



Universidad Austral de Chile

Escuela Ingeniería Naval

**GAS NATURAL: USO, TRANSPORTE Y DESARROLLO
DE NUEVAS TECNOLOGÍAS**

Tesis para optar al título de:

Ingeniero Naval con Mención

Transporte Marítimo.

Profesor Patrocinante:

Sr. Roberto Casanova Esparza

Oficial Marina Mercante Nacional.

RODRIGO LEONEL AVILA LEIVA

VALDIVIA – CHILE

2009

Esta Tesis ha sido sometida para su aprobación a la Comisión de Tesis, como requisito para obtener el grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería.

La Tesis aprobada, junto con la nota de examen correspondiente, le permite al alumno obtener el título de Ingeniero Naval, mención Transporte Marítimo.

EXAMEN DE TITULO:

Nota de Presentación	(Ponderada) (1)	:
Nota de Examen	(Ponderada) (2)	:
Nota Final de Titulación	(1+2)	:

COMISION EXAMINADORA:

_____	_____
DECANO	FIRMA
_____	_____
EXAMINADOR	FIRMA
_____	_____
EXAMINADOR	FIRMA
_____	_____
EXAMINADOR	FIRMA
_____	_____
SECRETARIO ACADEMICO	FIRMA

Valdivia,.....

Nota de presentación = $NC/NA*0,6 + \text{Nota de tesis}*0,2$

Nota Final = $\text{Nota de Presentación} + \text{Nota Examen}*0,2$

NC = Sumatoria Notas de Currículo, sin Tesis

NA = Número de asignaturas cursadas y aprobadas, incluida práctica profesional.

INDICE

SUMARY

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I: CRISIS DE LA ENERGÍA	1
1.- Panorama Global del Petróleo y Gas Natural	1
1.1.- Petróleo.-	2
1.1.1. – Reserva y Consumo de Petróleo.	3
1.2.- Gas Natural.-	6
1.2.1.- Reserva y Consumo mundial de Gas Natural.-	7
1.3. – ASPO (Association for the Study of Peak Oil and Gas).	11
1.3.1. - Método de Hubbert.	11
2.- Chile y el Gas Natural	17
2.1.- Sistemas Eléctricos en Chile	18
2.2.- Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)	20
2.3.- Sistema Interconectado Central (SIC)	21
2.4.- Crisis Energética Chile – Argentina	23
2.5. – Exportación e Importación Mundial de Gas Natural Licuado	26
CAPITULO II: FÍSICA Y QUÍMICA DE LOS HIDROCARBUROS	29
3. – Generalidades sobre los Hidrocarburos	29
3.1. – Clasificación de Hidrocarburos	30
3.2. – Alcanos – Hidrocarburos Saturados	30
3.3. – Hidrocarburos Insaturados y Aromáticos	32
3.3.1. – Hidrocarburos Insaturados	32
3.3.2. – Hidrocarburos Aromáticos	33
3.4. – Propiedades Físicas de los Hidrocarburos	34
3.4.1. – Viscosidad	34
3.4.2. - Densidad (ρ)	34
3.4.3. - Presión de vapor	35
3.4.4. - Presión de vapor Reid	35
3.4.5. – Inflamabilidad	35
4.- Mezclas de gas y sus propiedades físicas	36
4.1. – Presión de Vapor de Mezcla de Líquidos - Ley de Dalton	37
CAPITULO III: CLASIFICACIÓN DE BUQUES GASEROS	39
5.- Generalidades sobre Buques Tanque	39
5.1.- Buque Tanque Petrolero	39
5.2. - Otros tipos de buques tanque	40
5.2.1. – Buques Tanque Quimiqueros	41
5.2.2. – Buques de carga combinada	41
5.2.3. – Buques Tanque Gaseros	43
6. – Sistemas de contención de carga	47
6.1. – Tanques Independientes	47
6.1.1. – Tanques tipo A	47
6.1.2. – Tanques Tipo B	48
6.1.3. – Tanques Tipo C	49

6.2. – Tanques de Membrana	51
6.2.1.- Tanques de membrana “Gaz Transport”	51
6.2.2. – Tanques de membrana “Technigaz”	52
6.3. – Tanques de Semi-membrana	53
6.4. – Tanques Integrales	53
6.5. – Tanques de Aislamiento Interno	54
7. – Tipos de Buques Gaseros	55
7.1. – Totalmente presurizados/Fully pressurised ships	55
7.2. – Semi-presurizados/semi-pressurised ships	55
7.3. – Totalmente refrigerados/Fully refrigerated ships	56
7.4. – Buques que transportan LNG	56
8. – Materiales de construcción	58
8.1. – Aceros	58
8.2. – Aceros de alta aleación	59
8.3. – Aluminio	60
8.4. – Materiales de Aislación	61
CAPITULO IV: TRANSPORTE DE LNG.....	65
9.- Generalidades sobre los peligros de los gases licuados	65
9.1.- Peligros relacionados con la presión.....	65
9.2.- Asfixia	65
9.3.- Toxicidad	66
9.4.- Peligro de incendio	68
9.5.- Inflamabilidad	68
9.6.- Quemaduras Frías.....	70
9.7.- Tratamiento de Primeros Auxilios	70
9.7.1.- Quemaduras por Frío	71
9.7.2.-Asfixia	71
9.8.- Ficha de Datos de Seguridad (FDS).....	72
9.9.- Precauciones generales a bordo	76
9.9.1.- Fumar	76
9.9.2.- Lámparas portátiles y equipo eléctrico	77
9.9.3.- Equipos que funcionan con baterías.....	77
9.9.4.- Equipo de radio	77
9.9.5.- Equipo de radar.....	78
9.9.6.- Equipo de comunicación satelital	78
9.9.7.- Trabajos en caliente y de soldadura	78
10.- Sistemas de Manejo de carga	81
10.1. – Sistemas de Relicuaación – Ciclos de relicuefacción	81
10.1.1.- Sistema directo con un estado	83
10.1.2. – Sistema directo con dos estados.....	84
10.1.3. – Sistema directo tipo Cascada.....	85
10.1.4. – Sistema Indirecto	87
10.2. – Sistema de carga	89
10.2.1. – Bomba Sumergida	89
10.2.2. – Bombas de pozo profundo (Deep Well)	91
10.2.3.- Bombas de Refuerzo	91
10.3. - Sistema de alivio de presión y protección	92
10.3.1. – Válvulas de carga.....	92
10.3.2. – Válvulas de alivio	95
10.4. – Sistema de Gas Inerte y Nitrógeno.....	96
10.4.1. – Nitrógeno producido a bordo	96
10.4.2. – Nitrógeno puro desde tierra.....	97

