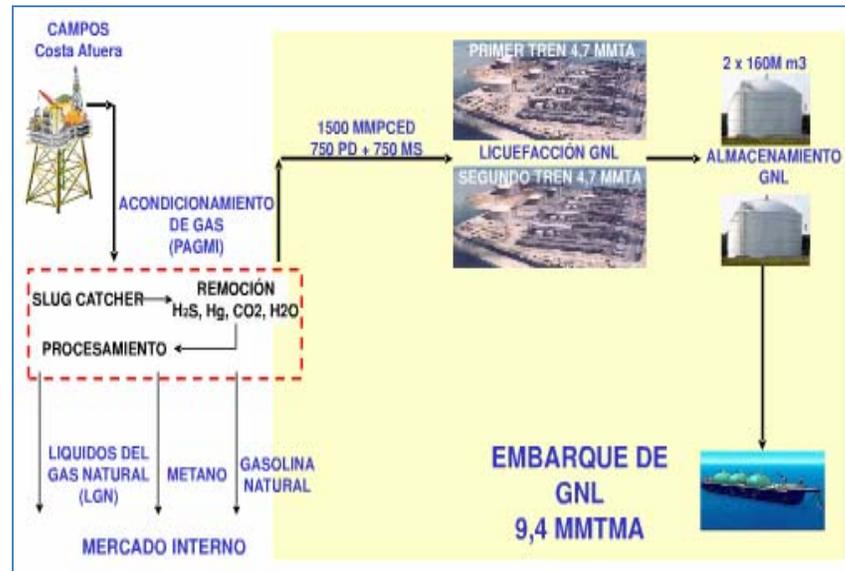
Oriental (Plataforma Deltana, Mariscal Sucre y Golfo de Paria).



**Figura 2.1: Ubicación del proyecto de GNL en Venezuela.**

#### **Alcance del Proyecto.**

- Infraestructura para la licuefacción de 1500 MMPCED de gas natural y la producción de 9.4 MMTA de GNL en dos trenes de licuefacción de 4.7 MMTA c/u.
- Tanque de almacenamiento de (2 X 160.000 m<sup>3</sup>).
- Muelle de exportación de GNL
- Servicios



**Figura 2.2: Diagrama de bloque del proyecto de GNL.**

## 2.9 Proceso del gas natural licuado [1]

El proceso del gas natural licuado es el mecanismo por el cual se extrae, licúa y distribuye el gas natural licuado.

### 2.9.1 Etapas De La Cadena De GNL

Excluyendo la producción del gas, los procesos incluidos dentro de la cadena de GNL son:

#### 2.9.1.1 Licuefacción:

Es el proceso destinado a licuar el gas natural, y se realiza en módulos de procesamiento llamados trenes. Los procesos involucrados son los siguientes:

- Deshidratación: puede ser mediante enfriamiento directo, absorción de agua en glicoles o adsorción de agua por sólidos. Gas Natural Licuado – Tecnología y

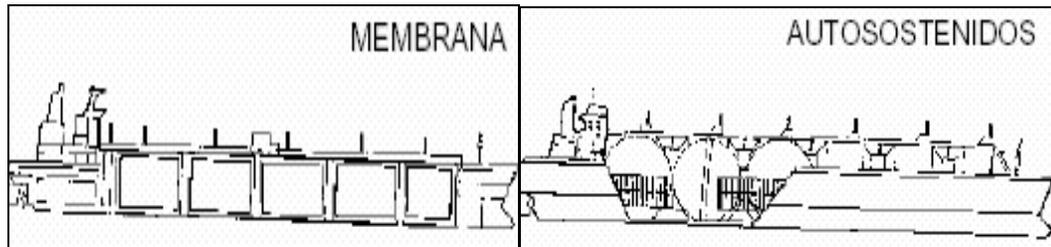
### Mercado

- Tratamiento: el proceso de tratamiento es usado para la remoción de gases ácidos, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y otros componentes de azufre.
- Recuperación de azufre: Los procesos hasta aquí mencionados tienen como objetivo eliminar los componentes no deseados y aquellos susceptibles de congelarse. La licuefacción se completa con otros dos pasos:
- Circuito de refrigeración: se elimina el calor sensible y latente del gas natural, de forma que se transforma de estado gaseoso a alta presión a estado líquido a presión atmosférica. Después de licuar el gas natural, éste es subenfriado antes de ser almacenado.
- Almacenamiento del gas natural licuado: los depósitos de GNL poseen tanque interior metálico y tanque exterior de hormigón pretensado entre los cuales existe un material aislante a fin de minimizar la entrada de calor desde el ambiente.

#### **2.9.1.2 Transporte Del GNL**

Características básicas de los buques metaneros: son buques de casco doble que usan materiales especiales para aislamiento ya que deben mantener el gas a temperaturas de  $-160^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica. En función del aislamiento de los tanques se clasifican en:

- Diseño esférico autosostenido (MOSS): tiene depósitos independientes del barco. Representa el 52% de la flota mundial.
- Diseño de membrana: pared delgada estanca, utilizan la estructura del barco. Representa 43% de la flota mundial.



**Figura 2.3: Buque de membrana y autosostenido**

Los buques utilizan gas natural como propulsión, consumiendo de 0,15% a 0,30% del volumen transportado por día. La mayoría de las capacidades de los barcos varían entre 19.000 y 145.000 m<sup>3</sup>, estando los más comunes entre 125.000 y 140.000 m<sup>3</sup> (58.000 y 65.000 toneladas). En la actualidad y hacia el futuro se prevé la utilización de buques cada vez más grandes de tal manera de reducir la influencia del costo de transporte.

En la actualidad, los valores máximos en lo que se refiere a características de los barcos son:

- Esloras: 300 m
- Calados: 12 m
- Manga: 43 m
- Velocidad: 21 nudos

Puede mencionarse que en 2003 habían registrados en el mundo 151 buques metaneros con las siguientes capacidades:

Capacidad (m3)	Cantidad de buques
< 50.000	16
50.000 a 120.000	15
>120.000	120

En un carguero moderno el sistema de almacenamiento consiste en dos barreras, líquidas y capas de aislamientos alternados entre sí. De esta manera, si ocurriese un daño en la primera barrera, la segunda evitaría una pérdida. Los espacios de aislación son permanentemente monitoreados para detectar cualquier caso de pérdida.

Una pequeña cantidad de GNL se deja evaporar durante el viaje con dos motivos:

- Mantener la temperatura del GNL.
- Usarlo como fuente de combustible para los motores del buque.

El punto de indiferencia económica entre un proyecto de GNL y un gasoducto se halla aproximadamente en 3000 km, por lo que el GNL parece conveniente para largas distancias.

Actualmente el mayor costo reside en el proceso de licuefacción. Se espera que con los desarrollos tecnológicos estos disminuyan en importante proporción, así como los de transporte (los segundos en términos de importancia) debido a la fabricación de buques de mayor capacidad.

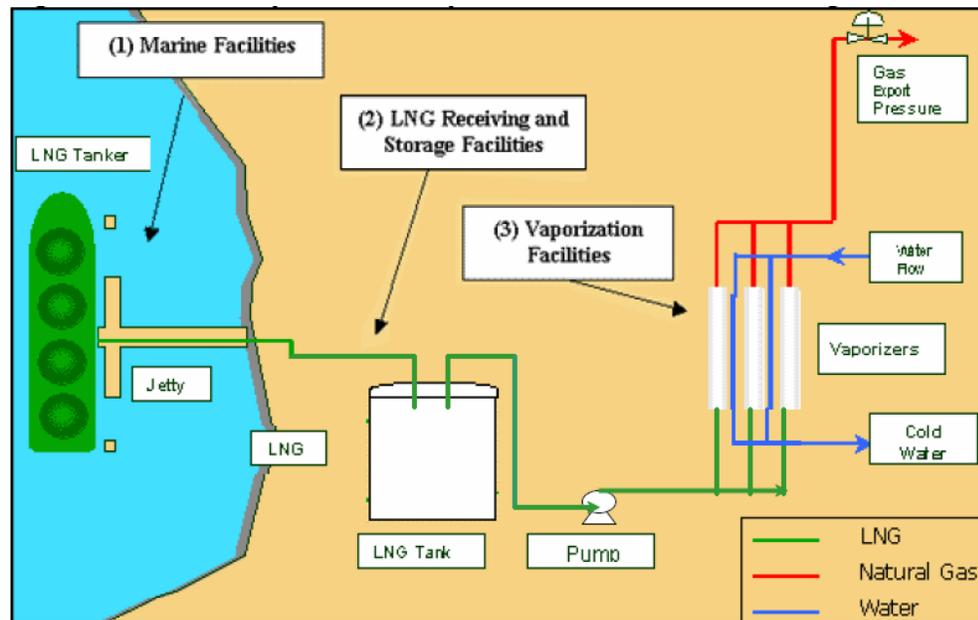
### **2.9.1.3 Regasificación**

Consiste en llevar el gas natural nuevamente a su estado gaseoso, devolviéndole el calor removido en el proceso de refrigeración. Esto se realiza en vaporizadores que utilizan agua de mar como fluido intercambiador y se alimentan de GNL a través de tuberías provenientes de los grandes tanques donde es almacenado.

## **2.10 Terminal de GNL**

Una terminal de GNL incluye diversos elementos: un muelle o embarcadero en

el que se puedan amarrar los cargueros de GNL para ser descargados, los tanques de almacenamiento de GNL, una unidad de regasificación (o vaporizador) y el equipamiento necesario para trasvasar el gas natural con éxito a la red de gas.