10.5. – Sistema de Propulsión	97
10.6. – Sistemas Auxiliares e Instrumentación (requerimientos básicos).....	99
10.6.1. – Sistemas para detección de gas.....	99
10.6.2. – Sistemas para la medición de la carga	99
10.6.3. – Instrumentación (requerimientos básicos).....	101
11.- Instrumentación y Seguridad	103
11.1. – Evaluación de la atmósfera del tanque	104
11.1.1. – Indicadores de oxígeno	104
11.1.2. – Indicadores de gas combustible.....	106
11.1.3. – Monitores de puntos múltiples de gas inflamable	107
11.1.4. – Detectores de toxicidad	108
11.2. – Prevención del fuego y equipos	109
11.2.1. – Prevención de la difusión del fuego.....	110
11.2.2. – Extinción del fuego	111
11.2.3. – Prevención de la contaminación.....	114
11.3. – Protección personal	117
11.3.1. - Aparatos de respiración de aire comprimido	117
11.3.2. – Respiradores de aire fresco.....	118
11.3.3. – Respiradores de filtro tipo bote.....	118
11.3.4. – Ropa protectora	118
12.- Principales Procedimientos en el manejo de la Carga.....	120
12.1. – Secado del sistema de carga y preparación para embarque.....	121
12.2. – Inertización del sistema de carga	121
12.2.1. – Método de Desplazamiento	121
12.2.2. – Método por Dilución.....	123
12.3. – Purgado	125
12.3.1. – Purgado o Gasificación en la mar usando líquido de los tanques de almacenamiento de cubierta	125
12.3.2. – Purgado al costado del muelle.....	126
12.4. – Cool Down o Enfriamiento	126
12.5. – Procedimiento de la preparación para cargar	128
12.5.1. – Carga con línea de retorno de vapores	128
12.5.2. – Carga sin línea de retorno	129
12.6. – Medición de producto en una operación de carga.....	129
12.7. – Viaje con carga	130
12.8. – Descarga del producto.....	131
12.9. – Desgasificación	132
12.9.1. – Liberación del Líquido.....	133
12.9.2. – Calentamiento	133
12.9.3. – Desplazamiento de vapores con gas inerte o nitrógeno.....	133
12.9.4. – Ventilación del sistema de carga con aire.....	134
13.- Legislaciones y Regulaciones.....	135
13.1. – SOLAS 1974	136
13.2. – MARPOL 73/78	139
13.3. – CIG (Código Internacional de Gaseros).....	140
CAPITULO V: NGH (NATURAL GAS HYDRATES).....	142
14. – Hidratos de Metano – NGH (Natural Gas Hydrates)	142
15. – Retos relacionados con los hidratos de gas.....	145
15.1 – Explotación.....	145
15.2. – Estabilidad del fondo marino	147
15.3. – Efecto Invernadero.....	148

16. – Producción de Hidratos de metano	149
17. – Nuevo método para el transporte marítimo de Gas Natural – NGH (Natural Gas Hydrates)	150
18. – Hidratos de metano en Chile	153
CONCLUSIÓN	155
BIBLIOGRAFÍA	157

RESUMEN

La producción de energía eléctrica está directamente vinculada con el consumo de combustibles principalmente de origen fósil, entre ellos se encuentra el petróleo, el carbón y el gas natural; ellos conforman el 89% del consumo total de energía primaria a nivel mundial. Sin embargo, las reservas de estas fuentes energéticas son finitas e incapaces de abastecer la demanda energética durante los próximos 100 años. Este punto promueve la investigación sobre el tiempo que tardará la demanda en superar la oferta, de manera tal que la producción o extracción, tanto de petróleo como de gas natural, sea económicamente no viable. Por ello es necesario comenzar a considerar seriamente las alternativas energéticas existentes, como las Energías Renovables, ya que de ellas dependerá la intensidad con que afectará a la comunidad mundial la extinción de sus principales recursos energéticos primarios. Por esta razón, el trabajo realizado se ha orientado en primera instancia hacia el estudio de las reservas cuantificables de petróleo y gas natural existentes en la Tierra; con el objetivo de analizar el agotamiento de estos recursos considerando su producción y demanda a un nivel mundial.

Una vez realizado el análisis referente a los niveles de producción, demanda y eventual agotamiento del petróleo y gas natural, se crea la incertidumbre sobre las acciones preventivas en materia energética que ha adoptado Chile. El consumo de energías primarias, nacionales, se focaliza en la importación de derivados del crudo, los cuales se utilizan principalmente en los sectores minero, industrial, agrícola, comercial y residencial. En Chile las reservas de petróleo son limitadas y a pesar de los esfuerzos realizados para aumentar la producción, éstas nunca han sido capaces de abastecer la demanda nacional, por esta razón gran parte de los recursos energéticos consumidos provienen desde el exterior. Esto genera la integración de tecnologías alternas para el transporte y almacenaje de combustibles; un ejemplo claro de esto es la construcción de una terminal de recepción de GNL (Gas Natural Licuado o LNG en inglés) en la Bahía de Quintero ubicada en la V región del país, la cual abastecerá al Sistema Interconectado Central (SIC). El transporte de GNL se realizará a través de buques adaptados especialmente para el transporte de gases licuados. Dichos buques cuentan con variados y complejos sistemas de operación, desde donde se desprenden una serie de aspectos técnicos y otros relacionados con la seguridad y conservación del medio ambiente todos ellos propios de una industria en constante progreso e innovación.

Por último, la industria naval internacional en conjunto con múltiples investigaciones científicas han realizado diversos estudios orientados a optimizar el transporte marítimo del gas natural, en estas investigaciones se ha analizado la posibilidad de cambiar el sistema de transporte convencional de gas natural desde GNL ha NGH (Natural Gas Hydrates o Hidratos de Gas Natural) produciendo de masivamente hidratos de manera artificial para minimizar los costos de comercialización del gas natural. De esta manera es posible vincular la industria naval con la incansable búsqueda de nuevas formas de energía.

SUMMARY

The electric energy generation is directly related with fuel consumption, mainly of fossil origin, among them is petroleum coal and natural gas; altogether the consumption of these resources is around 89% of the primary energy consumption in the whole world. However, the reserves of these energy sources are limited, and will be unable to supply the global energy demand during at least the next hundred years. This issue promotes investigation about how much time will take for the demand to surpass the offer, thus making production or extraction of petroleum or natural gas not viable, for this it is necessary to seriously start considering available energetic alternatives, like renewable energies, given their potential to lessen the impact of the extinction of the main energetic resources in the world community. For this reason, the present work is orientated first to the knowledge of the quantitative state of the petroleum and natural gas existing in the world; aimed to analyze the depletion of these resources, considering their production and demand worldwide.

Once made the analysis of the levels of production, demand and depletion of oil and natural gas, creating uncertainty about preventive measures in the energy that has taken Chile. The consumption of primary energies focuses mainly in the importation of crude derivatives, which are used in the mining, industrial, commercial agricultural and residential sectors. In Chile the petroleum reserves are limited and besides the efforts to increase the local production, this petroleum has never been able to fulfill the national demand, because of this reason a big share of the energetic resources consumed in the country are imported from abroad. This reason impulses Chile to start integrating alternative technologies in transport and storage of fuel, a clear example of this fact is the construction of a liquid natural gas (LNG) reception terminal in the Quintero bay, located in V Region, which will mainly supply the Interconnected Central System (SIC). The transportation of LNG will be done through ships specially adapted for the transport of liquefied gases. Such vessels are varied and with complex operating systems, from which emerged a number of technical issues and other security-related and environmental conservation own all of an industry in constant progress and innovation.

Finally, the international naval industry along with many international scientific research has conducted several studies aimed at optimizing the shipping of natural gas, in these studies the possibility of changing the conventional transport system from LNG to NGH (natural gas hydrates) has been analyzed, produce hydrates in a massive way in order to minimize the commercialization costs of natural gas. This makes possible to link the international naval industry with the tireless search for new forms of energy.

INTRODUCCIÓN

Los recursos energéticos representan los medios por los cuales los países del mundo cubren sus necesidades de energía, las principales fuentes energéticas del mundo son el gas natural y el petróleo. Actualmente y desde hace varias décadas el petróleo es una de las fuentes energéticas más utilizadas, la relevancia de este recurso radica en que las reservas existentes son escasas y solo algunos países cuentan con depósitos considerables. Esto lo transforma en un codiciado recurso, cuyo precio puede fluctuar ante cualquier inestabilidad política o económica. Además existen enormes desigualdades en la producción y consumo a nivel mundial.

Hoy por hoy, el mercado mundial del petróleo está dominado por dos grupos de compañías. Por un lado, encontramos a las empresas transnacionales originales de los países consumidores, y por otro, están las empresas estatales pertenecientes a los países productores. Los países del medio oriente cuentan con más de la mitad de las reservas mundiales de petróleo y gas natural, de esta manera los países restantes pierden participación en la regulación de los precios de los combustibles. Por esta razón se creó una de las organizaciones económicas más importantes del mundo y que reúne a casi la mayoría de los países que cuentan con reservas y producen petróleo, ella se denomina **OPEP** o bien “Organización de Países Exportadores de Petróleo”. La OPEP fue fundada durante la Conferencia de Bagdad, en 1960, y en su comienzo solo reunió a cinco países, los que fueron sus fundadores: Irán, Irak, Kuwait, Arabia Saudita y Venezuela.