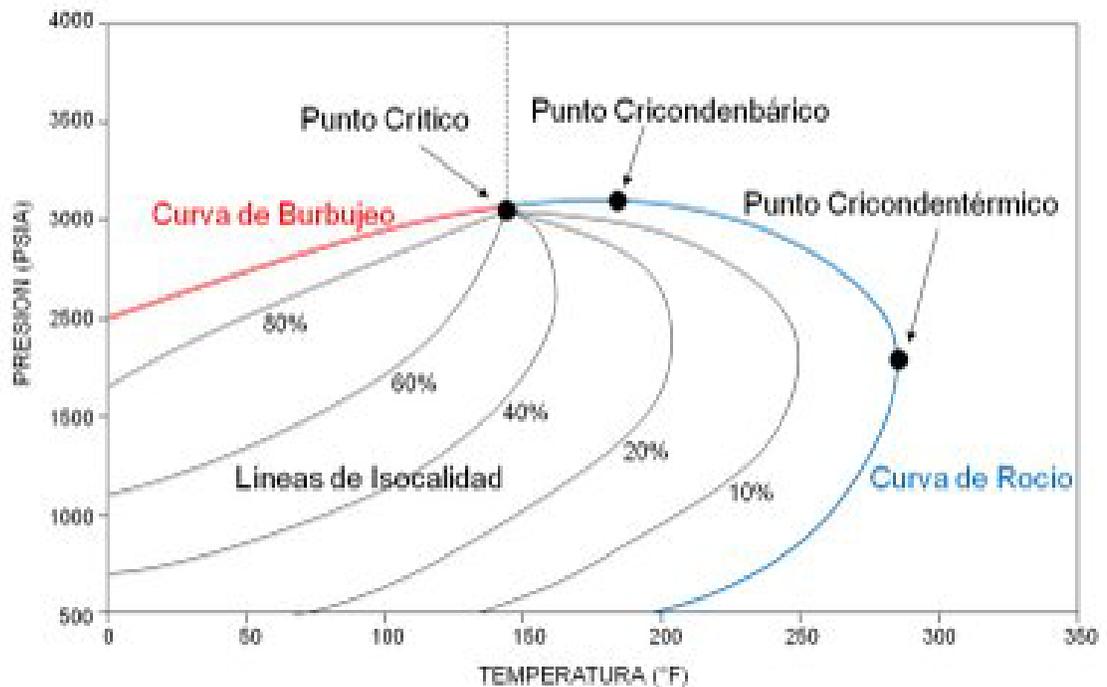


**Figura 2.4: Terminal típico de recepción de GNL.**

### 2.11 Diagrama de fase o envolventes de fase

Los diagramas de fase representan la mejor forma de evidenciar el comportamiento de fase de mezclas de hidrocarburos que se encuentran en los diferentes yacimientos petrolíferos. Un diagrama de fase está comprendido por curvas de burbuja y de rocío las cuales convergen en un punto crítico; en los puntos de burbuja el sistema o la mezcla de hidrocarburos se encuentra en equilibrio con la fase líquida con una cantidad infinitesimal de gas, análogamente en los puntos de rocío el sistema se encuentra en fase gaseosa en equilibrio con una cantidad infinitesimal de líquido.

El diagrama de fase posee tres zonas bien definidas, una primera región del líquido que se encuentra ubicada fuera de la envolvente de fase y a la izquierda de la temperatura crítica; una segunda zona que igualmente esta fuera de la envolvente pero a la derecha del punto crítico y una tercera zona que se encuentra delimitada por la envolvente la cual constituye una región de dos fases en donde se encuentra en equilibrio el gas y el líquido. En esta región se observa las líneas de isocalidad las cuales son curvas que tienen igual porcentaje volumétrico de líquido en la mezcla de líquido-gas.



**Figura 2.5 Diagrama de fase del gas natural**

### 2.12 Características de los diagrama de fase o envolventes de fase.

- Presión de Burbuja: se define como la presión a la cual se forma la primera burbuja de gas al pasar un sistema del estado líquido al estado de dos fases,

donde la fase líquida está en equilibrio con una cantidad infinitesimal de gas libre.

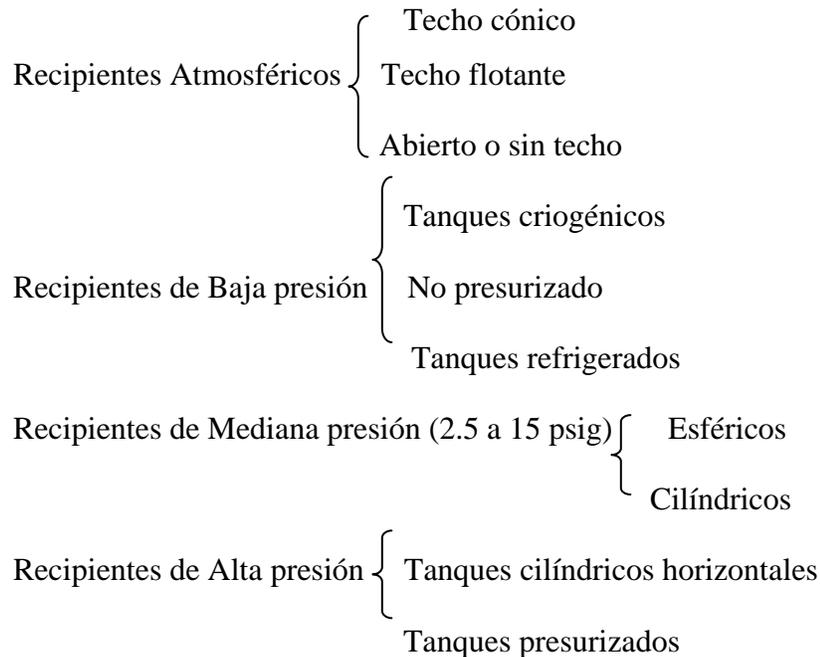
- Presión de Rocío: puede definirse como la presión a la cual se forma la primera gota de líquido al pasar de un sistema del estado gaseoso al estado de dos fases, donde la fase gaseosa está en equilibrio con una cantidad infinitesimal de líquido.
- Relación gas – petróleo o condensado: Se define como la relación gas - líquido que se produce en un pozo. Se expresa en pies cúbicos medidos a condiciones estándar por barril de líquido en el tanque.
- Gravedad API: de sus siglas en inglés American Petroleum Institute, es una medida de densidad que describe cuán pesado o liviano es el petróleo comparándolo con el agua. Si los grados API son mayores a 10, es más liviano que el agua, y por lo tanto flotaría en ésta. La gravedad API es también usada para comparar densidades de fracciones extraídas del petróleo, si una fracción de petróleo flota en otra, significa que es más liviana, y por lo tanto su gravedad API es mayor.
- Factor Volumétrico: Es el volumen que ocupa a la condiciones de yacimiento la unidad volumétrica del fluido a condiciones normales.
- Punto Crítico: El punto crítico constituye el enlace entre las curvas de burbuja y rocío. Aplicando la ecuación de Peng – Robinson, el punto crítico puede ser determinado a partir del cálculo del factor de compresibilidad crítico; éste a su vez permite la obtención de la presión pseudo-reducida, y partir de ella se calcula la presión pseudo-crítica, que define, junto con la temperatura pseudo-crítica al punto crítico.
- Temperatura cricondentérmica: representa el mayor valor de temperatura

presente en la curva de rocío; éste se puede determinar calculando a través del diagrama la tangente a este punto, conociendo la ecuación que describe el comportamiento de la curva de rocío de la envolvente de fases.

- **Presión cricondembárica:** El punto cricondembárico, de forma análoga al cricondentérmico, representa la mayor presión presente en la curva de burbuja, y la tangente a este punto hace posible su determinación.
- **Región retrograda:** Área dentro de la envolvente donde la condensación del líquido ocurre bajando la presión o aumentando la temperatura (contrario del comportamiento normal).
- **Líneas de isocalidad:** Líneas que demuestran un porcentaje constante que se intercepta en el punto crítico y es esencialmente paralela a la curva del punto de burbuja y del punto de condensación. La curva del punto de burbuja representa el vapor del 0% y el punto de condensación el vapor al 100%.

### **2.13 Tipos almacenamiento del GNL**

Existen numerosos tipos de recipientes que se utilizan en las plantas industriales o de procesos. Algunos de estos tienen la finalidad de almacenar sustancias que se dirigen o convergen en algún proceso, estos recipientes son llamados en general tanques. Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y comercialización. Los diferentes tipos de recipientes que existen, se clasifican de la siguiente manera:



### 2.13.1 Recipientes Atmosféricos:

- **Techo cónico:** son cilíndricos verticales que tienen el fondo una leve inclinación hacia el centro. Se usa generalmente para almacenar petróleo crudo o sus derivados, cuya presión de vapor es relativamente baja, por lo tanto, la presión en el tanque no excede a la presión atmosférica.
- **Techo flotante:** los tanques techo flotante tienen un techo que flota sobre la superficie del líquido previniendo así pérdidas por evaporación. Estos techos flotantes son diseñados para moverse verticalmente dentro del tanque y para proporcionar un vacío constante entre la superficie del producto almacenado y el techo.
- **Abierto o sin techo:** se usa generalmente para almacenar aceites residuales o fuel oil procesado, tienen una capacidad de almacenamiento grande. Se usan para almacenar productos en los cuales no es importante que este se contamine o que como son productos pesados se evaporen a la atmósfera.

### 2.13.2 Recipientes de Baja presión:

- **Tanques criogénicos:** para almacenamiento y transporte de gases licuados a temperaturas bajo cero. Un recipiente criogénico es esencialmente un tanque cilíndrico de doble pared. El espacio anular entre la cara interna y externa del recipiente es llenado con material aislante y sometido a alto vacío para lograr mínimas pérdidas por evaporación.
- **No presurizados:** para productos con presiones de vapor por debajo de la presión atmosférica a la máxima temperatura esperada.
- **Tanques refrigerados:** estos recipientes que almacenan gases en su punto de ebullición y presiones bajas, requieren aislamiento y necesitan una planta de refrigeración.
  - **Pared Simple:** Están aislados con poliuretano y bloques de vidrio celular recubierto con una chaqueta de aluminio.
    - ✓ Compuesto por un tanque interno y una pared externa.
    - ✓ El tanque interno cumple con los requerimientos necesarios para almacenar en condiciones criogénicas.
    - ✓ La pared externa tiene la función de sujetar al aislante y retener el vapor.
    - ✓ El tanque externo no fue diseñado para contener derrames de GNL.
  - **Doble Pared:** Están aislados con perlita expandida con una manta interna de fibra de vidrio. Tanto el tanque interno como el externo son diseñados para operar a condiciones criogénicas.

### 2.13.3 Tanques de mediana presión:

- **Tanques esféricos:** se utilizan para almacenamiento de GLP a la temperatura ambiente y en volumen no mayor de 20.000 barriles a presiones de 5 psig. Las esferas se construyen utilizando chapas de acero. Se sostienen mediante columnas

que deben ser calculadas para soportar el peso de la esfera durante la prueba hidráulica, todas las soldaduras deben ser radiografiadas para descartar fisuras internas que se pudieran haber producido durante el montaje.

- **Tanques cilíndricos:** almacenan cantidades de 2.000 a 10.000 Barriles. Su tamaño máximo es limitado por las restricciones entre el fabricante y el sitio de trabajo. Estos tanques no forman parte del proceso, sino que son utilizados para almacenar materia prima o productos acabados para su despacho.

#### **2.13.4 Tanques de alta presión:**

- **Tanques cilíndricos horizontales:** estos tanques forman parte del proceso, entre las funciones que pueden desarrollar se pueden mencionar la de separadores, almacenamiento intermedio o reactores. Pueden ser de diámetros que oscilan entre 30" hasta 140" o más, y los volúmenes radican hasta 2000 Barriles o más.
- **Tanques presurizados:** estos operan a temperatura ambiente y una presión de operación alta. Los recipientes no requieren aislamiento ni plantas de refrigeración. Se usan para albergar volúmenes entre 4.000 a 60.000 barriles. Estos están destinados al almacenamiento de hidrocarburos ligeros, tales como: propano, butano, propileno, amoniaco, entre otros. Los recipientes a presión son los que mayoritariamente entran en los procesos de plantas.

## CAPITULO III

### DESARROLLO

#### 3.1 Descripción del sistema del gas natural licuado

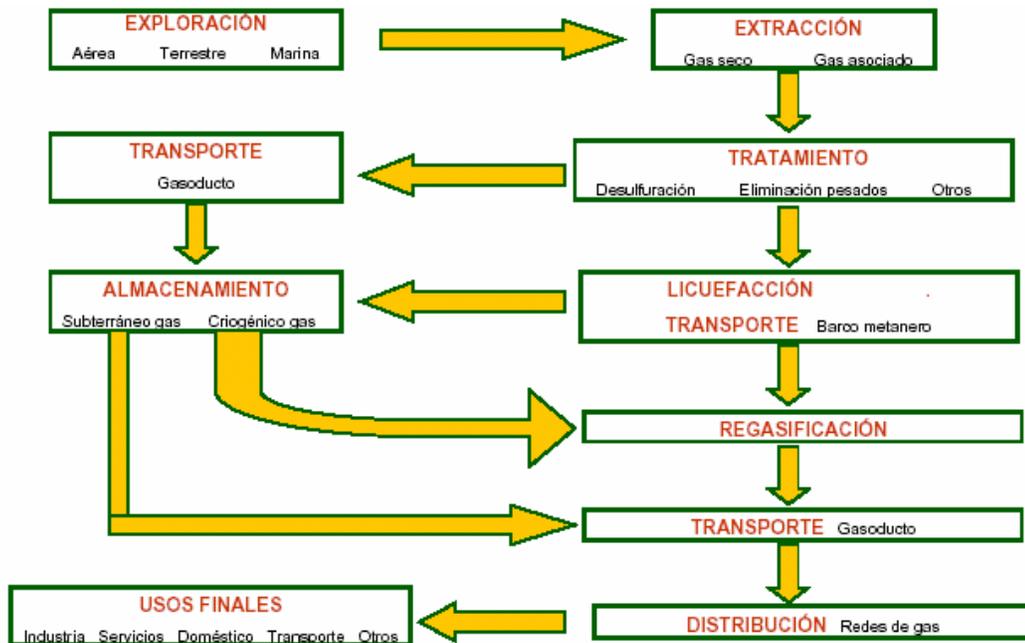


Figura 3.1: Proceso de producción del GNL

Una breve descripción de la Cadena de Valor de GNL:

- **Producción de gas natural:** el proceso de exploración y producción de gas natural para su entrega a una planta procesadora. En esta primera etapa se ve la ubicación del yacimiento y la producción del gas para la eliminación de los posibles contaminantes que contenga el gas natural para que no tenga inconvenientes durante el procesamiento.

- **Licuefacción:** la conversión de gas natural a un estado líquido para su transporte por medio de buques tanque. Esta técnica se realiza para reducir el volumen del gas unas 600 veces de cómo se encuentra en estado natural para así transportar una mayor cantidad de producto.
- **Transporte:** el envío de GNL en buques especializados para su entrega a los mercados. La selección de los buques especiales (buques metaneros) se da debido a que cuenta con las condiciones necesarias para un transporte seguro y de mayor facilidad.
- **Almacenamiento:** el GNL se almacena a presión atmosférica en tanques criogénicos especiales para bajas temperaturas. Se almacena a estas condiciones de presión y temperatura para mantener el cambio de estado al que fue sometido originalmente al gas.
- **Regasificación:** es la conversión de GNL a su fase gaseosa y el paso del líquido criogénico por los vaporizadores. El cambio de fase a sus condiciones originales se realiza una vez llegado el producto a los puertos para su posible distribución el cual pasa por ciertos vaporizadores para llevarlo a sus condiciones originales.
- **Distribución y entrega de gas natural:** a través del sistema de ductos de gas del país y su distribución a los usuarios finales. La distribución del gas se realiza luego de llevarlo al estado gaseoso, el cual es enviado a las diferentes redes de uso.



**Figura 3.2: La cadena de valor de GNL**

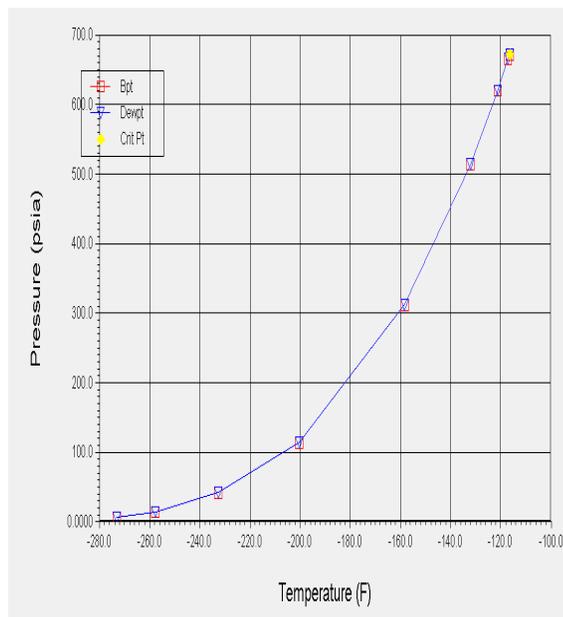
### **3.2 Explicación de las envolventes de fase en el almacenaje del gas natural licuado**

La licuefacción del metano, así como su mantenimiento en estado líquido requiere un notable gasto de energía para mantener la temperatura adecuada. Por otra parte, las inversiones en plantas de licuación, almacenajes refrigerados, plantas de recepción y plantas de regasificación, también son considerables. Para la selección de almacenaje se evalúan las envolventes de fase o diagramas de fases del gas natural licuado para escoger así su almacenaje con más precisión, para este proceso se toman en cuenta factores de presión y temperatura de 1 atm y  $-161^{\circ}\text{C}$  respectivamente.

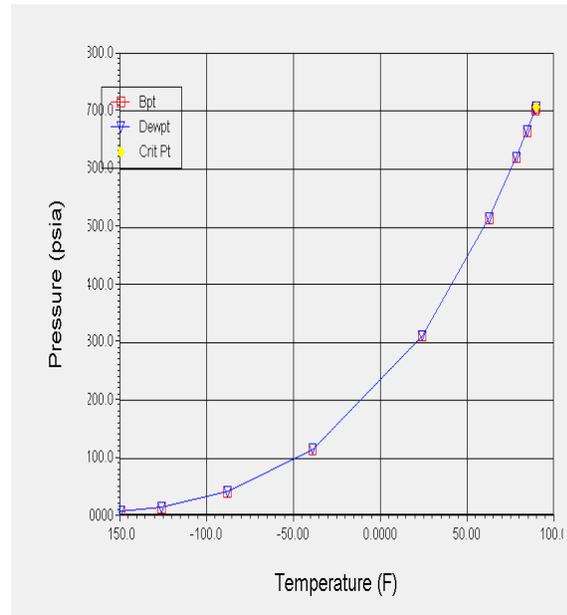
Tomando en cuenta que cuando se extrae el gas natural de los yacimientos, a menudo contiene otros componentes que deben ser eliminados antes de que pueda ser licuado para su uso como: azufre, mercurio, hidrocarburos pesados, especialmente benceno, y dióxido de carbono que puede congelarse y producir bloqueos en el equipo de licuefacción. Además se eliminan estos componentes debido a que no se toman en cuenta para los diagramas.