Sin lugar a dudas, la contingencia ayudó a que se produjeran cambios en la conformación, ya que durante la década de los sesenta, las grandes compañías distribuidoras (transnacionales) controlaron el precio del petróleo, perjudicando a los países de origen con importantes disminuciones en los barriles vendidos. Por ello los gobiernos de algunos de los principales países poseedores de este recurso se agruparon para unificar y coordinar las políticas económicas a seguir, defendiendo sus propios intereses y beneficiando a sus poblaciones. Consecuentemente, a los países fundadores de la OPEP pronto se unieron Qatar en 1961, Indonesia y Libia, en 1962, Emiratos Árabes Unidos, en 1967, y Argelia, en 1969. Más adelante, adhirieron Nigeria en 1971, Ecuador en 1973, Gabón y Angola en 1974. Cabe señalar que en la actualidad la OPEP esta conformada por 12 miembros, ya que Ecuador se retiró en 1992 y Gabón en 1994.

Si bien los planteamientos de la OPEP están orientados a un control más directo de los recursos petroleros de cada país, así como también de su precio de exportación en beneficio del país productor y no de las compañías extranjeras, la organización cuenta con tres principios fundamentales.

- ▲ Coordinar y unificar las políticas petroleras de los países miembros y determinar los medios idóneos para salvaguardar los intereses individuales y colectivos.
- ▲ Buscar las mejores vías y medios para asegurar la estabilidad de los precios en los mercados internacionales, evitando las fluctuaciones perjudiciales e innecesarias.
- ▲ Proveer a las naciones consumidoras un suministro de petróleo eficiente, económico y regular y un retorno justo de capital para las inversiones de la industria petrolera.

La OPEP se ha transformado en una importante organización ya que controla un alto porcentaje de la producción mundial de hidrocarburos, gran parte de estos combustibles fósiles producidos se utilizan principalmente para la generación de energía. Además de la cantidad y volumen de las reservas de hidrocarburos, uno de los factores que determina los precios del petróleo y el gas natural es la distancia que existe entre los productores y consumidores de combustibles hidrocarburos. A pesar de ello, los continuos avances tecnológicos han facilitado considerablemente la producción y el transporte de combustibles fósiles (véase la siguiente fig.).

Producción Anual de Gas natural

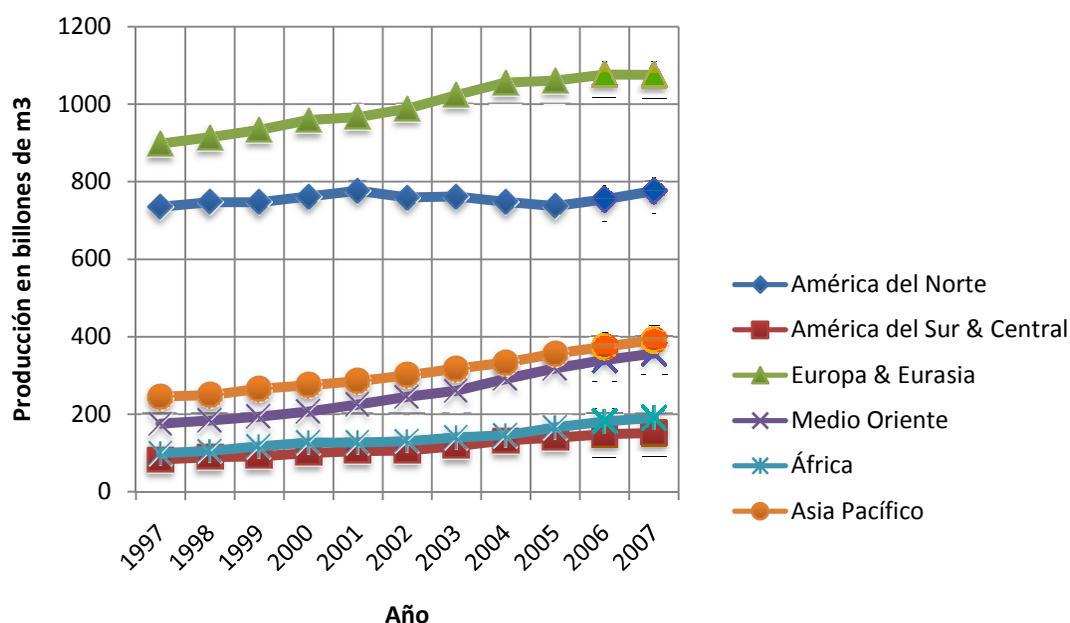


Fig. 1. – Producción anual de gas natural por zona geográfica.

Fuente: “Statistical review of world energy full review june 2008 “.

El Medio Oriente es una de las zonas en donde se concentra la mayor parte de las reservas tanto de petróleo como de gas natural, este último se encuentra en un 40,5% en volumen de yacimientos explotables en dicha zona. No obstante la producción de este recurso se concentra en la zona de Europa & Eurasia en donde la producción de gas natural supero levemente el 35% del total global durante el 2007.