Para la resolución de las envolventes de fase se comienza por el enfriamiento del gas natural a estado líquido y esto se hace hasta aproximadamente a  $-161^{\circ}\text{C}$  que es la temperatura a la cual el metano, su componente principal, se convierte a forma líquida; el gas también puede contener trazas de otros componentes como el etano y propano. Una vez que el gas natural se enfría hasta esta temperatura, este ha sido

licuado y se almacena a presión atmosférica. Este comportamiento de estado gaseoso como se encuentra en el yacimiento hasta que es licuado se estudia de manera clara con las envolventes de fase para observar su comportamiento y así seleccionar posteriormente su almacenaje.



**Figura 3.3 Envolvente de fase del metano.**



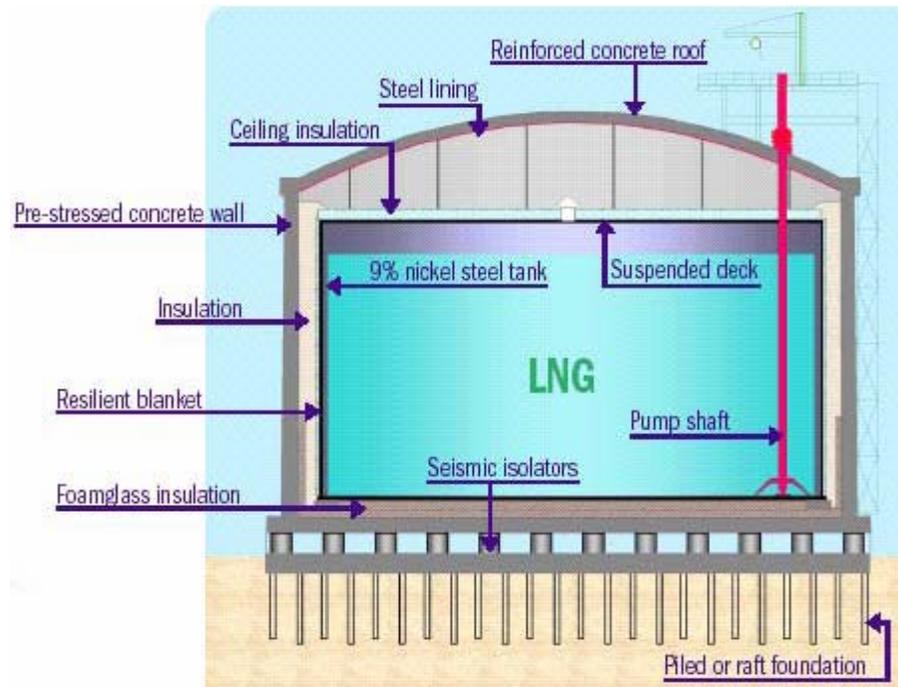
**Figura 3.4 Envoltorio de fase del etano.**

### **3.3 Clasificar los tipos de almacenamiento involucrados en el negocio del gas natural licuado (GNL)**

El uso adecuado de GNL, o cualquier sustancia criogénica, requieren la comprensión del comportamiento de los materiales bajo temperaturas criogénicas. Por ejemplo, bajo temperaturas extremadamente bajas, el acero ordinario pierde ductilidad y se hace quebradizo. La elección del material empleado en los tanques, ductos y otros equipos que entran en contacto con el GNL es un factor crítico. Resulta costoso el uso de aceros de alto contenido de níquel, aluminio y aceros inoxidable, pero son necesarios para prevenir la rigidez y fallas en el material. Aceros mezclados de 9% de níquel y acero inoxidable, se emplean para el tanque interior, y para otras aplicaciones relacionadas con el GNL.

El GNL típicamente se almacena bajo presión atmosférica en tanques de doble pared. El tanque de almacenamiento es un tanque dentro de otro tanque con aislantes

entre las paredes de ambos tanques.



**Figura 3.5 Diseño Conceptual de los Tanques de Almacenamiento de GNL.**

### 3.3.1 El tanque de contención sencilla:

Es un sistema de contención compuesto por un tanque interno y otro externo. En los tanques de contención sencilla, el tanque exterior se compone generalmente de acero ordinario que no ofrece protección en casos de fallas al tanque interno, únicamente mantiene al aislante en su lugar. El tanque interno que hace contacto con el GNL líquido se elabora de materiales adecuados para el servicio criogénico, y cuenta con un fondo metálico plano y una pared cilíndrica de metal elaborados con materiales apropiados para temperaturas criogénicas (normalmente con el 9% de acero de níquel). También se han utilizado el concreto y aluminio reforzados para construir los tanques internos.

El fondo del tanque interno descansa sobre material aislante rígido, como el vidrio espumoso. Los tanques tienen una capa de aislante con una cubierta suspendida y bajo un techo externo en forma de cúpula con barrera de vapor y una pared externa (frecuentemente elaborado de acero ordinario). Todos los diseños nuevos incluyen tuberías instaladas en el techo del tanque para evitar que el contenido completo del tanque se escape.



**Figura 3.6 Tanques de contención sencilla.**

### **3.3.2 Un tanque de contención doble**

Se diseña y construye con el fin de que, tanto el tanque interior como el tanque exterior tengan capacidad independiente para contener el líquido refrigerado, proporcionando una mayor protección a la contención primaria, tanto en los tanques de almacenamiento en terminales receptoras y de regasificación como en los buques de GNL. Un dique, berma o represa de dique normalmente rodea al tanque de contención sencilla en tierra para poder contener cualquier derrame en el caso

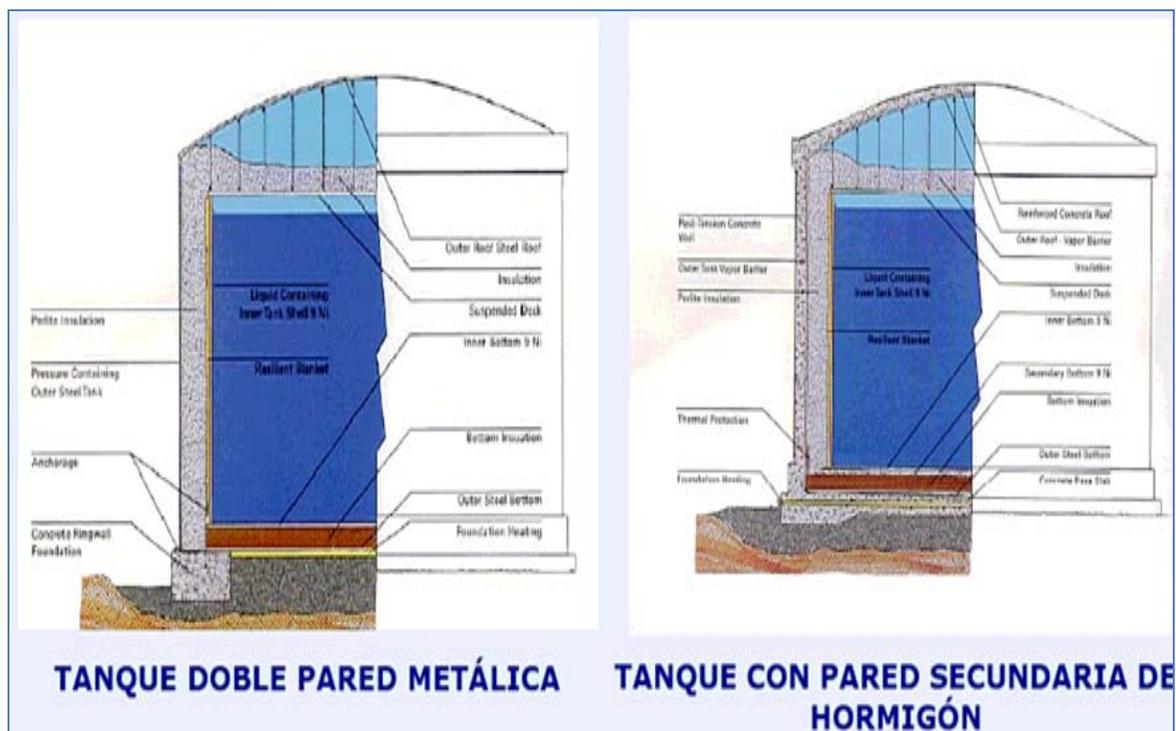
improbable de que ocurriera alguna falla en el tanque. Este sistema permite el control y aislamiento de cualquier derrame de GNL. Los diques fueron diseñados para contener del 100 al 110 por ciento del volumen del tanque, y son lo suficientemente altos para permitir que la trayectoria de un derrame en el nivel superior del tanque no sobrepase el borde del dique.





**Figura 3.7 Tanques de contención doble para el almacenamiento de GNL.**

Otro tipo de tanque de contención son los que contienen una pared interna metálica o una pared secundaria de hormigón. La mayoría de los tanques de almacenamiento construidos recientemente alrededor del mundo fueron diseñados como tanques de doble contención o de contención completa.



**Figura 3.8 Tanque de contención de doble pared metálica y tanque con pared de hormigón respectivamente para el almacenamiento de GNL.**

**Los tanques de contención completa:** son similares a los tanques de contención doble, y fueron diseñados y construidos para que, tanto el tanque interior como el exterior tuvieran capacidad para contener el GNL almacenado. El tanque interno contiene el GNL bajo condiciones normales de operación. El tanque o pared exterior, con aproximadamente tres pies de espesor de concreto, queda de uno a dos metros de distancia del tanque interno. El tanque de contención completa es menos susceptible a daños causados por fuerzas externas, y los que se construyen con paredes y techos de concreto reforzados.

El historial mundial de seguridad en cuanto a instalaciones de GNL en tierra demuestra que la contención primaria de tanques de GNL es segura porque los sistemas de contención secundaria de derrames instalados alrededor de todos los

tanques nunca han tenido que retener el líquido. Los operadores de GNL también deben proporcionar diseño de sistemas mecánicos de contención contra derrames de GNL.



**Figura 3.9 Tanques de Contención Completa**

### **3.4 Establecer los tipos de transporte del gas natural licuado (GNL)**

Los medios de transportes del gas natural son los gasoductos, buques-tanques, camiones cisternas. Estos se seleccionan dependiendo de la distancia de destino, volumen a transportarse, tratamiento y uso a seguir, consideraciones económicas, entre otras.

El GNL se transporta a presión atmosférica en buques especialmente contruidos con casco doble. El sistema de contención de carga se diseña y construye utilizando materiales especiales para el aislamiento y tanque, para asegurar el transporte de esta carga criogénica. Son barcos con una capacidad neta hasta de 160.000 m<sup>3</sup>. El GNL en los tanques de carga del buque se mantiene a su temperatura de saturación a lo largo de toda la navegación, pero se permite que una pequeña

cantidad de vapor se disipe por ebullición, en un proceso que se denomina autorrefrigeración. El gas evaporado se utiliza para impulsar los motores del buque.

Aproximadamente 40% de los buques de GNL actualmente en servicio cuentan con sistemas de contención de carga del tipo de membrana, de modo que tienen un aspecto muy similar al de otros cargueros. El resto de los buques tienen un sistema de contención de carga más particular, que incluye cuatro o más tanques esféricos grandes. Ambos tipos de sistema de contención poseen antecedentes de operación extremadamente seguros y confiables.

El GNL luego del proceso de regasificación, se emplean los gasoductos para distribuir el producto ya procesado, consisten en secciones de tuberías interconectados para la venta y consumo. El material principal que se emplea para la construcción es el acero al carbono de alta resistencia debido a que puede soportar altas presiones. El gasoducto está formado por tubos de acero unidos entre sí por medio de soldadura. Se evita el contacto directo con el terreno por medio de un recubrimiento de polietileno. El diámetro de la canalización se decide en función de la cantidad de gas que vaya afluir por ella.

Entre los transportes más utilizado para el uso de gases o líquidos son:

### **3.4.1 Camiones Cisternas**

Las cisternas de transporte son grandes recipientes que se instalan en camiones o remolques para transportar líquidos (productos químicos, petrolíferos, alimentarios, agua,...), gases (butano, propano,...). Estos deben cumplir los requisitos de diseño y construcción (robustez, estanqueidad, estabilidad, equipos auxiliares), correcto mantenimiento (inspecciones, revisiones de sus dispositivos e indicadores, reparación inmediata de averías, e inspección técnica oficial) y uso (carga y descarga correctas),

y cumplir las normas de tráfico.

#### **3.4.1.1 Características de los camiones cisternas**

- Las cisternas cilíndricas de transporte para gases, se incluyen entre las normas que regulan los recipientes a presión. Están sujetas a inspección técnica y oficial, y llevan marcas de inspección en la tapa de la trampilla de visita, y una placa de características sobre la armadura de base de la cisterna (envoltura de acero, con pintura externa de aluminio).
- Las cisternas para gases licuados llevan 3 - 6 válvulas de acero, de diámetros reglamentarios, y cada una está conectada a un tubo dentro de la cisterna. Disponen de mangueras de hasta 10 metros, y de válvulas de seguridad automáticas.

La presión del gas se vigila mediante un manómetro que está instalado en la cabina de conducción.

A ambos lados, y en toda la línea media de la cisterna, el camión lleva una banda fija indicando el gas que transporta, y la palabra "inflamable" en letras negras. Debe estar puesto a tierra para evitar los peligros de la electricidad estática.

También van equipados con un intercambiador de calor tubular para evitar las dificultades del trasvase de gases, especialmente en tiempo frío (pues la presión del gas en los tanques de almacén, puede ser mayor que la de las cisternas). Debe atenderse especialmente a los riesgos en el proceso de llenado de la cisterna (parada del motor en la plataforma, puesta a tierra del camión, conexión correcta de las mangueras, apertura de válvulas, etc.).

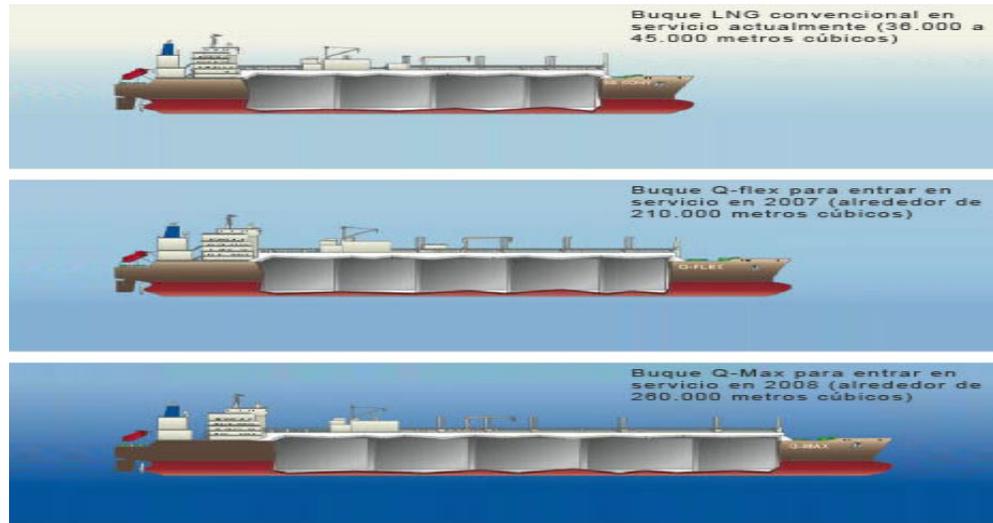


**Figura 3.10 Transporte GNL a través de camiones cisternas.**

### **3.4.2 Los tanqueros de GNL**

**Son** embarcaciones de casco dobles, especialmente diseñados y aislados para prevenir el goteo o ruptura en el evento de un accidente. El GNL está almacenado en un sistema especial dentro del casco interior donde se mantiene a presión atmosférica y  $-161^{\circ}\text{C}$ . Tres tipos de sistemas de almacenamiento han evolucionado como los estándares. Estos son:

- El diseño esférico (Moss).
- El diseño de membrana.
- El diseño semi - presurizado.



**Figura 3.11 Tanqueros de GNL**

### 3.4.3. Los buques de tanque esférico

Son los más comúnmente identificados como buques de GNL debido a que las cubiertas de dichos tanques son visibles. Sin embargo, muchos de los buques bajo construcción actualmente son los de tipo membrana. Los buques de membrana y los de prisma se parecen más a los buques de petróleo en los cuales la estructura de los tanques son menos visibles.



**Figura 3.12: Buque con tanque de almacenamiento esférico.**

### 3.4.4 Los buques de GNL de tipo membrana

Los sistemas de contención de los buques de GNL de tipo membrana se componen de un contenedor primario, uno secundario y mayor cantidad de aislante. El contenedor primario es la contención principal de la carga. Su construcción puede ser de acero inoxidable, “invar” (36% de acero de níquel). Los materiales más comúnmente usados como aislantes de la carga incluyen el poliuretano, la espuma del cloruro de polivinilo y “perlite”. El espacio de aislamiento se carga con nitrógeno. Debido a que el nitrógeno no reacciona con otros gases o materiales, aún un derrame menor puede ser detectado monitoreando la presencia del metano en el espacio de aislamiento cargado con nitrógeno.

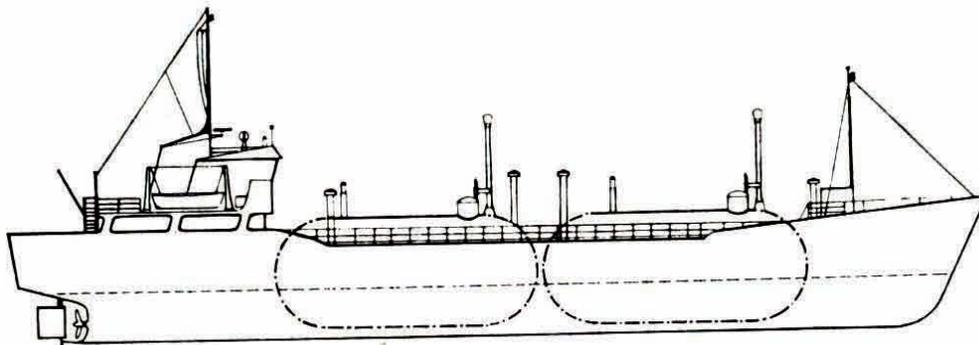


**Figura 3.13: Buque de GNL tipo membrana.**

### 3.4.5 Buques semi – presurizados

Por el tamaño de los tanques, para mantenerles su presión dentro de límites prácticos (17.2 psia), la carga necesita estar refrigerada y tanques aislados. Los tanques semi - presurizados se construyen posición horizontal, pudiendo ser un solo tanque o dos gemelos, montándose cada uno en sus propios apoyos. Como las

sociedades de clasificación no requieren una segunda barrera cuando la carga es llevada en barcos a presión, este tipo de barco (cuando menos hasta una capacidad de 12.000 m<sup>3</sup>) es competitivo con el barco totalmente refrigerado a presión atmosférica.



**Figura 3. 14 El Barco Tanque Bucklaw, de 1.200 m<sup>3</sup>, construido en 1971.**

### 3.4.6 Gasoductos

Es una conducción que sirve para transportar gases combustibles a gran escala. 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, pueden ser necesarios 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 que transportan gas natural licuado en condiciones criogénicas (-161 °C).

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.



**Figura 3.15 Señales de un gasoducto cercano.**



**Figura 3.16 Gasoducto.**

### 3.5 Representar la envolvente de fase del gas natural licuado (gnl) según las especificaciones de mezclas estándar internacional

Basándose en las normas COVENIN 3568 - 1: 2000, 3568 - 2: 2000 e ISO 133686: 1998, se establecen los estándares de calidad del gas natural a nivel internacional, y dirigidos a conservar, proteger y preservar el medio ambiente. Para la representación de las envolventes de fase del gas natural se tomaran en cuenta las siguientes especificaciones de mezcla internacional estándar.