El gas natural ha alcanzado una relevancia a nivel energético similar a la del petróleo, sin embargo; su explotación, producción y transporte requiere niveles tecnológicos superiores a los utilizados en el proceso productivo del crudo. El uso de combustibles gaseosos, para iluminación y fines domésticos, ha sido muy general desde la mitad del siglo XIX. Estos recursos apenas se utilizaban en la industria debido a la abundancia de combustibles sólidos y líquidos, además de la dificultad que presentaba su transporte y almacenamiento. El desarrollo del empleo del gas natural se ha realizado con posterioridad al uso del petróleo. El gas natural que aparecía en casi todos los yacimientos petrolíferos, se quemaba a la salida del pozo como un residuo más. Sin embargo, la disminución progresiva de las reservas de hidrocarburos, ocasiono que los productores de combustibles fósiles encuentren la manera de aumentar la eficiencia de extracción de hidrocarburos desde los mismos yacimientos. Esto llevó a integrar y fomentar el desarrollo de las técnicas de licuefacción de los gases y procedimientos para producir gases licuados o bien para soldar tuberías capaces de resistir altas presiones (para la construcción de gasoductos). De esta forma se optimizaron los recursos recuperables en un yacimiento de hidrocarburos.

Históricamente la licuación del gas natural se remonta al siglo XIX, cuando el químico y físico inglés Michael Faraday experimentó con el licuado de diferentes tipos de gases, incluyendo el gas natural. El ingeniero alemán Kart Von Linde construyó la primera máquina práctica de refrigeración en Munich en 1873, mientras que la primera planta de de GNL fue construida en “West Virginia” en Estados Unidos en el año 1912. La licuefacción del gas natural creó la posibilidad de ampliar el transporte de este combustible hacia lugares remotos por vía marítima.

Particularmente, los gases naturales pueden clasificarse como todos aquellos que se encuentran de forma natural en la tierra, desde los constituyentes del aire hasta las emanaciones gaseosas de los volcanes, sin embargo el término “gas natural” se aplica en sentido estricto a las mezclas de gases combustibles hidrocarburos, que se encuentran en el subsuelo donde en ocasiones, aunque no siempre, se encuentran asociados con petróleo líquido. El principal constituyente del gas natural es el metano, que representa generalmente entre el 75 al 95% del volumen total de la mezcla, por esta razón se suele llamar metano al gas natural. Otros hidrocarburos presentes en la composición del gas natural son el etano, butano y propano, pero siempre en proporciones mucho menores. Los constituyentes distintos a los hidrocarburos suelen ser nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, helio y argón.

El metano en estado natural se encuentra en estado gaseoso y se caracteriza por ser inodoro, incoloro, no tóxico y más liviano que el aire. Además, el metano o gas natural otorga variados usos, que dependen directamente del sector productivo en el cual se utilice.

Tabla 1. – Principales usos del gas natural por sector productivo.

Sector	Combustible que puede sustituir	Aplicación/Proceso
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carbón ▪ Fuel oil ▪ Gas licuado (butano, propano) ▪ Kerosene ▪ Leña 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fundición de metales ▪ Hornos de fusión ▪ Secado ▪ Generación de vapor ▪ Tratamientos térmicos ▪ Temple y recocido de metales ▪ Cámaras de combustión ▪ Producción Petroquímicos ▪ Sistema de calefacción
Generación Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carbón ▪ Fuel Oil 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Centrales térmicas ▪ Cogeneración eléctrica
Comercial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carbón ▪ Gas licuado 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aire acondicionado ▪ Cocción/preparación de alimentos ▪ Agua caliente ▪ Calefacción central
Residencial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gas licuado ▪ Kerosene ▪ Leña 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cocina ▪ Calefacción ▪ Agua caliente ▪ Aire acondicionado
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gasolina ▪ Diesel 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taxis ▪ Buses, entre otros.

El aumento de la demanda energética, en especial de gas natural, supera constantemente la oferta de combustibles. Por tanto el hombre ha buscado la forma de reducir la distancia existente entre estos dos factores (oferta/demanda), de esta manera se ha creado el GNL (Gas Natural Licuado) o LNG (Liquefied Natural Gas), que consiste básicamente en transformar el gas a su estado líquido, para ello es necesario tener en consideración las características físicas y químicas de este hidrocarburo.

El licuado del gas natural se efectúa por dos simples razones, la primera se basa en la constante demanda que existe en países que se encuentran alejados de las reservas de gas natural (como es el caso de Chile) para ellos la importación de este producto es esencial, sin embargo las grandes distancias que los separan de los pozos de extracción de metano impiden la construcción

de gasoductos para el abastecimiento, por lo tanto la solución a este problema geográfico viene dada a través del transporte marítimo de gas natural. La segunda razón se debe a la amplia reducción de volumen que se obtiene al licuar el gas natural, esta se encuentra en un orden de 600 veces; o sea si tenemos 1m³ de metano en estado líquido este equivaldrá a 600m³ de metano en estado gaseoso.

Actualmente, el consumo de hidrocarburos se ha visto afectado por la inestabilidad existente en sus precios. Esta inestabilidad se debe a muchos factores, entre ellos se encuentra el constante agotamiento de las reservas de hidrocarburos. Este agotamiento genera una gran preocupación en la comunidad internacional, ya que nuestra sociedad y modo de vida actuales son posibles gracias al uso intensivo del petróleo y el gas natural.

CONCLUSIÓN

En las próximas décadas, el mundo afrontará dos asuntos energéticos cruciales: la necesidad de contar con más electricidad y disponer de más energía líquida para alimentar los motores de combustión interna. Estas nuevas necesidades surgen a raíz de un crecimiento esperado de la población mundial y de la creciente demanda de energía en los países en desarrollo. El gas natural desempeña un rol importante en lo que respecta a la satisfacción de necesidades, tanto en la generación de electricidad como en el suministro de más combustible para automóviles, aeronaves, camiones, autobuses, trenes y embarcaciones.

Cuando la producción proveniente de campos petroleros convencionales alcance su punto máximo y comience a declinar, el mundo recurrirá al gas natural para satisfacer la demanda de combustible líquido. El gas natural será un favorito seguro porque puede ser utilizado como combustible en forma gaseosa o transformarse en líquido para reemplazar la gasolina, el diesel o el combustible de las aeronaves. Además la combustión del gas natural en cualquiera de las dos formas es menos perjudicial para el medio ambiente que la combustión de los combustibles líquidos refinados a partir del petróleo.

Los suministros de gas natural son suficientes para satisfacer la demanda de las próximas cinco décadas. Según las estadísticas de BP (British Petroleum) el mundo posee, hasta finales del 2007, aproximadamente 177,36 trillones de metros cúbicos en sus reservas comprobadas de gas natural. Medio Oriente alberga el 41% de estas reservas totales de gas, mientras que la zona de Europa & Eurasia poseen cerca del 33,5%, en América del Sur & Central la reservas comprobadas de gas alcanzan solo el 4,4% mundial. En el año 2007, el consumo mundial de gas natural fue de unos 2921,9 billones de metros cúbicos, de los cuales un 27,6% (801 Billones de metros cúbicos o bcm) se utilizaron en la zona de América del Norte, en Europa & Eurasia el consumo llegó a un 39,4% (1155,7 bcm) mientras que en la zona de América del Sur & Central el consumo es de 4,6% (134,5 bcm). De acuerdo al ritmo de consumo actual, se espera que las reservas comprobadas hasta fines del 2007 duren al menos unos 50 años.

La industria del petróleo y el gas ha hecho mucho menos en la exploración de gas natural que en la exploración de petróleo; ya que recién hace menos de 10 años se ha comenzado a buscar gas natural en areniscas gasíferas de baja permeabilidad, vetas de carbón e hidratos de gas. Un vez que la industria se incline con mayor intensidad hacia el gas natural provocará que el volumen conocido de reservas de gas exceda con creces el actual volumen de reservas comprobadas existentes en la actualidad, si esto llegara a ocurrir las reservas de gas serían capaces de aumentar el tiempo de vida de los combustibles fósiles, al menos por varias décadas más. No obstante, para poder llevar al mercado los nuevos suministros de gas, la industria debe perforar muchos más pozos y mejorar sustancialmente la tecnología, el transporte y la infraestructura.

Entre las principales inquietudes respecto al gas natural se encuentran los factores relacionados con las tecnologías de perforación o la determinación geográfica de pozos de gas, sin embargo, la cuestión principal es cómo transportar al mercado los depósitos de gas natural existentes en forma provechosa y a precios accesibles. Esto nos conduce hacia el concepto de “Cadena Integrada del Gas Natural”, que incluye y relaciona todas las tecnologías y negocios requeridos para descubrir, desarrollar, producir, transportar, almacenar, distribuir y utilizar el gas natural. En las décadas futuras, la industria relacionada con la explotación de petróleo y gas natural, deberá incrementar sus capacidades de descubrimiento, desarrollo y producción de gas, concentrándose aún más en el transporte, almacenamiento, distribución y utilización de este recurso para garantizar que el producto llegue al mercado en forma eficaz y económica.

La industria naval ha interpretado un rol muy importante en este desarrollo ya que forma parte de la cadena integrada del gas natural, específicamente en la etapa de transporte del producto. La tecnología relacionada con el transporte de gas natural se ve ampliamente personificada en la construcción y operación de los buques tanque gaseros.

Cuando se transportan gases licuados, sin importar su naturaleza, es necesario tener conocimientos previos relacionados con la química y física de los hidrocarburos. Todos los sistemas de contención, operación y seguridad de una nave se diseñan y construyen de acuerdo a estas propiedades: punto de ebullición, presión de vapor, densidad, viscosidad, ecuación de los gases, inflamabilidad, estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso), leyes de la termodinámica, entalpía (H), entre otros. Tomando en cuenta estos conceptos se facilitan las operaciones de carga, transporte y descarga de un gas licuado, además se mantienen los debidos estándares de seguridad a bordo. Dichos estándares de seguridad y contaminación del medio ambiente por barcos son creados por un organismo denominado OMI (Organización Marítima Internacional). Todos los Buques existentes y en construcción se rigen por los códigos impuestos por la OMI; específicamente la construcción de buques gaseros se encuentra regulada por el Código CIG (Código Internacional de Gaseros) en el se señalan todos los aspectos referentes a la construcción y equipamiento de operación y seguridad de buques que transporten gases licuados. De esta manera la OMI busca regular la construcción de buques orientándola siempre hacia la seguridad de la vida humana y el entorno natural.

El desarrollo de nuevas tecnologías en el transporte de gas natural jugará un rol importante en la crisis energética actual. Las nuevas formas de transporte de gas, como los hidratos de metano tendrán la oportunidad de revolucionar el mercado del transporte de este combustible. Por esta razón, Chile ha abierto sus puertas al GNL y esperemos que en un futuro no muy lejano se realicen proyectos para la recepción de NGH.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ BP – British Petroleum. (2008). *“Statistical Review of World Energy June 2008”*.
- ❖ Pat L. Mangonon, Ph. D. (2001). *“Ciencia de los Materiales – Selección y Diseño”*. Melbourne, Florida.
- ❖ Michelle Michot Foss, Ph. D. (2003). *“Descripción general del gas natural licuado (GNL), Propiedades, industria y aspectos de seguridad”*. Energy Economics Research at the Bureau of Economic Geology. Sugar Land, Texas.
- ❖ SIGTTO, Society of International Gas Tanker & Terminal Operators Ltd (2003). *“Safe Havens for Disabled Gas Carriers”*. London, UK.
- ❖ Mariana Ballenilla Samper, (2007). *“Biocombustibles: Mito o Realidad”*. Universidad Miguel Hernández de Elche, España.
- ❖ Juan Manuel García Camús, José Ángel García Laborda - Universidad Rey Juan Carlos del Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía (CITME) España. (2006). *“Biocarburantes Líquidos: Biodiésel y Bioetanol”*. Madrid.
- ❖ Centro de Despacho Económico de Carga/Sistema Interconectado Central (CDEC – SIC). (2007). *“Estadísticas de Operación 1997 / 2006”*. Chile.
- ❖ Centro de Despacho Económico de Carga/Sistema Interconectado del Norte Grande (CDEC – SING). (2007). *“Estadísticas de Operación 1998 / 2007”*. Chile.
- ❖ Comisión Nacional de Energía CNE en conjunto con Universidad de Magallanes, Chile. (2005). *“Mejoría del Conocimiento y Administración de la Información Eólica en Chile – Segunda Etapa”*. Punta Arenas, Chile.
- ❖ Humboldt Marine Training. (2008). *“Familiarización con Buques Tanque – Modelo OMI 1.01”*. Valparaíso, Chile.
- ❖ Humboldt Marine Training. (2008). *“Formación Avanzada en Buques Tanque para Transporte de Gas Licuado – Modelo OMI 1.06”*. Valparaíso, Chile.
- ❖ IMO. *“ICS Tanker Safety Guide (Liquefied Gas), Apéndice 2”*.

- ❖ Carson, Phillip y Clive J. Mumford. (2002). “*Hazardous Chemicals Handbook (2nd ed.)*”. Oxford, UK.
- ❖ McGuire and White. (2000). “**Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals**”. London, UK.
- ❖ www.enap.cl
- ❖ www.bg-group.com
- ❖ www.bp.com
- ❖ www.iea.org
- ❖ www.biodiesel.com.ar
- ❖ www.biocombustibles.cl
- ❖ www.cne.cl
- ❖ www.iga.igg.cnr.it
- ❖ www.uk.nystedhavmoellepark.dk
- ❖ www.windpower.org

CONCLUSIÓN

En las próximas décadas, el mundo afrontará dos asuntos energéticos cruciales: la necesidad de contar con más electricidad y disponer de más energía líquida para alimentar los motores de combustión interna. Estas nuevas necesidades surgen a raíz de un crecimiento esperado de la población mundial y de la creciente demanda de energía en los países en desarrollo. El gas natural desempeña un rol importante en lo que respecta a la satisfacción de necesidades, tanto en la generación de electricidad como en el suministro de más combustible para automóviles, aeronaves, camiones, autobuses, trenes y embarcaciones.

Cuando la producción proveniente de campos petroleros convencionales alcance su punto máximo y comience a declinar, el mundo recurrirá al gas natural para satisfacer la demanda de combustible líquido. El gas natural será un favorito seguro porque puede ser utilizado como combustible en forma gaseosa o transformarse en líquido para reemplazar la gasolina, el diesel o el combustible de las aeronaves. Además la combustión del gas natural en cualquiera de las dos formas es menos perjudicial para el medio ambiente que la combustión de los combustibles líquidos refinados a partir del petróleo.

Los suministros de gas natural son suficientes para satisfacer la demanda de las próximas cinco décadas. Según las estadísticas de BP (British Petroleum) el mundo posee, hasta finales del 2007, aproximadamente 177,36 trillones de metros cúbicos en sus reservas comprobadas de gas natural. Medio Oriente alberga el 41% de estas reservas totales de gas, mientras que la zona de Europa & Eurasia poseen cerca del 33,5%, en América del Sur & Central la reservas comprobadas de gas alcanzan solo el 4,4% mundial. En el año 2007, el consumo mundial de gas natural fue de unos 2921,9 billones de metros cúbicos, de los cuales un 27,6% (801 Billones de metros cúbicos o bcm) se utilizaron en la zona de América del Norte, en Europa & Eurasia el consumo llegó a un 39,4% (1155,7 bcm) mientras que en la zona de América del Sur & Central el consumo es de 4,6% (134,5 bcm). De acuerdo al ritmo de consumo actual, se espera que las reservas comprobadas hasta fines del 2007 duren al menos unos 50 años.

La industria del petróleo y el gas ha hecho mucho menos en la exploración de gas natural que en la exploración de petróleo; ya que recién hace menos de 10 años se ha comenzado a buscar gas natural en areniscas gasíferas de baja permeabilidad, vetas de carbón e hidratos de gas. Un vez que la industria se incline con mayor intensidad hacia el gas natural provocará que el volumen conocido de reservas de gas exceda con creces el actual volumen de reservas comprobadas existentes en la actualidad, si esto llegara a ocurrir las reservas de gas serían capaces de aumentar el tiempo de vida de los combustibles fósiles, al menos por varias décadas más. No obstante, para poder llevar al mercado los nuevos suministros de gas, la industria debe perforar muchos más pozos y mejorar sustancialmente la tecnología, el transporte y la infraestructura.

Entre las principales inquietudes respecto al gas natural se encuentran los factores relacionados con las tecnologías de perforación o la determinación geográfica de pozos de gas, sin embargo, la cuestión principal es cómo transportar al mercado los depósitos de gas natural existentes en forma provechosa y a precios accesibles. Esto nos conduce hacia el concepto de “Cadena Integrada del Gas Natural”, que incluye y relaciona todas las tecnologías y negocios requeridos para descubrir, desarrollar, producir, transportar, almacenar, distribuir y utilizar el gas natural. En las décadas futuras, la industria relacionada con la explotación de petróleo y gas natural, deberá incrementar sus capacidades de descubrimiento, desarrollo y producción de gas, concentrándose aún más en el transporte, almacenamiento, distribución y utilización de este recurso para garantizar que el producto llegue al mercado en forma eficaz y económica.

La industria naval ha interpretado un rol muy importante en este desarrollo ya que forma parte de la cadena integrada del gas natural, específicamente en la etapa de transporte del producto. La tecnología relacionada con el transporte de gas natural se ve ampliamente personificada en la construcción y operación de los buques tanque gaseros.

Cuando se transportan gases licuados, sin importar su naturaleza, es necesario tener conocimientos previos relacionados con la química y física de los hidrocarburos. Todos los sistemas de contención, operación y seguridad de una nave se diseñan y construyen de acuerdo a estas propiedades: punto de ebullición, presión de vapor, densidad, viscosidad, ecuación de los gases, inflamabilidad, estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso), leyes de la termodinámica, entalpía (H), entre otros. Tomando en cuenta estos conceptos se facilitan las operaciones de carga, transporte y descarga de un gas licuado, además se mantienen los debidos estándares de seguridad a bordo. Dichos estándares de seguridad y contaminación del medio ambiente por barcos son creados por un organismo denominado OMI (Organización Marítima Internacional). Todos los Buques existentes y en construcción se rigen por los códigos impuestos por la OMI; específicamente la construcción de buques gaseros se encuentra regulada por el Código CIG (Código Internacional de Gaseros) en el se señalan todos los aspectos referentes a la construcción y equipamiento de operación y seguridad de buques que transporten gases licuados. De esta manera la OMI busca regular la construcción de buques orientándola siempre hacia la seguridad de la vida humana y el entorno natural.

El desarrollo de nuevas tecnologías en el transporte de gas natural jugará un rol importante en la crisis energética actual. Las nuevas formas de transporte de gas, como los hidratos de metano tendrán la oportunidad de revolucionar el mercado del transporte de este combustible. Por esta razón, Chile ha abierto sus puertas al GNL y esperemos que en un futuro no muy lejano se realicen proyectos para la recepción de NGH.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ BP – British Petroleum. (2008). “*Statistical Review of World Energy June 2008*”.
- ❖ Pat L. Mangonon, Ph. D. (2001). “*Ciencia de los Materiales – Selección y Diseño*”. Melbourne, Florida.
- ❖ Michelle Michot Foss, Ph. D. (2003). “*Descripción general del gas natural licuado (GNL), Propiedades, industria y aspectos de seguridad*”. Energy Economics Research at the Bureau of Economic Geology. Sugar Land, Texas.
- ❖ SIGTTO, Society of International Gas Tanker & Terminal Operators Ltd (2003). “*Safe Havens for Disabled Gas Carriers*”. London, UK.
- ❖ Mariana Ballenilla Samper, (2007). “*Biocombustibles: Mito o Realidad*”. Universidad Miguel Hernández de Elche, España.
- ❖ Juan Manuel García Camús, José Ángel García Laborda - Universidad Rey Juan Carlos del Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía (CITME) España. (2006). “*Biocarburantes Líquidos: Biodiésel y Bioetanol*”. Madrid.
- ❖ Centro de Despacho Económico de Carga/Sistema Interconectado Central (CDEC – SIC). (2007). “*Estadísticas de Operación 1997 / 2006*”. Chile.
- ❖ Centro de Despacho Económico de Carga/Sistema Interconectado del Norte Grande (CDEC – SING). (2007). “*Estadísticas de Operación 1998 / 2007*”. Chile.
- ❖ Comisión Nacional de Energía CNE en conjunto con Universidad de Magallanes, Chile. (2005). “*Mejoría del Conocimiento y Administración de la Información Eólica en Chile – Segunda Etapa*”. Punta Arenas, Chile.
- ❖ Humboldt Marine Training. (2008). “*Familiarización con Buques Tanque – Modelo OMI 1.01*”. Valparaíso, Chile.
- ❖ Humboldt Marine Training. (2008). “*Formación Avanzada en Buques Tanque para Transporte de Gas Licuado – Modelo OMI 1.06*”. Valparaíso, Chile.
- ❖ IMO. “*ICS Tanker Safety Guide (Liquefied Gas), Apéndice 2*”.

- ❖ Carson, Phillip y Clive J. Mumford. (2002). “*Hazardous Chemicals Handbook (2nd ed.)*”. Oxford, UK.
- ❖ McGuire and White. (2000). “**Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals**”. London, UK.
- ❖ www.enap.cl
- ❖ www.bg-group.com
- ❖ www.bp.com
- ❖ www.iea.org
- ❖ www.biodiesel.com.ar
- ❖ www.biocombustibles.cl
- ❖ www.cne.cl
- ❖ www.iga.igg.cnr.it
- ❖ www.uk.nystedhavmoellepark.dk
- ❖ www.windpower.org