Componentes	Mar del Norte	Bolivia	Brasil(R. de Janeiro)	Venezuela Normas ENAGAS 2012	Sistema Internacional	Argentina	EE.UU	Kuwait
<b>Metano</b>	94.4	90.8	89.44	80.0	88.5	95.0	80.9	16.7
<b>Etano</b>	3.1	6.0	6.7	12.0	4.3	4.0	6.8	16.05
<b>Propano</b>	0.5	1.2	2.26	3.0	1.8	-	2.7	8.96
<b>Butano</b>	0.2	0	0.46	1.5	1.8	-	1.1	3.75
<b>Pentano</b>	0.2	-	-	-	-	-	0.5	1.9
<b>N2</b>	1.1	1.5	0.8	1	3	1.0	7.9	-
<b>CO2</b>	0.5	0.5	0.34	2	2	-	0.1	2.15
<b>H2S</b>	-	-	-	6	6	-	-	0.05

**Tabla 3.2: Mezcla estándar Internacional del Gas Natural.**



### 3.6 Comparar las diferencias entre las formas de transporte y almacenaje del gas natural licuado (GNL)

Tipo de tanque de almacenamiento del GNL		Diferencias
Tanques refrigerados a T= -257,8°F (Fase líquida)	Tanque de contención sencilla	Almacenan productos a bajas temperaturas el cual tienen un contenedor que sirve principalmente para sujetar al aislante y retener el vapor, el tanque externo no fue diseñado para contener derrames de GNL provenientes del tanque interno
	Tanque de contención doble	Almacenan líquido tanto el tanque interior como el tanque exterior y tienen capacidad independiente para contener el líquido refrigerado

**Tabla 3.4 Diferencias entre las formas de almacenamiento según las envolventes de fase.**

<b>Tipo de transporte del GNL</b>	<b>Diferencias</b>
<b>Camiones cisternas</b>	Son grandes tanques criogénicos que se instalan en camiones o remolques para transportar líquidos
<b>Buques tipo esféricos</b>	<p>El GNL está almacenado en un sistema especial de casco dobles, dentro del casco interior donde se mantiene a presión atmosférica y <math>-161^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>Tiene los tanques de almacenamiento independientes del barco.</p>
<b>Buques tipo membrana</b>	<p>Se componen de un contenedor primario, uno secundario y mayor cantidad de aislante.</p> <p>El tanque de almacenamiento del GNL utiliza la pared del barco</p>
<b>Buque semi - presurizado</b>	Trabajan a bajas temperaturas y a presiones entre 14.7 y 17.2 psia

**Tabla 3.5 Diferencia entre las formas de transporte del gas natural licuado (GNL).**

## **CAPITULO IV**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Discusión de resultados**

El gas natural licuado es una de las formas que se adopto con el avance de la tecnología para satisfacer la demanda de este gas; ya que se creó una cadena de procesamiento para su licuefacción, almacenamiento y transporte para distribuirlo a los consumidores que están a grandes distancias de su producción.

La envolvente de fase del gas natural licuado, describe el comportamiento que puede tener este gas licuado a las condiciones de presión y temperatura a la que está sometido, facilitando la determinación del tipo de almacenamiento y transporte que debe realizarse según la distancia del destino, volumen a transportarse, tratamiento y su uso.

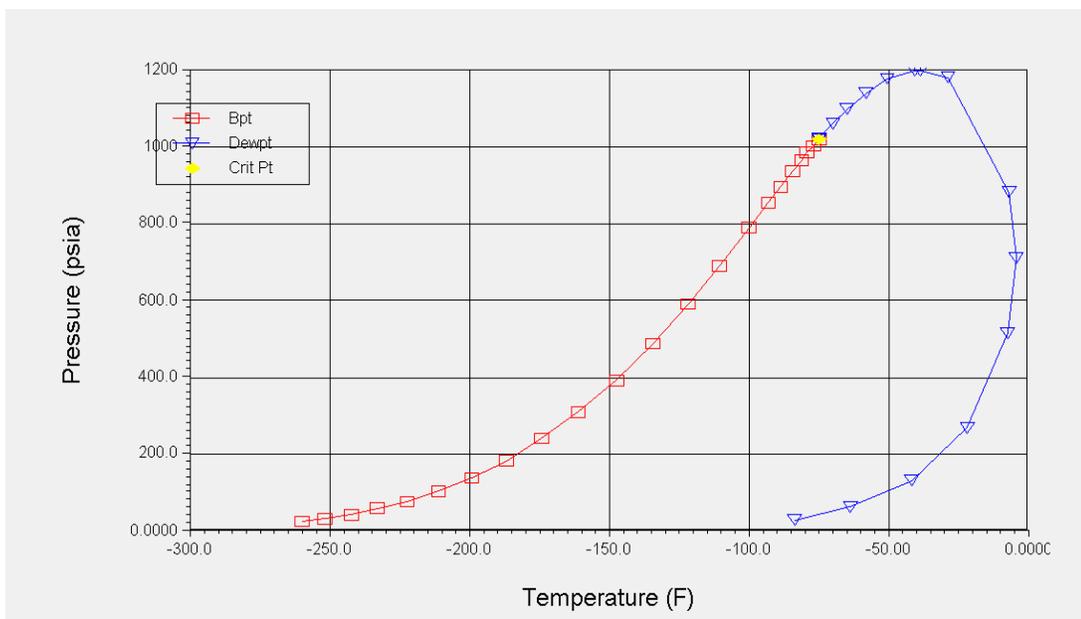
El almacenamiento del GNL se realiza a través de un tanque dentro de otro tanque con aislante en las paredes de ambos. Estos pueden ser de contención sencilla, doble y completa donde se ha comprobado a través de los años de uso que estos tipos de tanque presentan un almacenamiento eficaz, ya que no han presentado derrame del gas.

El transporte del GNL se selecciona dependiendo de la distancia a la que se va a distribuir, esto pueden ser por medio de busques metaneros que recorren largas distancias, a través de cisternas que transportan el gas de un centro de distribución a otro y de igual manera los gasoductos que pueden transportar el gas del yacimiento a

la planta de tratamiento.

Al comparar las diferencias entre las formas de almacenamiento y transporte del gas natural licuado se observa que todas tienen características que se adaptan a los requerimientos de seguridad al tratar con un gas de alta volatilidad.

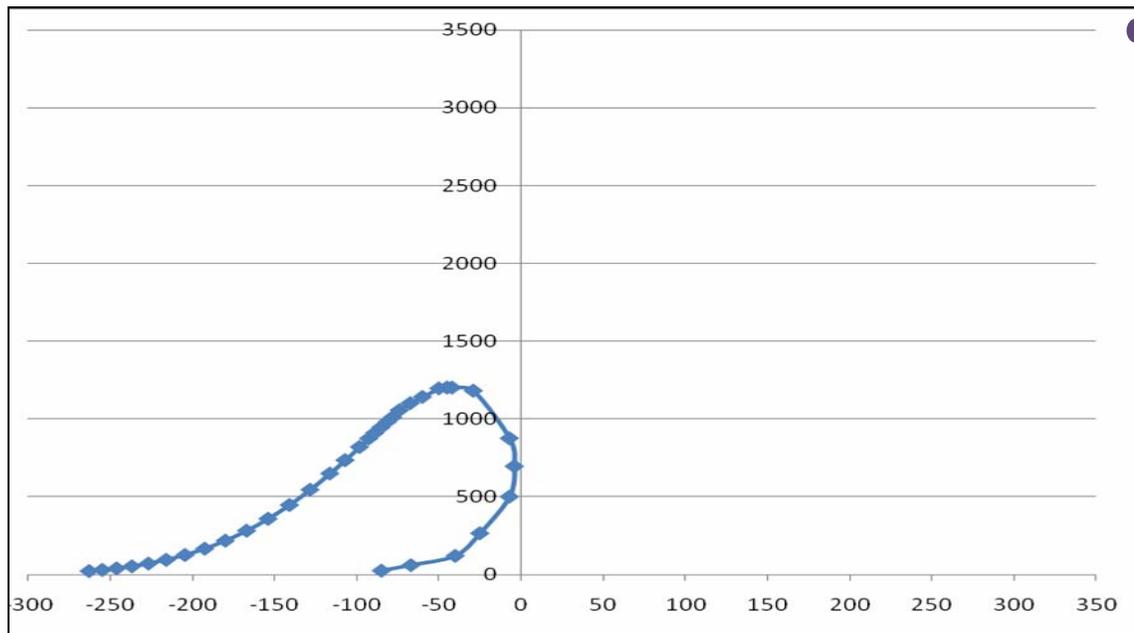
Mediante la simulación de la composición estándar internacional de la mezcla de gas natural través del simulador HYSYS PLANT 3.2 se obtuvo la envolvente de fase donde se evaluó el comportamiento de las diferentes etapas en la cadena de proceso del gas natural licuado (GNL).



**Figura 4.1 Envolvente de fase del GNL arrojado por el simulador Hysys Plant 3.2.**

La figura 4.1 es la representación de la envolvente de fase del comportamiento el gas natural licuado donde se puede observar que tiene un comportamiento de gas seco, ya que si la envolvente fuese más inclinada hacia la derecha sería una mezcla con gran cantidad de componentes pesados.

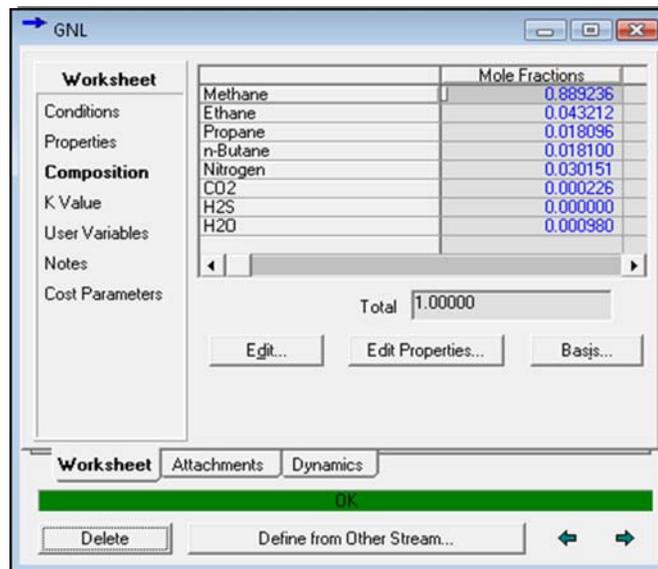
Como primera etapa de este proceso se estudio el comportamiento del gas seco en el yacimiento.



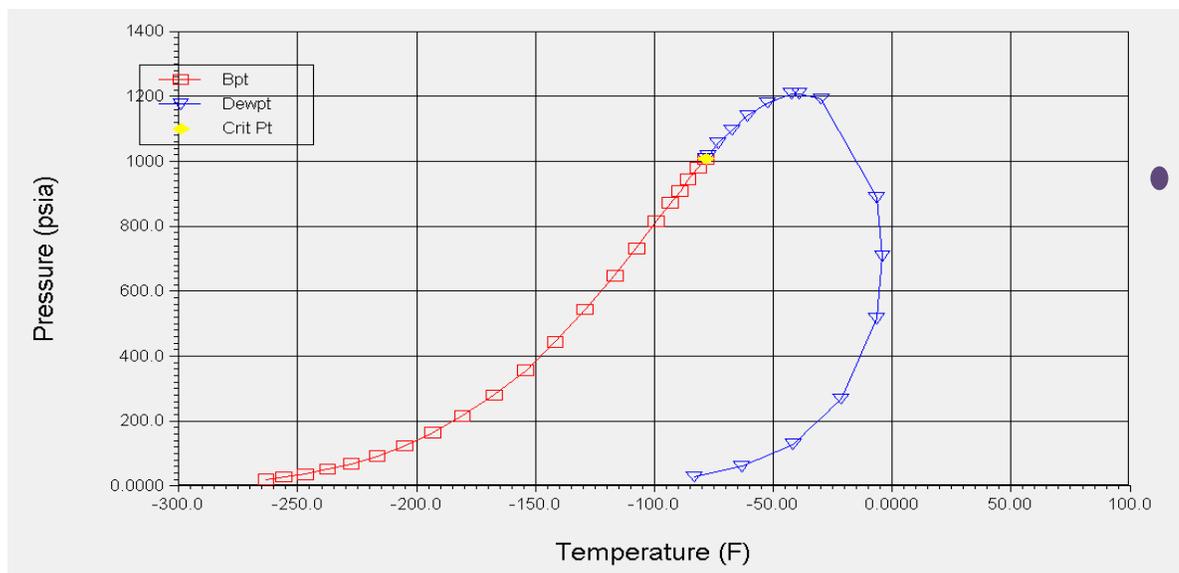
**Figura 4.2 Envoltente de fase del GNL en el yacimiento**

En la figura 4.2 se puede observar como el gas seco se encuentra a condiciones altas de presión y temperatura en el yacimiento donde este permanece en fase gaseosa, tanto el subsuelo como en superficie.

La composición del gas natural de la mezcla estándar contiene CO<sub>2</sub> Y H<sub>2</sub>S fuera del rango máximo establecido, por esto hay que eliminarlos para llevar el contenido de estos gases ácidos a los niveles exigidos por los consumidores del gas. Para ello, la corriente de gas ácida se introdujo en una planta de endulzamiento donde se removieron utilizando una corriente de amina pobre y se obtuvo un gas libre de estos contaminantes.



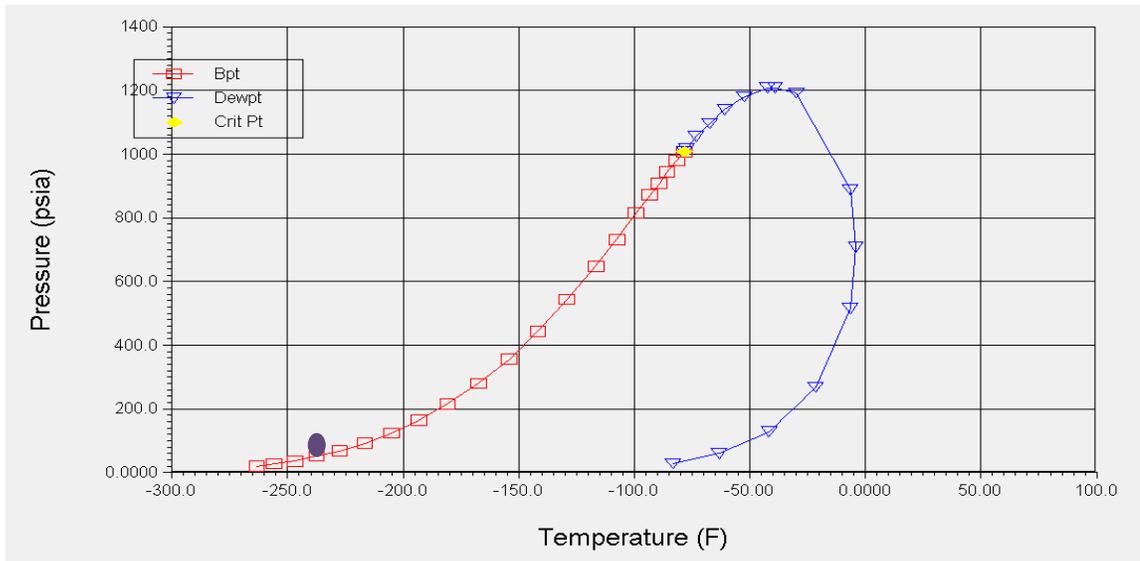
**Figura 4. 3 Composición luego del tratamiento en la planta de endulzamiento en la simulación con HYSYS PLANT 3.2**



**Figura 4. 4 Envoltente de fase del GNL luego de tratamiento de endulzamiento.**

En la figura 4.4 se puede apreciar la ubicación del gas en la envoltente de fase luego del tratamiento, la cual cumple la segunda etapa de la cadena del gas natural

licuado, estando el gas en la región gaseosa de la envolvente.



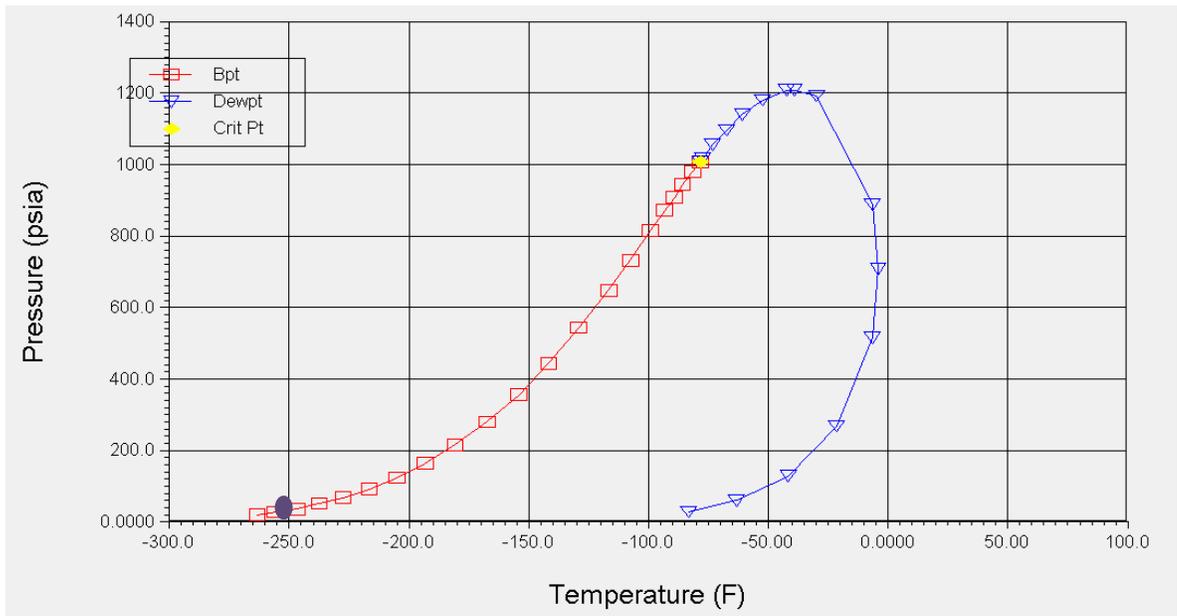
**Figura 4.5 Envolvente de fase del GNL en el proceso de licuefacción.**

Como tercera etapa está el proceso de licuefacción del gas natural licuado, donde el gas es enfriado hasta  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-257.8\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) a esta temperatura es donde el metano, su componente principal, se convierte en forma líquida. Como se observa en la figura 4.5 se encuentra en este punto en fase líquida, una vez que el gas ha sido licuado se somete a un proceso de Joule Thompson o expansión con extracción de trabajo para poderlo almacenar a presión atmosférica.

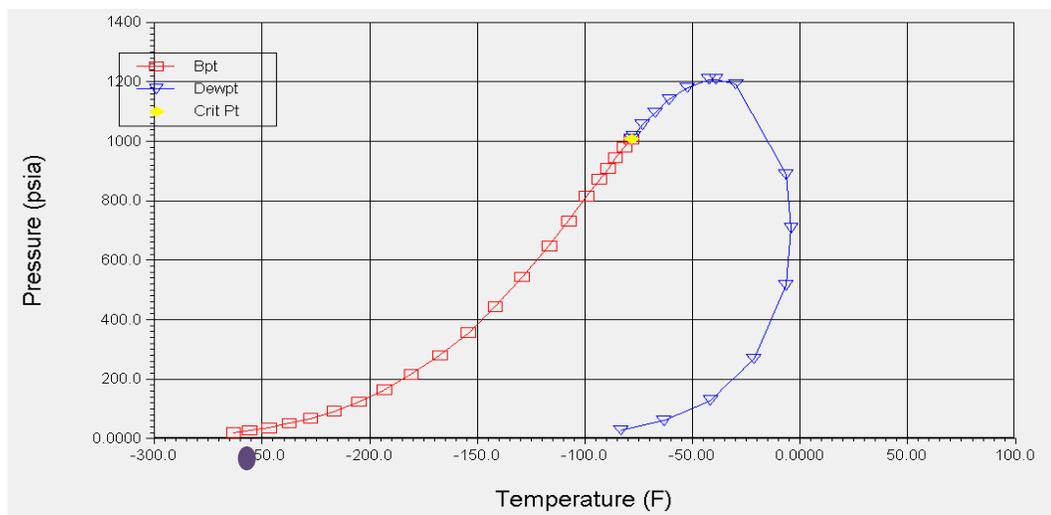
Como cuarta etapa está el almacenamiento del GNL, en tanques refrigerados de contención sencilla y doble; donde esta etapa permite almacenar de forma segura el GNL. En la figura 4.6 se representa la envolvente y el punto donde se encuentra el gas natural licuado, observándose que en esta cuarta etapa se mantiene la fase líquida a las condiciones de licuefacción.

De igual manera se comporta el GNL en su transporte, como se observa en la

figura 4.7, donde los tanques especialmente diseñados aíslan y mantienen la temperatura.

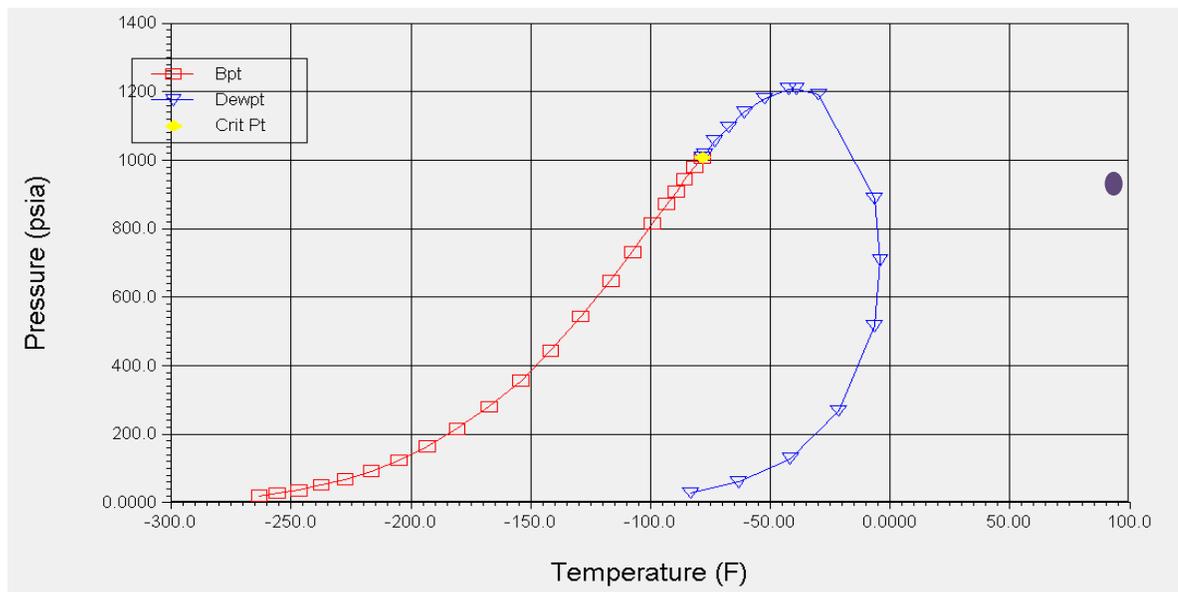


**Figura 4.6 Envoltente de fase del GNL en un tanque de almacenamiento refrigerado.**



**Figura 4.6 Envoltente de fase en el transporte del GNL.**

Por última etapa, se encuentra la regasificación del GNL luego de ser transportado al centro de consumo. En la figura 4.7 se observa que el gas vuelve a sus condiciones iniciales en fase gaseosa para ser distribuido en el mercado para su posterior uso.



**Figura 4.7** Envoltorio de fase en la regasificación del GNL.

Condiciones	Yacimiento	Endulzamiento	Licuefacción	Transporte	Almacena- miento	Regasificación
Temperatura operación (°F)	350	96	-257.8	-257.8	-257.8	96
Presión operación (psia)	3500	990	14.7	14,7	14.7	990
Presión Crítica (°F)	1019	1009				
Temperatura Crítica (psia)	-74.99	-78.26				
Temperatura Criconden- termica (°F)	-4.158	-3.669				
Presión Criconden- barica (psia)	1199	1210				

**Tabla 4.1 Datos arrojados por el simulador HYSYS PLANT 3.2 en la cadena del gas natural licuado GNL.**

## 4.2 Conclusiones

4.2.1. El proceso del gas natural licuado (GNL) tiene como objetivo incrementar la producción de gas para satisfacer la demanda.

4.2.2. Mediante las envolventes de fase se puede determinar el comportamiento

de los hidrocarburos cuando son sometidos a cambios de presión y temperatura.

4.2.3. A través del uso de la envolvente de fase se selecciona el tipo de almacenaje para el gas natural licuado (GNL).

4.2.4. Para el gas natural licuado (GNL) a sus condiciones de almacenamiento se utilizan tanques de contención sencilla y doble, y tanques semi-presurizados.

4.2.5. La selección del tipo de transporte del gas natural licuado (GNL) se realiza mediante estudio de la distancia y de la cantidad de producto a trasladar.

4.2.6. El transporte seleccionado para el manejo del gas natural licuado (GNL) son camiones cisternas, tanqueros y buques de membrana y esfera.

4.2.7. En cuanto al almacenaje de tanques semi-presurizados y refrigerados mantienen las condiciones criogénicas del gas natural licuado (GNL).

4.2.8. El transporte del gas natural licuado en cisternas y buques metaneros tienen la capacidad de mantener las condiciones de presión y temperatura para su traslado.

### **4.3 Recomendaciones**

4.3.1. Tomar en cuenta las normas COVENIN e ISO para los criterios de seguridad para el transporte y almacenaje del gas natural licuado (GNL).

4.3.2. Para el almacenaje y transporte es recomendado tanques que mantengan las condiciones criogénicas del gas licuado.

4.3.3. Se debe tomar en cuenta la distancia para el manejo del gas natural licuado GNL.

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

<b>TITULO</b>	EVALUACIÓN DE LAS FORMAS DE ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DEL GAS NATURAL LICUADO (GNL)
<b>SUBTITULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CDIGO CULAC / E MAIL</b>
Carolina Isabel Bayeh Moreno	<b>CVLAC:</b> 17.010.311 <b>E_MAIL:</b> bayehcarolina@hotmail.com
Daniela Del Valle Suniaga Maluenga	<b>CVLAC:</b> 18.455.244 <b>E_MAIL:</b> dfsuniaga@hotmail.com

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

EVALUACIÓN

FORMAS DE ALMACENAMIENTO

TRANSPORTE

GAS NATURAL LICUADO (GNL)

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

<b>ÁREA</b>	<b>SUBÁREA</b>
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	INGENIERIA QUÍMICA

### **RESUMEN (ABSTRACT):**

En este trabajo investigativo se realiza una descripción del sistema del gas natural licuado (GNL), gas natural compuesto por metano y trazas de componentes más pesados, donde la cadena de procesamiento se estudio desde su extracción del yacimiento; tratamiento que para este caso se requirió de endulzamiento utilizándose el simulador HYSYS 3.2; licuefacción que consiste en llevarlo a una temperatura aproximada de -161 °C; transporte del GNL en buques especializados para su entrega a los mercados; almacenamiento donde se utilizan tanques para mantener las condiciones de temperatura criogénica; regasificación para el cambio de fase a las condiciones iniciales del gas y distribución a los centros de comercialización; para ello se simularon las envolventes de fase en cada una de las etapas antes mencionadas de dicho gas siguiendo las especificaciones de mezclas estándar internacional, evaluando así el tipo de almacenamiento y transporte requeridos para estas condiciones extremas y comparar las diferencias que existen entre ellos.

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

**CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMRES</b>	<b>ROL/CÓDIGO CVLAC/ E_MAIL</b>				
ING. ISVELIA AVENDAÑO	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC	8.024.255			
	E_MAIL	Isvelia2009@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DIA</b>
2010	08	13

**LENGUAJE: SPA**

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

**ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
MONOGRAFÍA. Formas de almacenamiento.doc	Application / msword

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:**

Pre – Grado

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento de Ingeniería Química

**INSTITUCIÓN:**

Universidad de Oriente – Núcleo de Anzoátegui

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

**DERECHOS:**

De acuerdo con el artículo 44 del reglamento de Trabajos de Grado: “Los Trabajos de Grado son exclusiva propiedad de la universidad y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Núcleo respectivo, quien lo participará al consejo universitario”.

Carolina Isabel Bayeh Moreno

**AUTOR**

Daniela Del Valle Suniaga Maluenga

**AUTOR**

Ing. Isvelia Avendaño

**TUTOR**

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADO**