

20
71



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ACATLAN

APLICACION DE LA TEORIA DE JUEGOS EN LA
SUSTITUCION DE COMBUSTIBLES PARA EL
SECTOR DOMESTICO EN EL NORTE DEL PAIS.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
A C T U A R I O
P R E S E N T A
CLAUDIA QUEVEDO BARRERA

ASESOR: MAT. HECTOR ARGUELLES TEJEDA



SANTA CRUZ ACATLAN, ESTADO DE MEXICO.

1997.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por concederme vida y salud

A la ENEP - ACATLÁN y maestros de la misma por la enseñanza recibida en sus aulas

A mis compañeros por los grandes momentos que compartimos

Al Instituto Mexicano del Petróleo por la oportunidad de desarrollar este trabajo y las facilidades que me brindó a través de:

La Lic. Verónica Villalón quien fue el pilar en la elaboración de esta tesis. Gracias por darme su confianza, tiempo y sobre todo por apoyar a las nuevas generaciones.

El Lic. Julio César Aguilar quien mostró confianza en mi trabajo, apoyo desinteresado y sincero. Gracias por que sin su colaboración no hubiese sido posible finalizar este trabajo.

Los Ingenieros Samuel y Miguel quienes me brindaron su apoyo técnico.

Los integrantes del Departamento de Evaluación de Proyectos en especial al Ing. Gerardo de la Fuente.

Al Mat. Héctor Arguëlles quien asesoró mi trabajo con sus amplios conocimientos en la Teoría de Juegos. Gracias por su disponibilidad y apoyo.

Al Ing. Miguel Angel Alcalá, Al Fis Mat. Jorge Luis Madariaga a las Actuarías Beatriz Escobedo e Isabel Rodríguez quienes hicieron algunas apreciaciones a este material.

A todas las personas que colaboraron conmigo en la realización de este trabajo. Mil gracias.

DEDICATORIAS

A mi madre por sus años de dedicación en mi educación y formación, por su compañerismo durante tantos años y esfuerzo por ser de mi lo que soy.

A mi padre por el procurar mi educación y bienestar, por la confianza y respeto que siempre ha tenido ante mis decisiones.

A la memoria de mi abuelita Ana y Mi tío Maximino

A mis hermanos Moises, Leticia, Alejandro, Salvador, Alejandra, Reyna y Javier por compartir siempre mis ilusiones, por las palabras de aliento en los momentos difíciles, por el apoyo y disposición que siempre han demostrado, y por el placer de compartir bellos momentos.

A Mariel y al bebé por la alegría de su nacimiento y la felicidad de poder compartir sus primeros meses de vida.

A Javier por la comprensión, la paciencia y por contagiarme en su afán por apreciar las cosas especiales que se nos han brindado en esta vida, por el cariño y el apoyo con el que siempre ha estado conmigo.

A mis Tíos y primos por que los grandes detalles no se olvidan.

A la familia Ruíz por los buenos momentos.

CONTENIDO

Introducción

| | |
|---|-----------|
| Capítulo 1.- Gas Natural y Gas Licuado en México | 1 |
| 1.1 Aspectos generales del Gas Natural y Gas Licuado | 1 |
| 1.1.1 Definiciones | 1 |
| 1.1.2. Producción | 2 |
| 1.1.3. Utilización | 5 |
| 1.1.4 Contaminación | 7 |
| 1.1.5 Seguridad | 7 |
| 1.2 Pemex en la obtención y distribución del Gas | 8 |
| 1.2.1 Organización actual de Pemex Gas y Petroquímica Básica | 8 |
| 1.2.2 Almacenamiento, Transporte y Distribución | 8 |
| 1.2.3 Comercialización y Precios | 11 |
| Capítulo 2. - Participación de la Iniciativa Privada en el mercado de Gas Natural. | 15 |
| 2.1 Pemex Gas y Petroquímica Básica en el mercado del Gas Natural | 16 |
| 2.2 Comisión Reguladora de Energía | 18 |
| 2.3 Establecimiento de Zonas Geográficas | 20 |
| 2.4 Cambios Esperados en la demanda de Gas Natural y Gas Licuado | 25 |
| Capítulo 3. - Sustitución de Gas Licuado por Gas Natural | 28 |
| 3.1 Metodología aplicada | 28 |
| 3.2 Definición del juego | 32 |
| 3.2.1 Bases | 33 |
| 3.2.2 Supuestos | 34 |
| 3.3 Establecimiento de estrategias | 35 |
| 3.3.1 Definición de Estrategias y su costo | 35 |
| 3.4 Ejecución del juego | 42 |
| 3.5 Solución del juego | 44 |
| 3.6 Interpretación de Resultados | 45 |

| | |
|--|-----------|
| Conclusiones | 46 |
| Anexo I.- Proyección de la demanda de Gas Licuado para 1998 en la región estudiada | |
| Anexo II.- Determinación del volumen de producto nacional e importado que maneja la terminal de Reynosa | |
| Anexo III.- Determinación del porcentaje de producto nacional e importado que consume la Región Estudiada | |
| Anexo IV.- Proyección de Precios de Gas Natural | |
| Anexo V.- Conversión de Unidades de Gas Licuado a Unidades de Gas Natural | |
| Bibliografía | 61 |

INTRODUCCIÓN

Petróleos Mexicanos, a través de su subsidiaria Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) se ha encargado de manejar las tareas referentes al procesamiento, transporte, distribución y comercialización de Gas Natural y Licuado entre otros productos, desarrollándose así en un mercado monopolístico. Sin embargo, algunas de estas actividades le serán exclusivas hasta 1998., ya que en el mes de Mayo de 1995 fue autorizada la participación de la iniciativa privada (nacional y extranjera) en el transporte, almacenamiento y distribución del Gas Natural en México, lo cual les permitirá por un lado obtener permisos para la construcción de redes de distribución dentro del territorio nacional, y por otra parte el libre acceso al sistema de gasoductos de PGPB.

Existen diversos factores que intervinieron en este fenómeno, por un lado la modificación al art. 27 constitucional en el ramo del petróleo, que manifiesta que el sector privado puede construir, operar y mantener en propiedad sistemas de transporte, almacenamiento y distribución del Gas Natural.

Por otra parte, el tratado de Libre Comercio con América del Norte, el cual contiene señalamientos precisos sobre la apertura comercial en materia de energéticos, (como el Gas Natural y el Gas Licuado, entre otros) y es regulada por la Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras; organismo derivado de la Ley de Inversiones Extranjeras.

Y finalmente, los cambios que se dieron en el mercado nacional del Gas Natural, entre los cuales figura la sustitución de combustóleo por Gas Natural en el sector industrial, y la sustitución de Gas Licuado por Gas Natural en el sector doméstico; estas modificaciones responden entre otras cosas a la necesidad de reducir los índices de contaminación amparadas por la Ley General de Equilibrio Ecológico y las Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental.

Los cambios que se efectuarán en el mercado nacional de Gas Natural comenzarán a operar en el norte del país, donde existen lugares que demandan la utilización del Gas Natural para la industria así como en los hogares, por lo que la demanda de Gas Natural se incrementará para 1998. Para entonces, PGPB tendrá que operar en un mercado competido y deberá analizar sus posibles opciones en materia de comercialización y elegir la que le proporcione mayores beneficios.

En este documento, se analizará la sustitución de Gas Licuado por Gas Natural en el sector doméstico basándose en estrategias de comercialización que se destinan para cada producto. Tal situación se abordará de la siguiente manera:

En el Capítulo 1 se encuentran los aspectos generales del Gas Natural y Licuado; teniendo en cuenta que a pesar de que ambos productos sean utilizados como combustibles, éstos presentan diferencias en su producción, obtención, utilización, infraestructura, logística de distribución, actividades de comercio con el exterior, etc.; aspectos que son necesarios conocer para comprender el criterio que se utilizó para la determinación de estrategias.

Por otro lado, es importante mencionar la nueva reglamentación en la distribución, transporte y comercialización de Gas Natural, así como conocer los lugares de la República Mexicana donde se propone la sustitución de Gas Licuado por Gas Natural en el sector doméstico, y por último señalar los cambios que se esperan en la demanda de ambos productos; esta información se abarca en el Capítulo 2.

En el Capítulo 3, se aplica la Teoría de Juegos por medio de la cual se evaluará la sustitución de Gas Licuado por Gas Natural en el Norte del país, por lo que se definen, por un lado los oponentes del juego y por otro las estrategias que cada oponente puede tomar para competir por su mercado; estas estrategias se basan en las diferentes opciones de comercialización que cada jugador adopte; **el costo de cada estrategia se define en función de los ingresos que le genere a cada contrincante el utilizar sus alternativas**; así mismo, se definen las bases y supuestos bajo los cuales se procede a efectuar el juego. Finalmente se mencionan los resultados del juego y se presentan las conclusiones a que llevó la realización de este trabajo.

CAPÍTULO I. - GAS NATURAL Y GAS LICUADO EN MÉXICO

1.1 - Aspectos generales de Gas Natural y licuado

El Gas Natural y el Gas Licuado (LPG) son dos de los principales productos que se utilizan fundamentalmente como combustibles a nivel nacional. Sus características físicas y químicas originan que entre ellos existan diferencias que se observan en algunos aspectos como son: la producción, transportación y distribución de cada combustible.

1.1.1 Definiciones

Gas Natural

El Gas Natural, es un energético primario. Se compone predominantemente de una mezcla de hidrocarburos¹ gaseosos que se encuentran en las rocas de la corteza terrestre, a menudo a grandes profundidades. La composición del Gas Natural varía mucho de un yacimiento a otro, pero el componente principal siempre es metano. En ocasiones contiene algunos componentes (etano, propano, butano, pentano, nitrógeno, anhídrido carbónico, ácido sulfúrico, helio) en diferentes proporciones que se utilizan para obtener otros productos como son: líquidos del gas².

Gas Licuado

El Gas Licuado es una mezcla de Butano y Propano, simplemente conocida como Gas en el medio doméstico. Es el principal combustible derivado del petróleo que utilizan los hogares mexicanos y se conoce como Gas L.P. Las mezclas Propano-Butano licuadas por presión son líquidos

¹ Los hidrocarburos son sustancias derivadas del petróleo ya sean líquidos o gaseosos y sus principales elementos son carbono e hidrógeno.

² Los líquidos del gas se utilizan para producir el Gas Licuado.

4transparentes como el agua pero mas ligeros que ésta, la densidad del Gas LP, en estado liquido es aproximadamente 0.530, esto quiere decir, que si un litro de agua pesa 1000 gramos, un litro de Gas LP pesa 530 gramos. En México, las mezclas 70-30 % propano-butano se pueden utilizar prácticamente en todo el país.

1.1.2 Producción

Gas Natural

En la República Mexicana los yacimientos de Gas Natural y/o petróleo se agrupan en campos y éstos en distritos, los cuales integran tres regiones de producción. La región norte se compone de cuatro distritos que son: Reynosa, Altamira, Poza Rica y Veracruz, dos se ubican en el estado de Tamaulipas, y los dos restantes en el norte de Veracruz. Por su parte, la región sur agrupa cinco distritos, los cuales son: Agua Dulce, Comacalco, Cárdenas, Reforma y Ocosingo; tres de ellos se localizan en el estado de Tabasco, uno en el estado de Chiapas y el otro en Veracruz; finalmente, la región marina integra dos distritos: Cd. Del Carmen y Dos Bocas, los cuales se localizan en el Golfo de México, (plataformas marinas) y colindan con los estado de Tabasco y la parte sur de Veracruz. En la Fig. 1.1 se muestran dichas regiones.

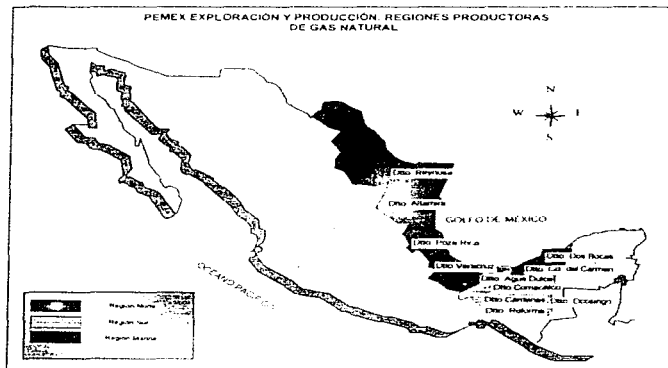


Fig. 1.1

La mayor parte de la producción de gas que se obtiene de las regiones sur y marina es *Gas Natural asociado*, que debe ser procesado en plantas, debido a que este fluye en conjunto con el crudo y algunos otros componentes que se utilizan para obtener otros productos. Existe otro tipo de Gas Natural conocido como *Gas Natural no asociado* que principalmente se produce en la región norte; éste fluye con componentes como: agua y ácido sulfúrico los cuales simplemente deben ser extraídos porque dañan la tubería; único medio de transporte de Gas Natural.

La región que mas coadyuva en la producción de Gas Natural es la región sur. En 1996 la producción total fue de 43,358 millones de metros cúbicos, de los cuales el 15% se obtuvo de la región norte, el 37% de la región marina y la sur obtuvo el 47% del volumen total.

El Gas Natural que se inyecta a ductos proviene principalmente de plantas procesadoras; PGPB cuenta con ocho centros de procesamiento de gas, localizados en Reynosa, Poza Rica, Matapionche, Pajaritos, La Venta, Cactus, Cd. Pemex y Nuevo Pemex; estas plantas son las encargadas de recuperar los hidrocarburos y eliminar sus impurezas. Los centros que mas contribuyen al procesamiento de Gas Natural son: Cactus, Cd. Pemex, Nuevo Pemex, y la Venta; con el 88% de la producción de *gas seco*³ por lo que la mayor parte de la producción se concentra en el sureste de la República Mexicana. En la Fig. 1.2 se localizan los centros de procesamiento de Gas Natural.

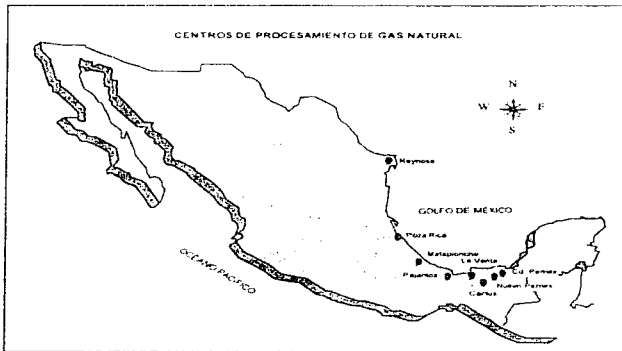


Fig. 1.2

³ Gas seco: Es un Gas Natural con el mínimo contenido de agua o ausencia de la misma.

Gas Licuado

El Gas LP se puede obtener de tres fuentes primarias diferentes las cuales se explican a continuación.

- i) *A partir de Gas Natural y sus condensados.* Ambos constituyen la fuente principal para la obtención del Gas LP y se obtiene en los centros de procesamiento.
- ii) *A partir de la refinación del crudo.*- Se obtiene de los diferentes procesos a que se somete el petróleo en las Refinerías.
- iii) *De procesos petroquímicos.*- Se produce durante la elaboración de diferentes productos de la petroquímica que se realizan en los centros petroquímicos.

En el país, existen 18 plantas dedicadas a la producción de Gas Licuado, a saber son: siete plantas de gas, siete refinerías y cuatro centros petroquímicos, entre los que se encuentran: Cactus, Matapionche, Nuevo Pemex, Poza Rica, (plantas de gas) La Cangrejera, Morelos, Reynosa (plantas de gas y centros petroquímicos) Cadereyta, Madero, Minatitlán, Salamanca, Salina Cruz, San Martín Texmelucan, Tula (refinerías) y Pajaritos (centro petroquímico). En la Fig. 1.3 se muestra la ubicación de dichos centros.



Fig. 1.3

En 1996 la producción fue de 9.226 millones de kilogramos en promedio; las plantas de gas son las que mas coadyuvan en la producción de Gas Licuado con el 63%; Cactus, Nuevo Pemex, La Cangrejera y Morelos son las cuatro plantas de gas que registran más producción de Gas Licuado.

1.1.3 Utilización

Gas Natural

Petróleos Mexicanos utiliza el Gas Natural de varias formas dentro de sus instalaciones y las identifica de la siguiente manera (Ver Fig. 1.4):

Consumo interno antes de ductos.- Es el Gas Natural no asociado que Petróleos Mexicanos consume en los campos de explotación de producción primaria.

En los yacimientos de gas y/o petróleo, el Gas Natural es utilizado por la subsidiaria correspondiente⁴ de Pemex, para mantener la presión de los pozos y recuperar la mayor cantidad posible de crudo.

Consumo interno después de plantas.- Es el Gas Natural seco utilizado en plantas e instalaciones de Petróleos Mexicanos, como combustible o como materia prima petroquímica.

La mayor parte del volumen de Gas Natural que se obtienen al enviar el Gas Natural directo de pozos a las plantas encargadas de su tratamiento⁵ es utilizado por empresas subsidiarias de Petróleos Mexicanos como combustible para el funcionamiento de sus equipos, y como materia prima para la elaboración de otros productos.

El resto del Gas Natural se destina a las ventas en el interior que se definen como:

Ventas interiores.- Ventas del Gas Natural seco que PEMEX factura a empresas distribuidoras, industrias en el territorio nacional; o que se efectúa directamente a clientes nacionales para uso final o intermedio.

⁴ Pemex Exploración y Producción (PEP)

⁵ Durante el tratamiento de Gas Natural en las plantas procesadoras (plantas endulzadoras y criogénicas), el Gas Natural es objeto de un encogimiento de tal forma que el volumen de gas seco disponible para ventas interiores y autoconsumo se ve reducido.

UTILIZACIÓN DEL GAS NATURAL

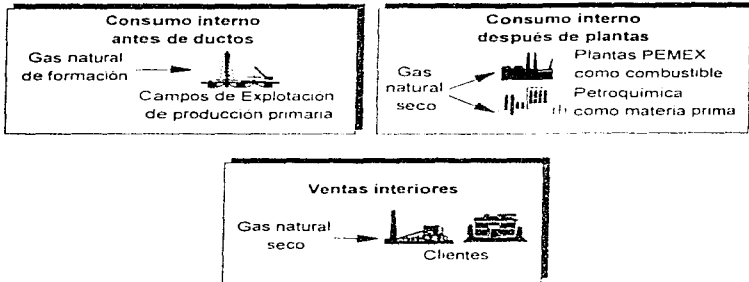


Fig. 1.4

En 1996 las ventas internas fueron de 168,781 millones de metros cúbicos, de los cuales el sector eléctrico ocupó el 32%, el sector industrial el 62% y el doméstico el 6%.

En los estados del norte del país como son: Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas se concentra el 47% del volumen dedicado a ventas internas que en 1996 ascendieron a 7,896 millones de metros cúbicos.

Gas Licuado

Los componentes del Gas LP juegan un papel muy importante como materia prima para la fabricación de gran variedad de productos químicos. Como combustible, el propano, butano y sus mezclas son ampliamente usadas en el sector doméstico de la República Mexicana; se utilizan en menor proporción en máquinas de combustión interna del sector transporte*. En este aspecto, es importante resaltar que por sus características naturales antidetonantes, el Gas Licuado ofrece grandes ventajas como sustituto de la gasolina lo que ayudaría a combatir la contaminación ambiental.

Dentro del sector industrial se tienen diversas aplicaciones; como fuente de calentamiento en la industria del vidrio, procesamiento de alimentos y bebidas, en la agricultura, generación de electricidad y otros. En México por ser un país en vías de desarrollo no se dan muchas de ellas.

* Conocido como sector "Carburación"

Del volumen de Gas Licuado dedicado a las ventas internas, la mayor parte se destina al sector doméstico, de esta manera se tiene que para 1996 el 98% es dedicado al consumo por parte de los hogares mexicanos y el resto al sector "carburación".

En 1996 el volumen de ventas internas fue de 8,304 millones de kilogramos; de cuales el 23% se enviaron a las terminales localizadas en Baja California Norte, Sonora, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas y Sinaloa.

1.1.4 Contaminación

Gas Natural y Gas Licuado

Durante la obtención y producción de ambos combustibles, se obtienen algunos componentes que por sus propiedades químicas no tienen ninguna aplicación y mas aún causan daños al ambiente; cuando el Gas Natural se extrae de los pozos, éste fluye en conjunto con otros hidrocarburos que contienen impurezas, como son: nitrógeno, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y vapor de agua; mientras que durante la producción de Gas Licuado se obtiene contaminación por azufre.

Otro aspecto importante que se debe considerar en materia ambiental, es la emisión de contaminantes que emanan estos productos durante su combustión. Existen dos tipos: la combustión completa que se obtiene cuando los combustibles se queman con la cantidad exacta de oxígeno y que produce bióxido de carbono, y la combustión incompleta que se obtiene cuando los combustibles se queman sin tener el suficiente oxígeno y en la cual se produce monóxido de carbono. La emisión de monóxido de carbono representa severos daños al medio ambiente y por ende a la salud aún más que la emisión de bióxido de carbono. Si se desea que ambos productos tengan una combustión completa, entonces, un pie cúbico de Gas Licuado emitirá aproximadamente tres veces más bióxido de carbono que un pie cúbico de Gas Natural⁷.

1.1.5 Seguridad

Gas Natural y licuado

El Gas Licuado es mas denso que el Gas Natural, esto implica que en caso de existir fuga, la dispersión de Gas Natural es inmediata; por lo tanto el riesgo de ignición es menor y aún cuando no es venenoso por si mismo las fugas en espacios cerrados son peligrosas, debido a que desplazan el oxígeno y las mezclas de Gas Natural y aire son explosivas. La seguridad de su distribución depende del buen mantenimiento que tengan las redes instaladas para este fin.

Mientras que el Gas Licuado se abastece por medio de cilindros al consumidor final, el Gas Natural se suministra únicamente a través de tuberías, esto hace que su consumo sea exclusivo en algunas regiones de la República Mexicana; por lo que es imprescindible que se tomen en cuenta ciertas

⁷ Fuente: Tendencias de las Tecnologías Energéticas, Tomo 6, Ed. McGraw-Hill, México DF., 1989

consideraciones de los lugares donde se desean instalar estos sistemas de distribución, entre ellas quizá la mas importante sea la frecuencia de sismos.

1.2.- Pemex en la obtención y distribución del gas

1.2.1 Organización actual de Pemex Gas y Petroquímica Básica

Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) es una empresa propiedad del Gobierno Federal, es una de las cuatro empresas subsidiarias que integran el conglomerado de Petróleos Mexicanos. Las funciones principales que desarrolla, son: "el procesamiento de Gas Natural, líquidos del Gas Natural: almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de estos hidrocarburos, así como de derivados que sean susceptibles de servir como materias primas industriales básicas"⁸.

La estructura organizacional actual de PGPB se compone de tres unidades de negocios que son; las Subdirecciones de Producción, de Gas Natural y Azufre, y de Gas Licuado y Petroquímicos básicos, soportadas por las Subdirecciones de Planeación, y de Finanzas y Administración. A continuación se describen brevemente las tres unidades de negocios:

La Subdirección de Producción tiene a su cargo las plantas procesadoras de gas y condensados, las cuales reciben el gas asociado y los condensados producidos por Pemex Exploración y Producción (PEP). Sus actividades principales consisten en el endulzamiento, procesamiento de gas y condensados, así como la separación de líquidos del gas y su fraccionamiento. Posteriormente, los principales productos, como son: gas residual, Gas LP, azufre y petroquímicos básicos; son transferidos a la Subdirección de Gas Natural y Azufre, y a la Subdirección de Gas Licuado y Petroquímicos Básicos para su comercialización.

La Subdirección de Gas natural y Azufre es responsable del transporte de Gas Natural a través del sistema troncal de gasoductos, la comercialización y la importación/exportación. Por otra parte ***La Subdirección de Gas Licuado y Petroquímicos Básicos*** está a cargo del transporte de Gas LP mediante ductos, auto-tanque o buquetanque a terminales de Gas LP; de la venta de mayoreo de Gas LP a los distribuidores, de la venta o transferencia interna de los petroquímicos básicos, y del transporte y comercialización de azufre.

1.2.2 Almacenamiento, Transporte y Distribución

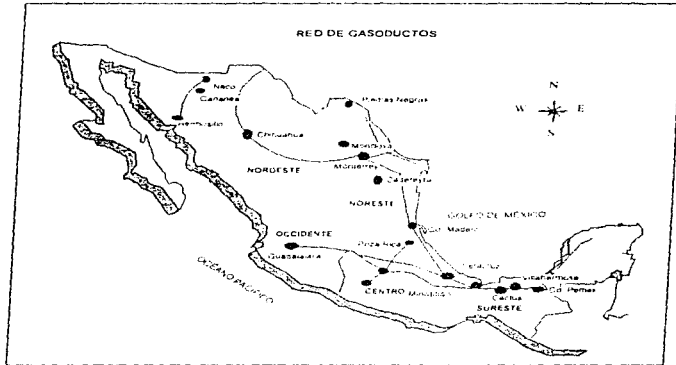
Gas Natural

El Gas Natural a presión y temperatura ambiente no se almacena, debido a que se requieren grandes volúmenes para contenerlo y sería incosteable su almacenamiento, por tal razón el único procedimiento practicable para transportarlo en grandes cantidades es la tubería.

⁸ Diario Oficial de la Federación, "Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios", Julio 16, 1992

La Subdirección de Gas Natural y Azufre cuenta, entre otras cosas, con un sistema de gasoductos cuya longitud alcanza 11,877 kilómetros. De este total, 10,249 kilómetros corresponden a transporte (86%) y 1,628 kilómetros a la red de distribución (14%) entre troncales y ramales.

La infraestructura de Gas Natural del país conecta las áreas de producción de la región del Golfo con las áreas metropolitanas de la Ciudad de México, Guadalajara, Chihuahua y Monterrey, y otras ciudades del norte a través de un sistema de gasoductos. La red de gasoductos se muestra en la Fig. 1.5.



Fuente: Memoria de Labores de Pemex 1995.

Fig. 1.5

Gas Licuado

El Gas LP puede ser entregado en áreas remotas sin embargo, debido a la poca demanda no es económico el tendido de una línea de Gas Natural a causa del bajo flujo manejado.

El almacenamiento de este producto se puede efectuar a temperatura ambiente y bajo presión, o bien, en forma refrigerada; el almacenamiento a presión se prefiere para volúmenes bajos, mientras que el refrigerado para volúmenes intermedios, para el almacenamiento a altas temperaturas se

utilizan recipientes a presión, los contenedores más usuales son: cilindros horizontales y los recipientes esféricos que se utilizan cuando los requerimientos de almacenamiento son mayores.

El Gas LP es único entre los combustibles comúnmente usados, porque bajo presiones moderadas y a la temperatura ordinaria, puede ser transportado y almacenado en una forma líquida; pero cuando se libera a la presión atmosférica y a temperatura relativamente baja, se evapora y puede ser manejado y usado como gas. **Por estar almacenado en forma líquida recibe el nombre de Gas Licuado de Petróleo y se conoce comercialmente como Gas LP.**

Para el transporte del Gas Licuado desde los centros de producción a las agencias de ventas o terminales marítimas, y su distribución a concesionarios, consumidores finales (sector doméstico y comercial) o para su exportación, se cuenta con los siguientes sistemas:

LPG-ducto: Es el más usual para transportar volúmenes considerables entre los centros productores y áreas de gran consumo y distribución, en ocasiones se instalan estaciones de rebombéo² distribuidas a lo largo de las tuberías.

Carrotanques o carros de ferrocarril: En estos se realizan actualmente tareas de exportación e importación, la primera consiste en llevar cabo el suministro del Gas LP desde la terminal de distribución de PEMEX (Cactus) a centro América, y la segunda consiste en transportar el gas de Estados Unidos a la terminal ubicada en la Cd. de Chihuahua para su distribución final.

Autotanques (pipas): Este medio de transporte se utiliza en forma masiva y se efectúa desde las terminales de distribución hasta las instalaciones de la compañías distribuidoras existentes comúnmente conocidas como "gaseras".

Buquetanques: Es el medio de transporte marítimo, y la tendencia es manejarlo en forma refrigerada, ya que ofrece mayor seguridad, su objetivo es enviar grandes volúmenes del producto a una instalación se destina principalmente para la exportación a Estados Unidos, Centro y Sudamérica y para abastecer a las terminales de distribución que se localizan en Ciudad Madero, Tamps. y Topolobampo, Sin. El combustible sale de las terminales de distribución Salina Cruz y Pajaritos, ubicadas en Oaxaca y Veracruz, respectivamente.

Cilindros portátiles: Este sistema es el más común que usa el concesionario para suministrar el Gas Licuado.

En la Fig. 1.6 se muestran diferentes medios de transporte que se utilizan para la distribución de Gas Licuado.

² Lugar donde se inyecta presión para el flujo de gas

TRANSPORTACIÓN DE GAS LICUADO.






| MEDIOS | ORIGEN | DESTINO |
|---|---|--|
|  Ducto | Centro Productor | Terminales de distribución |
|  Carroitanque | Terminal de distribución ("Pajaritos") | Exportación (Centro América) |
|  Autotanque | Importación (Estados Unidos) | Terminal de distribución de Chihuahua |
|  Buquetanque | Terminales de distribución | Compañías distribuidoras "Gaseras" |
|  Buquetanque | Terminal de distribución "Pajaritos" | Exportación (Estados Unidos, Centro y Sudamérica) |
| | | Terminales de distribución (Cd. Madero y Topolobampo) |

Fig. 1.6

En el caso del Gas Licuado se cuenta con casi 2,000 Km. de red de ductos, donde el ducto troncal Cactus- Guadalajara conecta la región productora en el sureste del país con las ciudades de México y Guadalajara, éste sistema no se extiende al norte del país. La costa del Pacífico y el área de Yucatán son regiones que básicamente no tienen infraestructura de ductos de Gas Natural ni de Gas LP.

1.2.3 Comercialización y precios

Gas Natural

Los principales clientes de la Subdirección de Gas Natural son: la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el sector industrial, los distribuidores urbanos, el mercado de exportación por Reynosa y algunos empresas de Pemex, como son: Pemex explotación y Producción (bombeo neumático)¹⁰, y Pemex Petroquímica. Los 13 distribuidores urbanos independientes existentes se ubican en algunas de las principales zonas metropolitanas; quienes abastecen a clientes residenciales, comerciales e industriales.

¹⁰ En la actualidad cuando un pozo deja de fluir se le aplican sistemas de explotación artificiales, como el bombeo neumático, mecánico, hidráulico, etc.

En 1994 existían 14 compañías distribuidoras de Gas Natural pertenecientes a la iniciativa privada y una paraestatal (CFE) para abastecer el producto a usuarios del sector doméstico, comercial e industrial del país. Para 1995 ya existían dos compañías más (iniciativa privada) encargadas de la misma labor. La mayoría de ellas se localizan en el norte del país, como se muestra en la Fig. 1.7; en la Fig. 1.8 se presenta la relación de dichas compañías.

El Gas Natural se importa de la Unión Americana, y los puntos por los que puede ingresar son: Naco, Piedras Negras y Reynosa en estos lugares es donde las compañías distribuidoras compran (a precio pemex¹¹) el producto a Pemex quien lo recibe inicialmente de Estados Unidos. El gas de importación se utiliza principalmente para cubrir la demanda de los usuarios finales en los estados del norte del país.

A partir de Abril de 1991, los precios del Gas Natural seco son equiparados con los existentes en el mercado del sur de Texas, dada la posibilidad de acceso al mismo adicionándoles los costos de transporte, los de servicio y el impuesto al valor agregado.

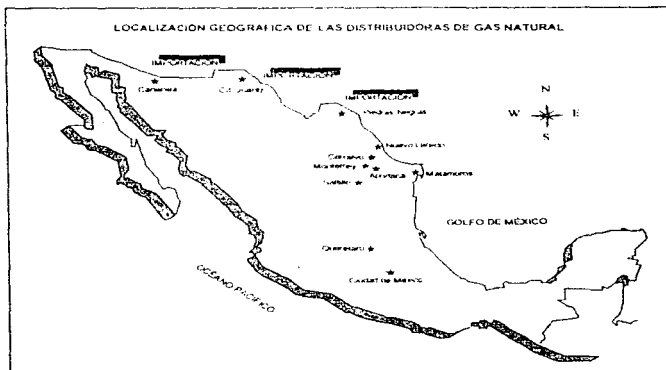


Fig. 1.7

¹¹ El precio Pemex: Es el precio al que Petróleos Mexicanos vende la unidad de gas (natural o licuado) a las compañías distribuidoras.

| UBICACIÓN | COMPAÑÍAS |
|-----------------------|--|
| CANANEA, SON. | GAS DE CANANEA S. A. DE C. V. |
| CD. JUÁREZ, CHIH. | GAS NATURAL DE JUÁREZ S. A. DE C. V. JUÁREZ GAS CO. S. A. DE C. V. |
| SALTILLO, COAH. | DISTRIBUIDORA DE GAS DE SALTILLO S. A. DE C. V. |
| PIEDRAS NEGRAS, COAH. | COMPANÍA NACIONAL DE GAS S. A. DE C. V. |
| MONTERREY, NL. | INDUSTRIAL DE MONTERREY S. A. DE C. V. COMPANÍA MEXICANA DE GAS S. A. DE C. V. CFE, DIVISION DE DISTRIBUCIÓN GOLFO NORTE |
| APODACA, NL. | GAS NATURAL DE APODACA S. A. DE C. V. |
| CERRALVO, NL. | DISTRIBUIDORA DE GAS DE CERRALVO S. A. DE C. V. |
| NUÉVOLA REDO, TAMPS. | GOL DE MEXICO S. A. DE C. V. |
| MATAMOROS, TAMPS. | ACCIONADORA INDUSTRIAL DEL NORTE S. A. DE C. V. |
| QUERÉTARO, QRO. | DISTRIBUIDORA DE GAS DE QUERÉTARO, QRO. |
| MÉXICO, DF. | CANAMEX S. A. DE C. V. |

Fig. 1.8

Gas Licuado

La Subdirección de Gas Licuado y Petroquímicos Básicos cuentan con 23 terminales de distribución, 14 de ellas se localizan en el centro y sureste, en el norte las 9 restantes, con una capacidad total de almacenamiento de 2.25 millones de barriles, algunas de ellas localizadas en refinerías. Estas terminales de distribución son las que se encargan de suministrar el producto a los distribuidores independientes, quienes a su vez realizan la comercialización doméstica de Gas LP a los consumidores finales. Más de 200 miles de barriles diarios de Gas Licuado llegan a los centros distribuidores a través de ductos y buquetanques; de estos centros se transporta hasta las diferentes ciudades o destinos mediante el uso masivo de autotanques.

PGPB entrega todo el suministro que requieren las 590 plantas de los distribuidores locales a un precio único nacional de mayorista: Precio Pemex. El sector de los distribuidores locales de Gas LP es un sector de competencia regulada, aunque en la práctica existen muchas áreas que operan de forma *monopólica/oligopólica*¹⁷. Estos distribuidores locales están autorizados a agregar una comisión que representa su margen comercial, y está fijado para cubrir sus costos de operación y dar una rentabilidad predeterminada. Todo esto da como resultado un precio único a nivel nacional para los consumidores, el cual se llama Precio Público. Una consecuencia de este precio único es una serie de subsidios regionales cruzados. La actual infraestructura de precios ocasiona que el sur del país, que es donde el Gas LP es producido, subsidie el consumo de este producto en el norte, en donde el producto tienen que ser transportado por ruedas o es proveniente de importaciones. Esto

¹⁷ Mercado en el que hay pocos vendedores y muchos compradores.

tiene el agravante adicional de que las regiones con menores recursos económicos como las del sur, están subsidiando el consumo de las zonas más desarrolladas del país.

La distribución por ductos se basa principalmente en el LPG - Ducto Cactus Guadalajara, considerada la columna vertebral del sistema y en su trayecto tiene extracciones conectadas a las terminales de Tierra Blanca, Puebla, San Juan Ixhuatepec, Poza Rica, Tula, Tepeji, San Martín Texmelucan, Salamanca y Guadalajara.

El Gas Licuado de importación se obtiene de los Estados Unidos; y los puntos por los que se puede llevar a cabo esta actividad son: Bronsville, Mexicali, Tijuana, Piedras Negras, Cd. Juárez y Reynosa. En la Fig. 1.9 se localiza toda la infraestructura del Gas Licuado.

A pesar de que PGPB es el principal productor de líquidos de gas (de donde se produce principalmente el Gas Licuado), México consume producto del exterior; esta situación se presenta debido a que el suministrar el producto desde los centros productores ubicados en el sur de la República hasta el norte del país, representa un gran gasto.

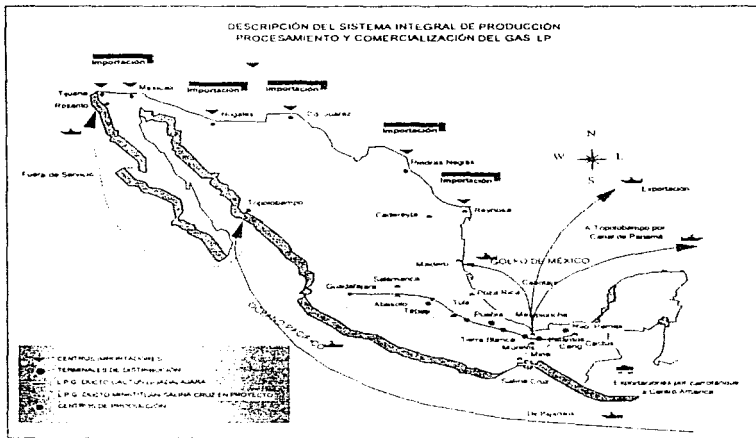


Fig. 1.9

CAPÍTULO 2. - PARTICIPACIÓN DE LA INICIATIVA PRIVADA EN EL MERCADO DE GAS NATURAL

Durante 1995, las autoridades mexicanas realizaron importantes reformas estructurales en el mercado de Gas Natural. Estas reformas se iniciaron en Mayo del mismo año, cuando *se modificó la Ley¹ para permitir la participación del sector privado en las actividades de transporte, distribución y almacenamiento de Gas Natural*; así mismo, se definieron las bases generales del nuevo marco regulatorio en que actuarán tanto Pemex como los particulares.

A finales del mes de Octubre de 1995, La Comisión Reguladora de Energía (CFE) fue dotada de las facultades legales necesarias para actuar como un organismo regulador², encargado de aplicar e interpretar las distintas disposiciones reglamentarias en materia de Gas Natural. Posteriormente se publicaron varios documentos que normarán distintos aspectos del Gas Natural como son: el Reglamento de Gas, las directivas generales³ para la fijación de precios de venta de primera mano, las tarifas de transporte, distribución y almacenamiento, los precios al público de los distribuidores⁴, y las directivas contables que deberán seguir a los permisionarios⁵.

Las reformas mencionadas buscan la participación activa de inversionistas nacionales y extranjeros así como una apertura en el comercio exterior. Ello permitirá la creación de la nueva infraestructura que el país necesita a efecto de satisfacer la demanda creciente de Gas Natural, que resulta de las

¹ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el ramo del petróleo", Mayo 8, 1995.

² Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Ley de la Comisión Reguladora de Energía", Octubre 31, 1995.

³ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Directiva sobre la determinación de precios y tarifas para las actividades reguladas en materia de Gas Natural", Marzo 20, 1996.

⁴ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Directiva sobre la determinación de precios y tarifas para las actividades reguladas en materia de Gas Natural", Marzo 20, 1996.

⁵ Fuente: Diario Oficial de la Federación, Junio 3, 1996.

nuevas normas ambientales que entrarán en vigor en 1998⁶. Además, se fomentará el desarrollo de redes de distribución en los centros urbanos del país, en donde existe un mercado potencial importante por la posible sustitución de Gas Licuado.

Lo anterior origina diversas modificaciones en las actividades de Pemex-Gas⁷, entre las que se contemplan que

- PGPB es un participante más en el mercado, deja de tener el monopolio de transporte. En ese sentido, deberá cumplir con el Reglamento y solicitar permisos para desempeñar sus actividades.
- Deberá ofrecer los servicios de transporte de Gas Natural a terceros, bajo un régimen de acceso abierto.
- Fijará el precio de Gas Natural de acuerdo con las directivas que publique la CRE.
- Deberá revisar todo su esquema de tarifas de transporte.

2.1.- Pemex Gas y Petroquímica Básica en el mercado del Gas Natural.

Entre los principales factores de cambio que alteran las actividades de Pemex Gas y Petroquímica Básica se encuentran:

- La participación de la iniciativa privada en el mercado de Gas Natural.
- La regulación ambiental que contempla la sustitución de combustóleo por Gas Natural en el sector industrial.
- La sustitución de Gas Natural por Gas Licuado para usos comercial y doméstico.

El impacto de los cambios en la regulación no son homogéneos sobre las diferentes regiones donde opera, ni sobre los distintos elementos del sistema de negocios de Pemex Gas y Petroquímica Básica.

En la región norte del país existe mayor posibilidad de participación por parte de nuevas compañías de transmisión de Gas Natural dado que hay distintas alternativas de interconexión en la frontera, así como mercados atractivos en México a distancias relativamente cortas de estos puntos de interconexión. También se puede dar un alto grado de competencia en la comercialización de productos y servicios, dado que actualmente existen flujos de importación que hoy en día son controlados por Pemex, pero pueden ser capturados por empresas privadas de comercialización.

⁶ En las áreas con serios problemas de contaminación, la nueva norma obligará a una sustitución del combustóleo por Gas Natural, en la generación de electricidad y en la industria en general.

⁷ Pemex Lex, Revista jurídica de Pemex, "Avances de la Regulación del Gas Natural en México", Num 97-98, 1996.

Todo esto se ve amplificado una vez que el papel de las importaciones de Gas Natural cambia de ser en la actualidad un elemento de suministro marginal para balancear el sistema, a una fuente principal de suministro en el mediano plazo por el incremento significativo de la demanda esperada con la entrada de las nuevas normas ambientales en 1998.

En las regiones central y sur del país, la posibilidad de intervención por parte de otras compañías es bastante menor, y las probabilidades de competencia en comercialización no son significativas, dado que los flujos actuales de Gas Natural se orientan de sur a norte.

El sistema actual para el negocio de Gas Natural en México consiste principalmente de suministro, transmisión y distribución. Pemex Gas y Petroquímica Básica participa a lo largo de las diferentes áreas de actividad, operando como un monopolio regulado desde la compra y manejo del suministro de producto, desde las plantas o desde los puntos de importación, hasta la distribución directa de los clientes a los distribuidores urbanos. Solo en el caso de la distribución final en algunas zonas metropolitanas, se permitía de antemano la participación en forma regulada, de distribuidores urbanos privados.

La liberalización del mercado del Gas Natural ocasionará una serie de cambios importantes para este sistema de negocios en México. La actual naturaleza monopólica regulada del sistema de negocios será fragmentada en tres tipos de ambientes de negocios que son: monopolio regulado, competencia regulada y competencia de mercado. Las funciones de suministro de la producción de Pemex Exploración y Producción, así como el procesamiento de gas en las plantas de Pemex Gas y Petroquímica Básica continuarán siendo un monopolio regulado⁶. Existirá una competencia regulada en las actividades de transmisión, donde las empresas participantes deberán ofrecer libre acceso al sistema de ductos a terceros, mediante la contratación de capacidad de transporte. Habrá mercados de libre competencia en las actividades de importación del Gas Natural, en las ventas físicas del gas y en los servicios de manejo de riegos. Finalmente en el caso de la distribución urbana, se espera que esta actividad sea llevada a cabo por particulares en un ambiente de monopolio regional regulado.

En el nuevo ambiente de negocios de libre mercado, el suministro de importaciones será altamente competitivo. Pemex Gas y Petroquímica Básica tendrá que competir con importaciones hechas por particulares⁷, y de esta forma, las funciones de adquisición de producto a través de la frontera se volverán críticas. Estas funciones pasarán de ser únicamente empleadas para balancear el sistema a ser una área de oportunidades de negocio. Adicionalmente el vigoroso incremento esperado de la demanda en el mediano plazo, hará que las importaciones sean claves para poder satisfacer el consumo nacional.

La participación de Pemex Gas y Petroquímica Básica en la transmisión de gas se dará en un ambiente de competencia regulada. En este ambiente existe la amenaza de sustitución por parte de

⁶ Pemex Lex, Revista jurídica de Pemex, "Oportunidades de Inversión en el sector de la Energía en México" Num. 97-98, 1996.

⁷ Pemex Lex, Revista jurídica de Pemex, "La regulación del Gas Natural" Num. 97-98, 1996.

los nuevos competidores en el norte del país lo cual refuerza a Pemex Gas y Petroquímica Básica a ofertar sus servicios abajo del costo de reinversión.

En el caso de distribución urbana de Gas Natural, éste será un segmento de monopolios regionales regulados. Pemex Gas y Petroquímica Básica tiene la opción de escoger participar de una manera limitada en esta actividad, aunque para tener una participación eficiente se requiere tener habilidades especiales, una organización de soporte y habilidades de servicio al cliente diferentes de las requeridas para actividades similares en el área de transmisión.

2.2.- Comisión Reguladora de Energía

La Secretaría de Energía a través de la Comisión Reguladora de Energía que es un organismo autónomo, con responsabilidades y atribuciones para aplicar y hacer respetar la regulación de la industria del Gas Natural; define tres diferentes tipos de actividades que están sujetas a permiso: transporte, almacenamiento y distribución.

Definiciones¹⁰

Transporte: La actividad de recibir, conducir y entregar gas por medio de ductos a personas que no sean usuarios finales, localizados dentro de una zona geográfica.

Naturaleza del servicio de transporte comprende: la recepción de gas en un punto del sistema de transporte y la entrega de una cantidad similar en un punto distinto del mismo sistema.

Almacenamiento: La actividad de recibir, mantener en depósito y entregar gas, cuando el gas permanezca en depósito, en instalaciones fijas distintas a los ductos.

Naturaleza del servicio de almacenamiento comprende: la recepción de gas en un punto del sistema de almacenamiento, y la entrega en uno o varios actos, de una cantidad similar en el mismo punto o en otro contiguo del mismo sistema.

Distribución: La actividad de recibir, conducir, entregar, y en su caso comercializar Gas Natural por medio de ductos dentro de una zona geográfica.

Naturaleza del servicio de distribución comprende: La comercialización y entrega del gas por el distribuidor a un usuario final dentro de la zona geográfica, o la recepción de gas en el punto o los puntos de recepción del sistema de distribución y la entrega de una cantidad similar en un punto distinto del mismo sistema.

¹⁰ Fuente: Diario Oficial de la Federación "Reglamento de Gas Natural" Cap. 1 y V, Art. 2 y 59, respectivamente, Nov. 8, 1995

La Comisión Reguladora de Energía es la encargada de proponer "zonas geográficas"¹¹ y aprobar (en su caso) las que los interesados propongan con el fin de distribuir Gas Natural.

Los permisos de estas actividades se otorgarán previa solicitud y licitación de las mismas, éstos serán otorgados a todos aquellos productos técnicamente viables.

Cualquier usuario en una zona geográfica podrá contratar con terceros el suministro de Gas Natural. Cabe destacar, que los permisionarios de distribución no confieren exclusividad sobre la comercialización del gas en la zona permisionada (puenteo comercial)¹².

Mediante el pago de la tarifa correspondiente, los distribuidores estarán obligados a permitir el acceso abierto y no indebidamente indiscriminatorio a sus sistemas. En las ventas de primera mano de Gas Natural y en sus actividades como permisionario, Petróleos Mexicanos estará sujeto a disposiciones del Reglamento de Gas Natural¹³.

Los usuarios de una zona geográfica de distribución podrán conectarse directamente a los sistemas de transporte a través de un permiso de transporte para usos propios (puenteo físico). Dichos permisos de transporte podrán ser otorgados a usuarios que adquieran Gas Natural para su consumo o bien a sociedades de autoabastecimiento formadas por consumidores de Gas Natural. El otorgamiento de los mencionados permisos incluye dos restricciones: los titulares no podrán comercializar gas ni prestar servicios de transporte y distribución; y la obtención de derechos de paso y de cruce, así como el establecimiento de las servidumbres sólo podrá llevarse a cabo por acuerdo entre las partes, sin que exista una declaratoria de utilidad pública por parte de la comisión Reguladora de Energía.

Finalmente, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) iniciará el proceso de licitación cuando considere que existen elementos suficientes para justificar un proyecto de distribución, para lo cual publicará la convocatoria correspondiente y elaborará las bases para dicha licitación. Los interesados deberán presentar por separado sus propuestas tanto técnicas como económicas, para lo cual, cuentan con un plazo mínimo de tres meses. La CRE evaluará las propuestas técnicas y eliminará aquellas que no sean técnicamente viables. Posteriormente evaluará las propuestas económicas de los licitantes que hayan superado la etapa técnica y otorgará el permiso a aquel que haya presentado la oferta más ventajosa de acuerdo a los criterios de aspiración establecidos en las bases de la licitación.

Por otro lado las personas que se encontraban realizando actividades de distribución del Gas Natural a la entrada en vigor de este ordenamiento, podrán continuar realizando dichas actividades.

¹¹ Área delimitada por la Comisión para efectos de distribución del Gas Natural.

¹² El puenteo comercial limita el poder de mercado que el distribuidor adquiere al tener exclusividad dentro de la zona geográfica y fomenta el desarrollo competitivo de la actividad de comercialización.

¹³ Fuente: Diario Oficial de la Federación, Nov. 8, 1995.

para lo cual la comisión les otorgó un permiso provisional por doce meses, mediante una solicitud para obtener un permiso de distribución sin licitación¹⁴.

2.3.- Establecimiento de zonas geográficas

Con la integración de la iniciativa privada al mercado de Gas Natural se amplía la línea de negocios, que además de reportar inversiones productivas frescas generarán un creciente número de fuentes de trabajo en distintas zonas del país.

En el año de 1996 la Secretaría de Energía emitió una convocatoria en la cual invitó a empresas e inversionistas extranjeros, a que manifesten interés en establecer sistemas de distribución de Gas Natural en diez zonas urbanas, entre ellas la Ciudad de México. De igual manera los permisos se licitarán gradualmente antes que concluya 1997. Además se mencionó que los inversionistas estarán en libertad de proponer si lo juzgan conveniente el desarrollo de sistemas de distribución de Gas Natural en otros lugares con tal de que puedan ser establecidas y operadas rentable y eficazmente¹⁵.

Las "zonas geográficas" de distribución, corresponden a áreas urbanas en las que se considera factible establecer en términos rentables y eficientes, sistemas de distribución de Gas Natural por su gran demanda industrial y potencial.

En los términos del Reglamento de Gas Natural, la CRE deberá responder en un lapso de dos meses a las manifestaciones de interés que reciba. Al ver las manifestaciones y al llegar a la conclusión de que existan elementos que hacen factible el establecimiento de una zona de distribución de Gas Natural, la CRE iniciará los procesos de delimitación de la zona y de licitación del permiso correspondiente, según la Secretaría.

Durante el trienio 1995-1997 la Comisión Reguladora de Energía (CRE) ha establecido de manera oficial nueve zonas geográficas correspondientes a los centros de población ubicados en su mayoría en algunos estados del norte del país. (Ver Fig. 2.1). Hasta el mes de Junio del año en curso solo tres compañías han obtenido la autorización, una de ellas para realizar el transporte y las otra dos para llevar a cabo la distribución de Gas Natural en dos zonas establecidas por la CRE, una de ellas continuará la construcción del sistema de distribución (Fig. 2.2) de las cuales se habla a continuación.

- La Distribuidora de Mexicali empresa privada de capital mixto obtuvo el primer permiso para la distribución de Gas Natural, en la zona de Mexicali; la compañía está integrada en la firma mexicana Próxima y las estadounidenses Enova-San Diego & Electric y Pacific Enterprises, que invertirá entre 20 a 25 millones de dólares en los próximos cinco años para el desarrollo de un proyecto de distribución del combustible en Mexicali, Baja California.

¹⁴ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Reglamento de Gas Natural, Art. transitorio 8^o ", Nov. 8, 1995

¹⁵ Fuente: Periódico El Financiero 26 de julio de 1996. Sección Negocios pag. 17

La propuesta económica de la firma consistió en una tarifa promedio de 1.14 dólares por gigacaloría¹⁶ y una cobertura de 25,346 clientes. El suministro de Gas Natural inició en 1997 y tendrá 12 años de exclusividad sobre la construcción del sistema de distribución, recepción, conducción y entrega dentro de la zona. Se estima que a finales del lustro el consumo de Gas Natural en Mexicali será de 18 millones de pies cúbicos diarios. El combustible provendrá de Norteamérica, ya sea de Canadá o de los estados de Texas o Colorado¹⁷.

- ◆ La Empresa Midcon Gas Natural de México es la otra empresa que cuenta con la aprobación para llevar a cabo la actividad de transporte de gas en el trayecto que tiene como punto de origen la interconexión fronteriza ubicada en la proximidad de Cd. Mier y Cd. Miguel Alemán, Tamps., y como punto de destino en una primera etapa, la Cd. de Monterrey, Nvo. León, con un ingreso máximo de \$5.00 por gigacaloría para el primer periodo de cinco años.

El ducto proyectado tendrá una longitud de 148.23 Km. y una capacidad de diseño de 7.64 Millones de metros cúbicos diarios es decir, 270 millones de pies cúbicos diarios, (MMPCD) sin requerir se estaciones de compresión en su primera etapa inicial. Este permiso tendrá una vigencia de 30 años¹⁸.

- ◆ La Compañía Nacional de Gas de S.A. de C.V. obtuvo el primer permiso de distribución, el cual tendrá una exclusividad de cinco años para la prestación del servicio de recepción y entrega de Gas Natural en la zona geográfica de Piedras Negras. La cobertura del servicio será de por lo menos 25,608 usuarios al quinto año de operaciones contados a partir de la entrada en vigor del permiso¹⁹.

¹⁶ Una gigacaloría es una unidad de energía y representa 1,000 millones de calorías.

¹⁷ Fuente: Diario Oficial de la Federación "Oficio mediante el cual se comunica el otorgamiento de distribución de Gas Natural para la zona geográfica de Mexicali BC", Oct. 14, 1996.

¹⁸ Fuente: Diario Oficial de la Federación "Oficio mediante el cual se comunica el otorgamiento del permiso de transporte de Gas Natural a la empresa Midcon Gas Natural de México, S. A. de C. V. Oct. 23, 1996.

¹⁹ Fuente: Diario Oficial de la Federación "Oficio mediante el cual se comunica el otorgamiento del permiso de distribución a la Compañía Nacional de Gas S. A. de C. V.", Abr. 4, 1997.

| ZONAS DE DISTRIBUCIÓN | CONVOCATORIA | FECHA DE FALLO |
|---|-----------------|----------------------|
| Mexicali, BC | X | 4 de Octubre de 1995 |
| Chihuahua, Cuauhtémoc-Anahuac y Delicias, Chihuahua ²¹ | X ²² | 20 de Marzo de 1997 |
| Hermosillo, Guaymas y Empalme, Tamps. | X ²³ | 27 de Mayo de 1997 |
| Nuevo Laredo, Tamps. ²⁴ | | |
| Saltillo-Ramos Arizpe-Arteaga, Coah. ²⁵ | | |
| Piedras Negras, Coah. ²⁶ | X | 23 de Marzo de 1997 |
| Lerma, Metepec, Ocoyoacac, San Mateo Atenco, Toluca Xonocotlán y Zinacantan, Edo. de Mex. ²⁷ | | |
| Área Metropolitana de la desembocadura del Río Pánuco, del Estado de Tamaulipas | | |
| Área Metropolitana de Monterrey ²⁸ | | |

Fig. 2.1

²⁰ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Oficio mediante el cual se comunica el otorgamiento de distribución de Gas Natural para la zona geográfica de Mexicali BC", Oct. 14, 1996.

²¹ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Resolución de CRE por la que se determinan las áreas correspondientes a los centros de Población de Chihuahua, Cuauhtémoc-Anahuac y Delicias, Chih., como zonas geográficas para los fines de distribución", May. 21, 1996.

²² Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Convocatoria para participar en la licitación pública que tendrá por objeto el otorgamiento del primer permiso de distribución de Gas Natural para las zonas geográficas de Chihuahua, Cuauhtémoc-Anahuac y Delicias, Chih.", Oct. 16, 1996.

²³ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Resolución de CRE por la que se determinan las áreas correspondientes a los centros de Población de Hermosillo, Guaymas y Empalme, Son.", Nov. 6, 1996.

²⁴ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Convocatoria para participar en la licitación pública que tendrá por objeto el otorgamiento del primer permiso de distribución de Gas Natural para las zonas geográficas de Hermosillo, Guaymas y Empalme, Son.", Nov. 29, 1996.

²⁵ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Resolución de CRE por la que se determinan las áreas correspondientes a los centros de Población de Nuevo Laredo, Tamps.", Nov. 18, 1996.

²⁶ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Resolución de CRE por la que se determinan las áreas correspondientes a los centros de Población de Saltillo-Ramos Arizpe-Arteaga, Coah.", Nov. 21, 1996.

²⁷ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Resolución de CRE por la que se determinan las áreas correspondientes a los centros de Población de Piedras Negras, Coah.", Nov. 25, 1996.

²⁸ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Resolución de CRE por la que se determinan las áreas correspondientes a los centros de Población Lerma, Metepec, Ocoyoacac, San Mateo Atenco, Toluca, Xonocotlán y Zinacantan, Edo. de Mex.", Dic. 16, 1996.

²⁹ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Resolución de CRE por la que se determinan las áreas correspondientes al centro de población del área metropolitana de la desembocadura del río Pánuco, del Edo. de Tamaulipas.", May. 12, 1997.

³⁰ Fuente: Diario Oficial de la Federación, "Resolución de CRE por la que se determinan el área correspondientes al centro de población denominado área metropolitana de Monterrey", May. 12, 1997.



Fig. 2.2

Existen varias empresas nacionales y extranjeras interesadas en participar en la distribución y comercialización del Gas Natural, principalmente en el norte del país, lo que implica realizar nuevas inversiones en la construcción de redes de gasoductos e infraestructura, teniendo además el acceso abierto a los ductos de Pemex en todo el territorio nacional.

De manera alterna algunas compañías han solicitado a la Comisión reguladora de Energía la autorización para distribuir el servicio de distribución en más de 30 desarrollos urbanos del norte, que actualmente consumen Gas Licuado y/o Gas Natural. La gran mayoría de estas solicitudes no han obtenido respuesta. En la Fig. 2.3 y 2.4 se muestran y mencionan dichos lugares.

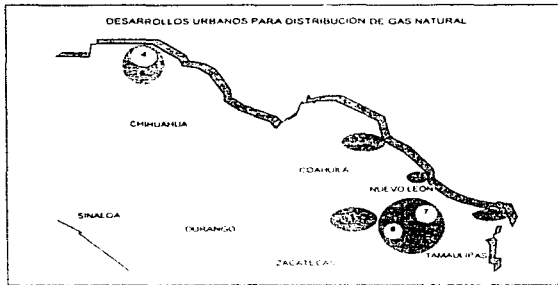


Fig. 2.3

| EMPRESAS | DESTINOS |
|--|--|
| DE MÉXICO S.A. P.R.C. | ATELCO, COAH. TENCAY, COAH. CINCEM, COAH. NUEVO LAREDO, TAMPS. ROZARTE, TAMPS. |
| PARA NACIONAL DE GAS S.A. P.R.C. | EL VALLE NEGRO, COAH. TAMPICO, TAMPS. |
| CONADORA INDUSTRIAL DEL NOROCCIDENTE DE C.V. | EL VALLE NEGRO, COAH. TAMPICO, TAMPS. |
| DE GAS CO. S.A. DE C.V. | EL VALLE NEGRO, COAH. TAMPICO, TAMPS. |
| NATURAL DE JUARISTA DE C.V. | EL VALLE NEGRO, COAH. TAMPICO, TAMPS. |
| CAMPESIA MEXICANA DE GAS S.A. DE C.V. | EL VALLE NEGRO, COAH. TAMPICO, TAMPS. |
| ADORA DE GAS EN GENERAL DE C.V. | EL VALLE NEGRO, COAH. TAMPICO, TAMPS. |
| CO. NATURAL DE SANTA CATARINA DE C.V. | EL VALLE NEGRO, COAH. TAMPICO, TAMPS. |

FUENTE: "MERCADO DE GAS NATURAL EN MÉXICO, 1996"

Fig. 2.4

Se considera que en los lugares antes mencionados se dará de manera potencial la sustitución de Gas Licuado por Gas Natural, aún cuando la mayor demanda se reclame por parte del sector industrial esta situación también afectará al sector doméstico.

2.4.- Cambios esperados en la demanda Gas Natural y Gas Licuado

La dinámica esperada en la demanda de Gas Natural y Gas LP son muy distintas entre ellas porque obedecen a factores diferentes. Entre las causas que reflejaran el crecimiento en la demanda de estos combustibles se tienen:

Gas Natural¹¹

- ◆ Regulaciones ambientales e incentivos: La regulación ambiental que entrará en vigor en 1998 incentivará fuertemente la tendencia a substituir una parte significativa del consumo actual de combustóleo por Gas Natural.
- ◆ Nueva capacidad de generación eléctrica. De acuerdo con los análisis elaborados por el Grupo de Política de combustibles durante 1993 y 1994, *se espera* que las nuevas *plantas generadoras de electricidad usen Gas Natural* dado el atractivo económico de la tecnología de ciclo combinado cuya eficiencia térmica es mayor que la de otras tecnologías actuales.
- ◆ *Sustitución de Gas LP para usos comercial y doméstico.* El sistema actual de precios para el Gas LP funciona bajo un esquema de precio único al usuario final, lo que trae consigo importantes subsidios cruzados entre distintas regiones del país. Si ésta distorsión económica fuese eliminada, en algunas áreas metropolitanas existirá un incentivo económico para la sustitución de Gas LP por Gas Natural, particularmente en aquellas regiones en el norte del país cercanas a la red de gasoductos.
- ◆ Finalmente existen otros elementos latentes de incremento en la demanda entre los cuales se encuentra un mayor desarrollo de la industria petroquímica en México, la cual requerirá mayores consumos de Gas Natural al ser éste un insumo básico en sus procesos, asimismo, podría empezar a usarse Gas Natural comprimido como combustible para medios de transporte, reemplazando a las gasolinas, ya sea por razones ambientales o porque se abatan los costos de conversión de los vehículos y los de inversión para la instalación de las estaciones de servicio.

Gas Licuado

- ◆ La demanda doméstica de Gas LP en México seguirá mostrando un crecimiento sostenido aunque se dará a una tasa un poco menor que la actual debido a la posible sustitución del Gas LP por Gas Natural en las zonas metropolitanas del norte del país.

¹¹ Pemex Lex, Revista jurídica de Pemex, "Oportunidades de Inversión en el sector de Energía en México", Num 97-98, 1996.

De esto se concluye que el incremento en la demanda de Gas Natural esta más atado a sustitución de combustóleo en fuentes fijas por razones ambientales o ecológicas, y en el caso de la Gas LP está más directamente ligado al crecimiento económico y uso residencial.

Para hacer frente al compromiso de satisfacer la demanda interna, Pemex, a través de la subsidiaria correspondiente, se apoyará en la optimización de la extracción en yacimientos conocidos, es decir de reservas probadas, así como en la producción de reservas que se descubran como resultado de la explotación de nuevos proyectos de inversión exploratoria¹².

Por lo que para 1998 si la producción de Gas Natural se incrementa, hasta exceder los requerimientos del mercado nacional, se generará un excedente para la exportación.

Con respecto al Gas Licuado el crecimiento esperado de su producción aunado al desplazamiento previsible del consumo de este producto por Gas Natural originará que crezca la disponibilidad de Gas LP y butanos para exportaciones. Esto plantea, por una parte, la necesidad de que PGPB se prepare para manejar volúmenes mucho mayores en los mercados internacionales, y por otro lado, la oportunidad de aprovechar su situación geográfica privilegiada para una participación mas activa y redituable en el comercio internacional.

La sustitución potencial de Gas LP por Gas Natural para uso doméstico y comercial depende de una serie de factores de los cuales destacan tres: primero, el diferencial de precios en base calorífica entre el Gas LP y el Gas Natural debe permanecer relativamente alto en favor de este último; segundo, el precio al público debe estar directamente relacionado al costo económico total de suministrar el producto, incluyendo sus costos de logística; y tercero, los rendimientos, sobre las inversiones necesarias en sistemas de distribución urbana de Gas Natural deben ser suficientemente atractivos. Estas inversiones estarán dadas de acuerdo a los costos locales de construcción y a la distancia que exista del área de servicio a las líneas troncales de gasoductos.

No se espera que la sustitución de Gas LP por Natural tenga un impacto muy significativo sobre las demandas de estos productos. Entre las principales ciudades con potencial para esta sustitución están Tampico, Durango, Chihuahua, Hermosillo, Ensenada, Mexicali y Tijuana. Si las ciudades de alta concentración urbana integradas en el sistema de gasoductos, como Guadalajara o la Ciudad de México, confirmaran su potencial de conversión de gas, esto podría incrementar la demanda. La mayor parte del Gas LP sustituido se encontraría en las áreas del norte del país, que actualmente son abastecidas a través de importaciones de producto desde los Estados Unidos.

Por otro lado, la liberalización de actividades anteriormente reservadas al Estado, promoverá la modernización de la industria del gas en México, misma que se verá beneficiada en el cambio de

¹² Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C. "Perspectivas del Gas Natural en Mexico", Marzo-Abril, 1996

las plantas termoeléctricas que funcionan con combustóleo por turbinas de vapor y gas que cuentan con una tecnología ambiental de vanguardia.

En materia ambiental, es indispensable la apertura referida, debido a que la Ley de Metrología y Normalización impone una norma (NOM 0014/98) misma que establece límites permisibles de azufre y otros contaminantes en el combustible utilizado en procesos productivos, lo que sugiere el cambio obligado de combustóleo por Gas Natural.

CAPÍTULO 3. - SUSTITUCIÓN DE GAS LICUADO POR GAS NATURAL

3.1 Metodología aplicada

La Teoría de Juegos es una teoría matemática que estudia las características generales de las situaciones competitivas de una manera forma y abstracta, fue desarrollada por John Von Neuman y Morgensten en su texto "La Teoría de Juegos y su comportamiento económico" (The Theory of Games and Economic Behavior) en 1944. Un juego es un modelo en el que se involucran los tomadores de decisiones que buscan optimizar su propio bienestar. En dicha teoría las personas u organizaciones que participan en el juego se llaman jugadores y las tácticas de que hacen uso para participar en el encuentro se conocen como *estrategias*.

Existen dos supuestos básicos sobre los que se fundamenta la teoría.

- 1) Los jugadores son racionales
- 2) Los jugadores eligen sus estrategias solo para promover su propio bienestar.

Para analizar los juegos, éstos se clasifican con base en

a) Número de jugadores.

Juegos de un jugador o unipersonales: En ellos es conveniente considerar a la naturaleza como una persona y pueden agruparse en tres categorías:

- El jugador hace su elección y ésta determina el resultado.
- El jugador esta enterado de las probabilidades pertinentes.
- El jugador toma su decisión sin información previa.

Juegos de dos jugadores o bipersonales: En ellos se ven involucrados exactamente dos contendientes. En la práctica es útil considerar como un solo jugador a un grupo de individuos que tienen intereses idénticos.

Juegos de n-jugadores o n-personales: En estos juegos pueden participar más de dos jugadores ya que en muchos casos de situaciones competitivas suelen existir más de dos participantes.

b) Número de estrategias disponibles.

Juegos finitos: En ellos el jugador tiene solamente un número finito de alternativas y el juego se termina en un número finito de jugadas.

Juegos infinitos: En estos juegos los participantes cuentan con un número infinito de estrategias. Estos están diseñados para aquellas situaciones en que la estrategia seleccionada se puede representar por una variable continua.

c) Suma algebraica.

Juegos de suma cero: Estos consisten en que el interés de cada jugador es opuesto, es decir un participante gana lo que el otro pierde, de manera que la suma de sus ganancias netas es cero.

Juegos de suma distinta de cero o metajuegos: En ellos la suma de los pagos de los jugadores no tienen que sumar cero, o ninguna otra constante fija, estos juegos se subdividen en términos del grado en que se permite que los jugadores cooperen. Por lo que se tienen:

Juegos no cooperativo: Estos consisten en que no hay comunicación anterior al juego entre los jugadores.

Juegos cooperativo: En ellos se permite discusiones y acuerdos antes del juego entre los contendientes. Cuando existen más de dos jugadores los juegos competitivos permiten también que se formen coaliciones entre algunos o todos los jugadores.

d) Información.

Juegos de información perfecta: En ellos cada jugador tiene pleno conocimiento de como actuara su contrincante.

Juegos de información no perfecta: En estos juegos se puede conocer los cursos de acción que tomen los jugadores, sin embargo, ningún participante sabe al hacer su propia elección, cual es la de su contrincante.

La herramienta básica para analizar los juegos es la **matriz de pagos** conocida también como **matriz de consecuencia**; en la cual se resumen los pagos al jugador cuyas estrategias están dadas por los renglones de la matriz. El tamaño de la matriz está determinado por el número de jugadores y el número de estrategias disponibles. Los elementos de la matriz pueden tener cualquier tipo de unidades siempre que represente con exactitud la utilidad del jugador en el resultado correspondiente. Un elemento α_i de la matriz de pagos se denomina **punto silla** si α_i es el mínimo de la i -ésima fila y el máximo de la j -ésima columna.

Uno de los resultados más importantes de la Teoría de Juegos es el criterio de decisión minimax, que se utiliza para obtener la estrategia óptima; éste se basa en un criterio pesimista; en el sentido que se supondrá que el oponente jugará de manera intachable según sus posibilidades.

El criterio minimax dice que un jugador debe elegir la estrategia que minimice la máxima pérdida para sí mismo. De manera equivalente, si se analizan los pagos en lugar de pérdidas este criterio es minimax; es decir maximiza el pago para el jugador. Entre las alternativas que puede elegir el jugador se encuentran **las estrategias puras y mixtas**; se les llama puras a las estrategias originales y las mixtas son resultado de una combinación de estrategias puras.

El **valor del juego o punto de equilibrio** indica la mínima pérdida que puede obtener un jugador al utilizar su estrategia óptima. Cuando el valor del juego es cero se dice que se trata de un **juego justo** y si ningún jugador tiene motivos para considerar un cambio de estrategias ni para quedar en ventaja respecto a su oponente ni para evitar que su oponente quede con ventaja se dice que se obtiene una **solución estable** de lo contrario se tiene una **solución inestable**.

Algunos de los métodos que utiliza la teoría de juegos para alcanzar el objetivo propuesto por los jugadores son los siguientes.

a) Técnicas de punto silla: Esta técnica consiste en aplicar el criterio minimax a la matriz de pagos que permitirá verificar si el juego tiene punto silla, el cual nos define la estrategias puras que debe utilizar un jugador para maximizar sus pérdidas. Por lo regular, esta técnica se aplica a juegos bipersonales, finitos y de suma cero.

Existen juegos en los cuales no se puede obtener ni un solo punto silla, para estos casos hay algunos métodos que permiten obtener para cada juego la estrategia mixta óptima que determina el valor del juego, este resultado lo garantiza el **Teorema minimax**, que expresa que cuando se tengan estrategias mixtas, el par de estrategias que es óptimo de acuerdo con el criterio minimax proporciona una solución estable de manera que ninguno de los dos jugadores puede cambiar mejorando su estrategia. A continuación se mencionan las condiciones en que opera cada método.

b) Conceptos de dominación: Este método consiste en ir eliminando estrategias de ambos jugadores hasta reducir la matriz; se puede eliminar una estrategia cuando está dominada por otra, es decir, si existe otra estrategia que siempre es al menos tan buena como ésta sin importar lo que hace el oponente.

c) Métodos algebraicos o matriciales: Este método se utiliza cuando el juego es bipersonal, de suma cero, y cuando el número de estrategias disponibles de cada jugador sean exactamente dos y consiste en obtener los pagos esperados para cada jugador al utilizar sus distintas estrategias y utilizando un procedimiento algebraico obtener una estrategia mixta óptima.

d) Métodos gráficos: Este método se utiliza cuando el juego es de suma cero, dos personas y cuando el número de estrategias disponibles de cualquiera de los dos oponentes sean únicamente dos; consiste en realizar una gráfica de pagos esperados para cada jugador y la gráfica se utiliza para identificar el punto que maximiza el mínimo pago esperado y la estrategia minimax al oponente. El pago esperado es una función lineal con variables que representan la probabilidad que hay en utilizar cada estrategia para ambos oponentes.

e) Programación lineal: La técnica de programación lineal sirve para resolver juegos bipersonales de suma cero, con una matriz de pagos de orden n,m , ($n,m \geq 2$).

La Teoría de juegos tiene algunas limitantes que le impiden ser una herramienta aplicable a problemas prácticos; debido a que para elaborar la matriz de pagos se necesita conocer el curso de acción que tomará el oponente como respuesta a una estrategia seleccionada por el otro. Es decir, por lo general no existen los "intermediarios de información". Sin embargo, para este caso se tiene conocimiento de las posibles alternativas con las que cuenta cada jugador.

3.2 Definición del juego

En 1995 se realizaron algunos cambios al mercado de Gas Natural entre ellos figura la sustitución de Gas Licuado por Gas Natural en el sector doméstico, este fenómeno se llevará a cabo de forma gradual, y se tiene conocimiento de que se efectuará en centros de población y desarrollos urbanos ubicados en los estados del norte del país, como son: Baja California Norte, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. A continuación se hace mención de dichos lugares

Centros de Población y Desarrollos Urbanos

Mexicali, BCN.
 Chihuahua, Cuauhtémoc-Anáhuac y Delicias, Chih.
 Hermosillo, Guaymas, Empalme, Son.
 Nuevo Laredo, Tamps.
 Saltillo-Ramos Arizpe-Arteaga, Coah.
 Tampico, Cd. Madero, Altamira, Tamps.
 Área Metropolitana de Monterrey, NL.
 Matamoros, Tamps.
 Piedras Negras, Coah.
 Cd. Juárez, Guadalupe, Distrito de Bravos, Pradexis G. Guerrero, Distrito de Bravos y Villa Ahumada, Chih.

En la mayoría de estos lugares se consume Gas Licuado, por lo que al efectuarse la sustitución de combustibles el volumen total consumido por estos sitios disminuirá, ya que instalar la infraestructura para distribuir Gas Natural es un poco mas complicado que para distribuir Gas Licuado, la sustitución de combustibles en los hogares del norte del país no comprende el desplazamiento absoluto del Gas Licuado del mercado; sino mas bien esta sustitución se refiere a que el crecimiento anual del Gas Licuado que se tiene programado tenderá a disminuir; por lo que en este juego el mercado que pelearán los contrincantes será precisamente el incremento anual de 1997-1998 que registra la demanda del Gas Licuado; únicamente en los lugares mencionados anteriormente, por lo que a continuación se muestra su demanda anual y el incremento de 1997-1998. (Ver Anexo I).

| Demanda proyectada 1997 (Tons) | Demanda proyectada 1998 (Tons) | Incremento 1997-1998 (%) |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1,247,145 | 1,362,023 | 11.06 |

El enfoque bajo el cual se abordará esta situación de competencia entre el Gas Licuado y Gas Natural responde a la necesidad de conocer para cada jugador las operaciones en materia de comercialización que generan mayores ingresos, para ello se dispone de la siguiente información:

| <i>Volumen de demanda total proyectada para 1998</i> | | | |
|--|-------------------------|---------------------------|---------------|
| <i>Gas Natural</i> | | <i>Gas Licuado</i> | |
| <i>Unidades</i> | <i>m³</i> | <i>Unidades</i> | <i>Kg.</i> |
| Volumen total | 179,740,203 | Volumen total. | 150,429,000 |
| Volumen de gas nacional. | 26,961,030 | Volumen de gas nacional. | 22,564,000 |
| Volumen de gas importado. | 152,779,173 | Volumen de gas importado. | 127,865,000 |
| <i>Precios proyectados para 1998</i> | | | |
| <i>Gas Natural</i> | | <i>Gas Licuado</i> | |
| <i>Unidades</i> | <i>\$/m³</i> | <i>Unidades</i> | <i>\$/Kg.</i> |
| Precio Pemex | 1.082 | Precio Pemex | 2.294 |
| Precio de importación | 1.075 | Precio de importación. | 1.775 |
| Precio de exportación. | 1.037 | Precio de exportación | 1.457 |

Cuadro 3.1

El modelo que se utilizará en este capítulo tiene como función el evaluar la sustitución de Gas Licuado por Gas Natural, el cual se define como un juego de dos personas y de suma cero ya que la captación del mercado que obtenga un oponente la perderá el otro.

Para efectos de este juego el primer participante será la Subdirección de Gas Licuado y Petroquímicos Básicos encargados de la comercialización del Gas Licuado y se identificará con X_L , mientras que el segundo jugador será la Subdirección de Gas Natural y Azufre encargada de la comercialización del Gas Natural y se identificará con X_N .

Por otro lado, los supuestos y bases sobre las cuales se efectuará este juego son los siguientes.

3.2.1 Bases

- Este estudio se realizará tomando en cuenta que para los centros de población y desarrollos urbanos citados anteriormente, se efectuará el cambio de combustibles, el cual comenzará a operar a principios de 1997 como se tiene programado.
- La demanda total de los lugares donde se realizará la sustitución fue estimada a partir del incremento real que se registró en la demanda de los centros de población y desarrollos urbanos de 1995-1996 (Ver anexo I).

- Los precios del Gas Natural para 1998 se estimaron de acuerdo a cifras reales de 1996 y se ajustaron a los precios del Gas Natural en los Estados Unidos (Ver anexo IV).
- Para poder expresar los ingresos que obtenga cada jugador al utilizar sus posibles estrategias en moneda nacional, se utilizará el tipo de cambio que se espera para 1998, el cual es de 8.60\$/Dl.¹
- El volumen de Gas Licuado que se destina al consumo por parte del sector "carburación" es mínimo con respecto al volumen de ventas internas; por lo que se considera que el 100% de las ventas que se registran en estos centros y desarrollos urbanos es dedicado al sector doméstico.
- El estado físico del Gas Natural y licuado son distintos; mientras que el Gas Natural se mide en unidades de volumen, el Gas Licuado se mide en unidades de masa, por lo que para poder establecer una comparación entre los datos de ambos combustibles, es necesario expresar las cifras de estos productos en unidades similares; para ello hay que tomar en cuenta aspectos como la densidad del Gas LP y el poder calorífico de ambos productos, para así determinar la cantidad de unidades de volumen (metros y/o pies cúbicos) que equivalen a una unidad de masa (Kilogramos). De esta manera *1Kg. de Gas Licuado = 1,3434 m³ de Gas Natural*; una vez que las cifras de ambos productos se encuentren en las mismas unidades se dirá que los datos se encuentran corregidos en base al poder calorífico (Ver anexo V).

3.2.2 Supuestos

- Se asumirá que los porcentajes de producto nacional e importado para 1998 son los mismos que se dieron en 1996 (Ver anexo III).
- Se asumirá que el volumen de demanda de los centros de población y desarrollos urbanos es el que se registra en cada municipio donde se localizan dichos lugares.
- Se asumirá que el precio proyectado de Gas Licuado para 1998 esta libre de subsidios.
- Se asumirá los ingresos como utilidades

La información anterior es muy minuciosa y considerada por Petróleos Mexicanos como confidencial, por lo que no se autoriza su utilización en documentos públicos.

¹ Fuente, El Financiero, Secc. Economía, Marzo 4, 1997 pag. 28.

3.3 Establecimiento de estrategias

Las estrategias para el jugador X_i se representan por X_{ij} donde $i = 1,5$

- X_{11} : Satisfacer la demanda del mercado al 100% con producto nacional.
- X_{12} : Satisfacer la demanda del mercado al 100% con producto importado.
- X_{13} : Satisfacer la demanda del mercado en diferentes proporciones del 15% y 85% con producto nacional e importado respectivamente.
- X_{14} : Satisfacer la demanda del mercado en diferentes proporciones del 85% y 15% con producto nacional e importado respectivamente.
- X_{15} : Abandonar la competencia exportando el 100% del volumen (prod. nac.) destinado a cubrir el mercado

Las estrategias para el jugador X_j se representan por X_{ij} donde $j = 1,8$

- X_{21} : Satisfacer la demanda del mercado al 100% con producto nacional.
- X_{22} : Satisfacer la demanda del mercado al 100% con producto importado.
- X_{23} : Satisfacer la demanda del mercado en diferentes proporciones del 15% y 85% con producto nacional e importado respectivamente.
- X_{24} : Satisfacer la demanda del mercado en diferentes proporciones del 85% y 15% con producto nacional e importado respectivamente.
- X_{25} : Abandonar la competencia exportando el 100% del volumen (producto nacional) destinado a cubrir el mercado
- X_{26} : Abandonar la competencia enviando al sector industrial el 100% del volumen en proporciones del 85 y 15% del mercado con producto nacional e importado respectivamente.
- X_{27} : Abandonar la competencia enviando al sector industrial el 100% del volumen en proporciones del 15 y 85% del mercado con producto nacional e importado respectivamente.
- X_{28} : Abandonar la competencia exportando el 100% del volumen (producto nacional) destinado a cubrir el mercado.

3.3.1 Definición de estrategias y su costo

La primera estrategia contempla los ingresos que cada participante obtendrá si distribuye al 100% su producto nacional con el fin de cubrir la demanda total del mercado.

En la segunda estrategia se determinan los ingresos que perciba cada jugador si suministrara al 100% producto importado, con el objetivo de satisfacer la demanda total del mercado.

La tercera y cuarta estrategias se encargarán de obtener los ingresos que se generen para cada oponente por surtir en proporciones (no necesariamente iguales) su producto, tanto nacional como importado logrando abarcar la demanda total del mercado competido.

Mediante la quinta estrategia se determinan los ingresos que cada contrincante obtendrá por abandonar el mercado y explotar otras tareas de comercialización: en este caso, que el jugador X_1 envíe el producto a la exportación, y el jugador X_2 lo haga al sector industrial en lugar de dedicarlo al mercado compartido.

A través de las estrategias sexta y séptima se obtienen los ingresos que obtenga el jugador X_2 por enviar su producto al sector industrial en diferentes proporciones (no necesariamente iguales) tanto nacional como importado en vez de dedicarlo al mercado competido.

La última estrategia determina los ingresos que obtenga el jugador X_2 por abandonar el mercado y dedicarse a exportar el producto en lugar de suministrarlo al mercado competido.

Para determinar los pagos de la matriz es necesario definir los elementos que los integran.

- $VDTPX_1$: Volumen de demanda total proyectada para el Gas Licuado
- $VDNPX_1$: Volumen de demanda de Gas Licuado nacional proyectada
- $VDIPX_1$: Volumen de demanda de Gas Licuado importado proyectada
- $VDTPX_2$: Volumen de demanda total proyectada para el Gas Natural equivalente a $VDTPX_1$
- $VDNPX_2$: Volumen de demanda de Gas Natural nacional proyectada equivalente a $VDNPX_1$
- $VDIPX_2$: Volumen de demanda de Gas Natural importado proyectada equivalente a $VDIPX_1$

- PX_N : Precio unitario de Gas Natural
- PX_L : Precio unitario de Gas Licuado
- PIX_N : Precio de importación (unitario) de Gas Natural
- PIX_L : Precio de importación (unitario) de Gas Licuado
- PXE_N : Precio de exportación (unitario) de Gas Natural
- PXE_L : Precio de exportación (unitario) de Gas Licuado
- PSX_N : Precio unitario del Gas Natural que se vende al sector industrial

Ahora se calcularán las α_i que representan los pagos en que incurren los jugadores X_L y X_N por utilizar la i -ésima y j -ésima estrategia respectivamente donde $i = 1,5; j = 1,8$

$$\alpha_{11} = \{(VDTPX_L \cdot PX_L) - (VDTX_L \cdot PX_N)\}$$

| | | |
|--|---|--|
| Ingreso para X_L por cubrir el mercado con gas nacional. | - | Ingreso para X_N por cubrir el mercado con gas nacional. |
|--|---|--|

Si el ingreso de X_L es mayor que el de X_N , entonces, X_L ganará la cantidad α_{11} de lo contrario perderá la misma cantidad.

$$\alpha_{12} = \{(VDTPX_L \cdot PX_L) - (VDTPX_N \cdot (PX_N - PIX_N))\}$$

| | | |
|--|---|---|
| Ingreso para X_L por cubrir el mercado con gas nacional. | - | Ingreso para X_N por cubrir el mercado con gas importado. |
|--|---|---|

Si el ingreso de X_L es mayor que el de X_N , entonces, X_L ganará la cantidad α_{12} de lo contrario perderá la misma cantidad.

$$\alpha_{13} = \{(VDTPX_L \cdot PX_L) - ((VDNPNX_N \cdot PX_N) + (VDIPX_N \cdot (PX_N - PIX_N)))\}$$

| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| Ingreso para X_L por cubrir el mercado con gas nacional. | - | Ingreso para X_N por cubrir el 15% del mercado. | + | Ingreso para X_N por cubrir el 85% del mercado con producto importado. |
|--|---|---|---|--|

Si el ingreso de X_L es mayor que el de X_N , entonces, X_L ganará la cantidad α_{13} de lo contrario perderá la misma cantidad.

$$\alpha_{14} = \{(VDTPX_L * PX_L) - ((VDNPX_N * PEX_N) + (VDIPX_N * (PIX_N - PX_N)))\}$$

| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| Ingreso para X _L por cubrir el mercado con gas nacional. | - | Ingreso para X _N por cubrir el 15% del mercado con prod. Importado. | + | Ingreso para X _N por cubrir el 85% del mercado con producto nacional. |
|--|---|---|---|--|

Si el ingreso de X_L es mayor que el de X_N, entonces, X_L ganará la cantidad α_{14} de lo contrario perderá la misma cantidad.

$$\alpha_{15} = \{(VDTPX_L * PX_L) - (VDTPX_N * PSX_N)\}$$

| | | |
|--|---|---|
| Ingreso para X _L por cubrir el mercado con gas nacional. | - | Ingreso para X _N por dedicar el 100% del mercado (prod. nac.) al sector industrial. |
|--|---|---|

Si el ingreso de X_L es mayor que el de X_N, entonces, X_L ganará la cantidad α_{15} de lo contrario perderá la misma cantidad.

$$\alpha_{16} = \{(VDTPX_L * PX_L) - ((VDNPX_N * PSX_N) + (VDIPX_N * (PSX_N - PIX_N)))\}$$

| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| Ingreso para X _L por cubrir el mercado con gas nacional. | - | Ingreso para X _N por dedicar el 15% de producto nacional. al sector industrial. | + | Ingreso para X _N por dedicar el 85% de producto importado al sector industrial. |
|--|---|---|---|--|

Si el ingreso de X_L es mayor que el de X_N, entonces, X_L ganará la cantidad α_{16} de lo contrario perderá la misma cantidad.

$$\alpha_{17} = \{(VDTPX_L * PX_L) - ((VDNPX_N - (PSX_N - PIX_N)) + (VDIPX_N * PX_N))\}$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ingreso para X_L por cubrir el mercado con gas nacional. | - | Ingreso para X_N por dedicar el 85% de producto nacional al sector industrial. | + | Ingreso para X_N por dedicar el 15% de producto importado al sector industrial. |
|---|---|---|---|---|

Si el ingreso de X_L es mayor que el de X_N , entonces, X_L ganará la cantidad α_{17} de lo contrario perderá la misma cantidad.

$$\alpha_{18} = \{(VDTPX_L * PX_L) - (VDTPX_N * PEX_N)\}$$

| | | |
|--|---|--|
| Ingreso para X_L por cubrir el mercado con gas nacional | - | Ingreso para X_N por exportar el 100% de producto nacional. |
|--|---|--|

Si el ingreso de X_L es mayor que el de X_N , entonces, X_L ganará la cantidad α_{18} de lo contrario perderá la misma cantidad.

$$\alpha_{2k} = \{(VDTPX_L * (PX_L - PIX_L)) - (\text{El segundo término de cada } \alpha_{1j} \text{ donde } j = 1, 8)\}$$

| | | |
|---|---|-------|
| Ingreso para X_L por cubrir el mercado con gas importado | - | |
|---|---|-------|

Si el ingreso de X_L es mayor que el de X_N , entonces, X_L ganará la cantidad α_{2k} de lo contrario perderá la misma cantidad.

$$\alpha_{3i} = \{(VDNPX_i * PX_i) + (VDIPX_i * (PX_i - PIX_i)) - (\text{El segundo término de cada } \alpha_{ij} \text{ donde } j, i = 1,8)\}$$

| | | | | |
|---|---|---|---|-------|
| Ingreso para X_i por cubrir el 15% del mercado con gas nacional | + | Ingreso para X_n por cubrir el 85% del mercado con prod. importado | - | |
|---|---|---|---|-------|

Si el ingreso de X_i es mayor que el de X_n , entonces, X_i ganará la cantidad α_{2i} de lo contrario perderá la misma cantidad.

$$\alpha_{4m} = \{(VDNPX_i * (PX_i - PIX_i)) + (VDIPX_i * PX_i) - (\text{El segundo término de cada } \alpha_{ij} \text{ donde } j, m = 1,8)\}$$

| | | | | |
|--|---|---|---|-------|
| Ingreso para X_i por cubrir el 15% del mercado con gas importado | + | Ingreso para X_n por cubrir el 85% del mercado con prod. nacional | - | |
|--|---|---|---|-------|

Si el ingreso de X_i es mayor que el de X_n , entonces, X_i ganará la cantidad α_{4m} de lo contrario perderá la misma cantidad.

$$\alpha_{5n} = \{(VDNPX_i * PEX_i) - (\text{El segundo término de cada } \alpha_{ij} \text{ donde } j, n = 1,8)\}$$

| | | |
|--|---|-------|
| Ingreso para X_i por exportar el 100% de producto nacional | + | |
|--|---|-------|

Si el ingreso de X_i es mayor que el de X_n , entonces, X_i ganará la cantidad α_{5n} de lo contrario perderá la misma cantidad.

por lo que la matriz de juegos quedara como sigue

| | 100% nacional | 100% importado | Proporciones nac. (85%) e import. (15%) | Proporciones nac. (85%) e import. (15%) | Sector industrial 100% prod. nac. | Sector industrial prod. nac. (15%) e import. (85%) | Sector industrial prod. nac. (85%) e import. (15%) | Exportando |
|---|------------------|-------------------|---|---|--|--|--|---------------|
| Prod. Nacional 100% | α_{11} | α_{12} | α_{13} | α_{14} | α_{15} | α_{16} | α_{17} | α_{18} |
| Prod. Importado 100% | α_{21} | α_{22} | α_{23} | α_{24} | α_{25} | α_{26} | α_{27} | α_{28} |
| Proporciones nac. (15%) e import. (85%) | α_{31} | α_{32} | α_{33} | α_{34} | α_{35} | α_{36} | α_{37} | α_{38} |
| Proporciones nac. (85%) e import. (15%) | α_{41} | α_{42} | α_{43} | α_{44} | α_{45} | α_{46} | α_{47} | α_{48} |
| Exportando e Exportando | α_{51} | α_{52} | α_{53} | α_{54} | α_{55} | α_{56} | α_{57} | α_{58} |

3.4. Ejecución del juego

Utilizando la información que se proporciona el cuadro 3.1, se determinan el valor de las variables mencionadas anteriormente y los costos de las estrategias definidas para cada jugador.

| | | | |
|----------|-------------|--------|-------|
| VDTPXL = | 133.795.000 | PXN = | 1.082 |
| VDNPXL = | 20.069.250 | PXL = | 2.294 |
| VDIPXL = | 113.725.750 | PIXN = | 1.075 |
| VDTPXN = | 179.740.203 | PIXL = | 1.775 |
| VDNPXN = | 26.961.030 | PEXN = | 1.037 |
| VDIPXN = | 152.779.173 | PEXL = | 1.457 |
| | | PSXN = | 1.113 |

| | | | | | |
|---------------|-------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| α_{11} | 112.350.024 | α_{21} | -125.136.101 | α_{31} | -89.513.182 |
| α_{12} | 305.679.781 | α_{22} | 68.193.656 | α_{32} | 103.816.575 |
| α_{13} | 276.680.317 | α_{23} | 39.194.192 | α_{33} | 74.817.111 |
| α_{14} | 141.349.488 | α_{24} | -96.136.637 | α_{34} | -178.561.047 |
| α_{15} | 106.743.254 | α_{25} | -130.742.871 | α_{35} | -95.119.952 |
| α_{16} | 271.073.547 | α_{26} | 33.587.422 | α_{36} | 69.210.341 |
| α_{17} | 135.742.717 | α_{27} | -101.743.408 | α_{37} | -66.120.489 |
| α_{18} | 120.448.693 | α_{28} | 117.037.432 | α_{38} | -81.414.513 |
| α_{41} | 76.727.106 | α_{51} | 363.609 | | |
| α_{42} | 270.156.862 | α_{52} | 193.696.366 | | |
| α_{43} | 241.057.399 | α_{53} | 164.393.902 | | |
| α_{44} | 105.726.569 | α_{54} | 29.363.073 | | |
| α_{45} | 71.120.335 | α_{55} | -5.243.161 | | |
| α_{46} | 235.450.628 | α_{56} | 159.087.132 | | |
| α_{47} | 100.119.799 | α_{57} | 23.756.302 | | |
| α_{48} | 84.825.774 | α_{58} | 8.462.278 | | |

Aquí los valores de las α_i , donde $i = 1,5; j = 1,8$ que son positivos se traducen en ingresos y los negativos representan egresos para X_i ; por el contrario para X_j , los positivos expresan ingresos y los negativos reflejan egresos.

Utilizando la técnica de punto silla tenemos la siguiente matriz.

| | Prod.nac. al 100% | Prod.nac. al 100% | Proporciones Prod.nac. (85%) e import. (15%) | Proporciones Prod.nac. (85%) e import. (15%) | Sector industrial (100% prod. nac.) | Sector industrial (15% e import.) | Sector industrial (85% e import.) | Exportando | | |
|--|----------------------|----------------------|---|---|--|--|--|------------|-------------|--|
| Prod. Nac. al 100% | 112,350,024 | 305,079,781 | 78,680,317 | 111,349,435 | 106,743,254 | 2,271,073,547 | 33,742,717 | 20,448,693 | 106,743,254 | |
| Prod. Import. al 100% | 125,136,101 | 63,193,656 | 39,194,172 | 66,616,617 | 107,42,871 | 31,884,432 | 10,743,403 | 17,037,452 | 107,42,871 | |
| Proporciones nac. (85%) e import. (15%) | 89,513,182 | 103,816,573 | 67,171,113 | 78,561,017 | 91,119,932 | 7,092,10,341 | 6,020,489 | 10,743,453 | 107,42,871 | |
| Proporciones nac. (85%) e import. (15%) | 67,787,196 | 103,816,573 | 103,339,999 | 103,378,569 | 77,120,335 | 35,450,623 | 6,011,999 | 8,823,774 | 77,120,335 | |
| Exportando | 141,609 | 121,693,366 | 141,691,902 | 39,333,073 | 241,161 | 19,097,132 | 11,356,202 | 4,623,778 | 141,609 | |
| | 112,350,024 | 305,079,781 | 78,680,317 | 111,349,435 | 106,743,254 | 2,271,073,547 | 33,742,717 | 20,448,693 | | |
| | | | minmar | 106,743,254 | | | | | | |

3.5 Solución del juego

Cada jugador hará su elección independientemente del otro y la matriz es conocida para ambos: estos definirán las estrategias que garanticen mayor seguridad, es decir que maximicen su utilidad:

Si XL selecciona la estrategia

- X_{L1} : El mínimo que puede obtener es 106,743,254
- X_{L2} : El mínimo que puede obtener es -130,742,841
- X_{L3} : El mínimo que puede obtener es -178,561,047
- X_{L4} : El mínimo que puede obtener es -71,120,335
- X_{L5} : El mínimo que puede obtener es -5,243,161

Por lo que X_L se inclinará por la estrategia X_{L1} , ya que su objetivo es maximizar sus mínimas ganancias. En contraparte, si X_N selecciona la estrategia

- X_{N1} :El máximo que puede perder es 112,350,024
- X_{N2} : El máximo que puede perder es 305,679,781
- X_{N3} : El máximo que puede perder es 276,680,317
- X_{N4} : El máximo que puede perder es 141,349,488
- X_{N5} : El máximo que puede perder es 106,743,254
- X_{N6} : El máximo que puede perder es 271,073,547
- X_{N7} : El máximo que puede perder es 135,742,717
- X_{N8} : El máximo que puede perder es 120,448,693

Por lo tanto X_N le conviene utilizar la estrategia X_{N5} , ya que su objetivo consiste en minimizar su mayor pérdida; de esta manera como $\alpha_{L1} = 106,743,254$ es al mismo tiempo el mínimo de la fila 1 y el máximo de la columna 5 se dice que este es un punto silla, por lo tanto el valor del juego es 106,743,254; el cual representa la ganancia que obtendría X_L sobre X_N al lograr ganar el mercado competido. De esta forma al representar una ganancia para X_L representa una pérdida para X_N .

La solución del juego es óptima ya que en la matriz de pagos se pudo localizar un punto silla, el cual señala a las estrategias puras de ambos jugadores que representan la mejor opción para cada uno de ellos.

3.6 Interpretación de Resultados

Los resultados del juego obedecen fundamentalmente a que los precios proyectados para 1998 de ambos productos observan grandes diferencias. La causa principal es la eliminación gradual de subsidios que está sufriendo el precio del Gas Licuado a nivel nacional la cual originará que:

- ◆ El precio del Gas Licuado nacional sea mas alto que el precio de Gas Licuado de importación
- ◆ El precio de Gas Licuado de importación sea mas alto que el precio de exportación
- ◆ El precio del Gas Licuado sea mucho mayor al precio del Gas Natural.

La mejor alternativa con la que cuenta el jugador N_1 es vender exclusivamente producto nacional en el mercado, obteniendo una ganancia de aproximadamente 107 millones de pesos a fines de 1998; cuya cantidad también representa los egresos en que incurriría el jugador N_2 por abandonar el mercado dirigido al sector doméstico y enviar su producto nacional al sector industrial, la cual es su mejor opción, debido a que las cifras estimadas para 1998 a nivel nacional revelan que el precio del Gas Natural para el sector industrial es mayor por 0.031 centavos con respecto al precio del Gas Natural para el sector doméstico.

La mejor estrategia para ambos jugadores consiste en distribuir producto nacional, esto se debe principalmente a que el precio nacional del producto será mayor que el precio del producto importado para 1998; en el caso del Gas Licuado por 0.52 centavos y en el de Gas Natural por 0.07 centavos; obteniendo así un ingreso por comprar producto del extranjero; aún cuando ambos jugadores obtengan un ingreso por importar producto, éste es muy pequeño con respecto al precio nacional por cada unidad de combustible.

De acuerdo con los resultados del juego, el jugador N_1 tendrá la misión de colocar su producto nacional en el mercado competido mientras que su oponente, el jugador N_2 , deberá abandonar dicho mercado, enviando al sector industrial el volumen de producto nacional equivalente al volumen total que demanda el mercado estudiado.

CONCLUSIONES

A nivel nacional, el precio del Gas Licuado siempre ha sido más alto que el precio del Gas Natural, de acuerdo a las proyecciones para 1998 se tiene que el kilogramo de Gas Licuado es 1.212 pesos más alto que su equivalente de Gas Natural,¹ mientras esto suceda el jugador X_L obtendrá mayores ingresos por colocar su producto en el mercado.

A pesar de que la sustitución de Gas Licuado por Gas Natural ya sea un hecho, la aplicación de la Teoría de Juegos ha demostrado que los ingresos que obtenga el jugador X_L con respecto a su contrincante (X_N), estará en función de la diferencia de precios, tanto del Gas Natural como del Gas Licuado y entre los precios de las diferentes opciones de comercialización.

Lo anterior será posible y rentable mientras que el jugador X_L elimine todos los subsidios al precio del Gas Licuado, medida que se esta poniendo en práctica, ya que los subsidios se han ido eliminando gradualmente.

Con el afán de reducir los índices de contaminación se aprobó la sustitución de combustibles en el sector doméstico; sin embargo, hay que mencionar que el Gas Natural y licuado son considerados como fuentes de energía limpia. Además si por cuestiones de contaminación se trata, el problema se vería resuelto en cierta medida con la sustitución de combustóleo por Gas Natural en el sector industrial ya que la contaminación por la utilización de combustóleo es mucho más severa que la que produce el uso del Gas Licuado.

Hablando de los estados del norte del país como son: Sonora Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas los índices de contaminación no son tan alarmantes comparados con los de la Ciudad de México por lo que dichos de la región norte pueden considerar para aplicar los resultados del juego.

Es necesario mencionar que el utilizar el Gas Licuado como combustible puede representar un gran ahorro de energía y a que el poder calorífico del Gas LP es más alto que el del Gas Natural; es decir que para calentar un galón de agua se requiere menor cantidad de Gas Licuado que de Gas Natural.

¹ donde 1 Kg. de Gas Licuado = 1.2434 m³ de gas natural

Es un hecho que el volumen del mercado por el que ambos jugadores están compitiendo es pequeño, debido a que éste solo representa el incremento que se estima tendrá la demanda anual de 1997-1998 que aproximadamente es de 134 mil kilogramos de Gas Licuado. A pesar de ello, es importante que Pemex Gas y Petroquímica Básica analice dos cosas: por un lado la posibilidad de que el jugador X_1 se dedique a suministrar producto nacional a todos los hogares y prescindir en la medida de lo posible del producto importado; por otra parte, que el jugador X_2 se enfoque a distribuir la mayor parte de su producto nacional al sector industrial. Es necesario analizar estas medidas inicialmente para los sectores ubicados en el norte del país donde se registra la competencia.

En el caso de que PGPB decidiera implementar lo anterior el reto más grande que enfrentaría ambos jugadores sería el de colocar su producto nacional. En 1996 el jugador X_1 cubría el 85% de la demanda de la zona estudiada con Gas Licuado de importación y el resto con Gas Natural (por cuestiones de precios). El jugador X_2 deberá enfrentarse a la nueva competencia siendo su tarea implementar algunas medidas mediante las cuales pueda convencer a las compañías distribuidoras de Gas Natural a comprar el mayor volumen de Gas Natural que sea posible.

Los consumidores del sector doméstico no se verían perjudicados ya que no se requieren quemadores especiales para cada combustible y algo que es importante mencionar es que se daría un ahorro importante de energía ya que el poder calorífico del Gas LP es más alto que el de Gas Natural, a pesar de que el Gas LP es un poco más contaminante que el natural se considera que las emisiones de bióxido de carbono² producidas por la combustión del Gas Licuado en los hogares es mínima.

Con respecto al abasto de ambos productos, Pemex a través de la subsidiaria correspondiente (PEP) ha garantizado que la producción de Gas Natural se incrementará ya que en este momento se encuentran trabajando en algunos proyectos que involucran la exploración y explotación de yacimientos de Gas Natural dentro de la República Mexicana, por lo que concierne a la producción de Gas Licuado, a incrementar la producción de Gas Natural, se incrementará también la de Gas LP por ser su principal fuente de obtención, el tratamiento de los condensados del Gas Natural.

El hecho de que la mejor opción de comercialización para ambos jugadores sea suministrar producto nacional al 100% en sus respectivos mercados no implica que ellos no puedan realizar las tareas de exportación, esta labor generará más ingresos para cada uno de ellos siempre y cuando haya disponibilidad de producto.

Por otra parte, espero que éste trabajo sea de utilidad a las personas interesadas en la materia.

² Regularmente en el sector doméstico se lleva a cabo la combustión completa.

Anexo II

**PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE GAS LICUADO PARA 1998 EN LA
REGIÓN ESTUDIADA.**

| Ciudad | Volumen real 1995 (Tons). | Volumen real 1996 (Tons). | Incremento 1995-1996 (%) | Volumen proyectado 1997 (Tons). | Volumen proyectado 1998 (Tons). |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--|--|
| Mexicali, BCN. | 96,224 | 108,029 | 11,805 | 119,834 | 131,639 |
| Anáhuac, Chih. | 2,235 | | | | |
| Cd. Juárez, Chih. | 157,164 | 197,530 | 40,366 | 237,896 | 278,263 |
| Cuauhtémoc, Chih. | 52,995 | 58,769 | 5,774 | 64,543 | 70,318 |
| Chihuahua, Chih. | 104,088 | 145,816 | 41,730 | 187,548 | 229,276 |
| Delicias, Chih. | 32,470 | 38,760 | 6,290 | 45,050 | 51,340 |
| Villa Ahumada, Chih. | 4,611 | 4,939 | 328 | 5,267 | 5,595 |
| Arteaga, Coah. | 5,077 | 5,133 | 56 | 5,189 | 5,248 |
| Piedras Negras, Coah. | 2,202 | 2,509 | 307 | 2,815 | 3,123 |
| Saltillo, Coah. | 97,970 | 101,880 | 3,910 | 105,790 | 109,699 |
| Apodaca, N.L. | 4,267 | 4,469 | 202 | 4,671 | 4,872 |
| Cerralvo, N.L. | 3,246 | 3,896 | 650 | 4,546 | 5,196 |
| Ciénega de Flores, N.L. | 6,724 | 6,962 | 238 | 7,200 | 7,438 |
| Dr. González, N.L. | 3,972 | 4,393 | 421 | 4,814 | 5,235 |
| Escobedo, N.L. | 4,210 | 3,711 | -499 | 3,212 | 2,713 |
| Guadalupe, N.L. | 34,705 | 39,197 | 4,492 | 43,689 | 48,180 |
| Mier, N.L. | 835 | | | | |
| Monterrey, N.L. | 29,190 | 31,630 | 2,440 | 34,070 | 36,511 |
| San Nicolás Garza, N.L. | 34,574 | 37,675 | 3,101 | 40,776 | 43,877 |
| San Pedro Garza García, N.L. | 4,155 | 4,407 | 252 | 4,659 | 4,910 |
| Santa Catarina, N.L. | 41,753 | 43,510 | 1,757 | 45,267 | 47,023 |
| Villa de García, N.L. | 1,857 | 1,911 | 54 | 1,965 | 2,019 |
| Villa Juárez, N.L. | 4,354 | 4,389 | 35 | 4,424 | 4,459 |
| Guaymas, Son. | 8,442 | 8,588 | 146 | 8,734 | 8,879 |
| Hermosillo, Son. | 86,383 | 95,961 | 9,578 | 105,539 | 115,116 |
| Altamira, Tamps. | 15,812 | 16,412 | 600 | 17,012 | 17,612 |
| Matamoros, Tamps. | 33,913 | 32,835 | -1,078 | 31,757 | 30,679 |
| Miguel Alemán, Tamps. | 16,581 | 6,446 | -135 | 6,311 | 6,176 |
| Nuevo Laredo, Tamps. | 17,247 | 20,758 | 3,511 | 24,269 | 27,781 |
| Tampico, Tamps. | 46,361 | 45,897 | 536 | 46,433 | 46,969 |
| DEMANDA TOTAL | 942,617 | 1,076,412 | 133,795 | 1,210,207 | 1,344,002 |

Fuente: Pemex Gas y Petroquímica Básica. Demanda de Gas Licuado, origen-destino, 1996

Por lo tanto los próximos años tendremos que

| Año | 1997 | 1998 |
|--------------------|-----------|-----------|
| Demanda (tons.) | 1,210,207 | 1,344,002 |

Por lo que el volumen del mercado competido es de 133,745 toneladas anuales.

Anexo III

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PRODUCTO NACIONAL E IMPORTADO QUE MANEJA LA TERMINAL DE REYNOSA

| Volumen que llega a la terminal de Reynosa | Volumen de producción nacional anual en Reynosa | Volumen de producto importado |
|--|---|-------------------------------|
| 79,502 Toneladas | 41,398 Toneladas | 38,103 Toneladas |

⇒ que aproximadamente el 52% es producto nacional y el 48% es producto importado por lo que se aplicarán estos mismos porcentajes para determinar el volumen de producto nacional e importado que se utiliza en los centros de población y desarrollos urbanos provenientes de Reynosa.

| Volumen que sale de Reynosa con destino a los centros de población y desarrollos urbanos | Volumen de producto nacional utilizado en los centros de población y desarrollos urbanos | Volumen de producto importado utilizado en los centros de población y desarrollos urbanos |
|--|--|---|
| 20,427 Toneladas | 10,622 Toneladas | 9,805 Toneladas |

Fuente: Pemex gas y Petroquímica Básica, Balance y Oferta de Gas Licuado, 1996.

Anexo III

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PRODUCTO NACIONAL E IMPORTADO QUE CONSUME LA REGIÓN ESTUDIADA

| Demanda 1996 (tons) | Producción Nacional (tons) | Volumen total importado (excepto Reynosa) (tons) | Volumen total importado por Reynosa (tons) |
|---------------------|----------------------------|--|--|
| 1 076,412 | 157,303 | 909,304 | 9,805 |
| | | | 919,109 |

Fuente: Pemex Gas y Petroquímica Básica

⇒ que aproximadamente el 85% de la demanda total es producto importado y el 15% restante es producto nacional por lo tanto que estos mismos porcentajes se aplicarán al incremento de la demanda 1997-1998.

| Incremento de la demanda 1997-1998 (tons) | Producción Nacional (tons) | Volumen total importado (tons) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| 133,795 | 20,069 | 113,726 |

Ver anexo II

Anexo IV

PROYECCIÓN DE PRECIOS DE GAS NATURAL PARA EL SECTOR DOMÉSTICO.

El precio Pemex (unitario) de gas natural fue ajustado a la dinámica que presenta el precio del gas natural que se da en los Estados Unidos.

| Año | Valor de ventas internas (\$) | Volumen de ventas internas (m ³) | Estimación del precio Pemex (\$/m ³) |
|------|-------------------------------|--|--|
| 1995 | 218,000,000 | 692,488,419 | 0.3148 |
| 1996 | 618,000,000 | 1,072,392,509 | 0.6101 |

Fuente : Memoria de Labores De 1996.

| Año | Precios de Gas Natural en EU. (Dls/m ³) | Tendencia de precios en México (Dls/m ³) | (\$/m ³) |
|------|--|---|----------------------|
| 1995 | 0.0720 | 0.0490 | |
| 1996 | 0.0965 | 0.0803 | |
| 1997 | 0.0830 | 0.0938 | |
| 1998 | 0.0831 | 0.0937 | 0.8058 |

El precio de importación (unitario) de gas natural fue ajustado a la tendencia que registra el precio del gas natural en el sur de California

| Año | Valor de las importaciones (\$) | Volumen de las importaciones (m ³) | Estimación de precio (\$/m ³) |
|------|---------------------------------|--|---|
| 1995 | 99,000,000 | 1,788,047,412 | 0.0555 |
| 1996 | 67,000,000 | 868,934,336 | 0.0772 |

Fuente : Memoria de Labores de 1996.

| Año | Precios de Gas en el sur de California (Dls/m ³) | Tendencia de precios en México (Dls/m ³) | (\$/m ³) |
|------|---|---|----------------------|
| 1995 | 0.0689 | 0.0553 | |
| 1996 | 0.0843 | 0.0860 | |
| 1997 | 0.0801 | 0.0902 | |
| 1998 | 0.0805 | 0.0898 | 0.7723 |

El precio de exportación (unitario) se ajusto a la variación del precio de gas natural en el sur de California.

| Año | Valor de las exportaciones (\$) | Volumen de las exportaciones (m ³) | Estimación del precio de exportación (\$/m ³) |
|-------|---------------------------------|--|---|
| 1995 | 12,000,000 | 217,048,609 | 0.0553 |
| 1996* | 32,000,000 | 372,083,330 | 0.0860 |

Fuente : Memoria de Labores 1996.

| Año | Precio Spot del Gas en el sur de California (Dls/m ³) | Tendencia de precios en México (Dls/m ³) | (\$/m ³) |
|------|---|--|----------------------|
| 1995 | 0.0569 | 0.0554 | |
| 1996 | 0.0908 | 0.0772 | |
| 1997 | 0.0874 | 0.0805 | |
| 1998 | 0.0748 | 0.0931 | 0.7723 |

Nota: El tipo de cambio que se proyecta para 1998 es de 8.60 \$/Dl*.

* Fuente: El Financiero, Marzo 4, 1997 pag. 28. Secc. Economía.

Anexo V

CONVERSIÓN DE UNIDADES DE GAS LICUADO A UNIDADES DE GAS
NATURAL

Datos:

Gas Licuado:

densidad: $1\text{cm}^3 = 0,5423\text{gr}$

Poder Calorífico: $11,365\text{ Kcal} = 1\text{Kg}$.

Gas Natural:

Poder Calorífico: $8460\text{Kcal} = 1\text{m}^3$

Cálculos:

$11,365\text{ Kcal} = 1\text{Kg}$. De gas licuado

// $1\text{Kg} = 1000\text{ gr}$. //

$\Rightarrow 11,365\text{ Kcal} = 1\text{gr}$.

// $1\text{cm}^3 = 0,5423\text{gr} \Rightarrow 1\text{gr} = 1,8440\text{cm}^3$ //

por lo que

$11,365\text{ Kcal} = 1\text{gr} = 1,8440\text{ cm}^3$ de gas licuado

Ahora vemos cuantos cm^3 de gas natural se necesitan para producir $11,365\text{ Kcal} = 1\text{gr}$. de gas licuado.

$8460\text{ Kcal} = 1\text{m}^3$ de gas natural

// $1\text{m}^3 = 1,000,000\text{cm}^3$ //

\Rightarrow

$0,0085\text{ Kcal} = 1\text{cm}^3$ de gas natural

$11,365\text{ Kcal} = X$

$X = 11,365/0,0085 = 1343,3806\text{ cm}^3$ de gas natural

$\Rightarrow 1\text{gr}$. de gas licuado = $1343,3806\text{ cm}^3$ de gas natural

Ahora tenemos que

$1343,3806\text{ cm}^3$ de gas natural = $(1343,3806/1,000,000)\text{ m}^3$ de gas natural

$\Rightarrow 1\text{gr}$. de gas licuado = $1/1000\text{Kg}$.

$\Rightarrow 1/1000\text{Kg}$. De gas licuado = $1343,3806/1,000,000\text{ m}^3$ de gas natural.

$\Rightarrow 1\text{Kg} = 1343,3806/1000\text{ m}^3$

por lo que

1Kg . de gas licuado = $1,3434\text{m}^3$ de gas natural.

***Nota:** El poder calorífico y la densidad de una sustancia varía dependiendo de la presión y la temperatura a la que se someta, por lo que para efectos de este trabajo, la densidad y el poder calorífico que se utilicen corresponderán a una presión absoluta de un 1 Kg/cm² y a una temperatura de 20°C, conocidas como condiciones estándares. La densidad que se utilizará para realizar las conversiones necesarias será una densidad promedio de las que se registran en los centros productores de gas licuado ya que este dato varía año con año y dependiendo del centro productor.

BIBLIOGRAFÍA

Taha, A. Hamdy.

Investigación de Operaciones.

2a edición, Ed. Alfaomega

México D.F., 1993.

Hillier, Frederick S. et al

Introducción a la Investigación de Operaciones.

2a. edición, Ed. McGrawHill.

México D.F.

Prawda, Witenberg Juan.

Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones.

Vol. II Ed. Limusa

México D.F. 1990.

Gallager, A. Charles et al

Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en Administración.

1era. Edición, Ed. McGrawHill.

México D.F. 1994.

Morton, D. Davis

Teoría de Juegos: Una introducción no Técnica.

2a. Edición, Ed. Alianza.

Madrid, España, 1997.

Binmore, Ken.

Teoría de Juegos.

1era. Edición, Ed. McGrawHill.

Madrid, España, 1997.

Pemex

Memoria de Labores 1995

Marzo de 1996.

Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Coordinación de Ingeniería de Proyectos de Explotación
PGPB

Análisis de costos de los distribuidores de Gas Natural. Informe final.

Petróleos Mexicanos

Pemex Lex, Revista Jurídica de Pemex Num. 97-98

Julio-Agosto 1996.

IMIQ: Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C.

Reportaje especial "Perspectivas de Gas Natural en México", Marzo-Abril 1996.

Secretaría de Energía, Pemex etc..

Prospectiva del mercado del Gas Natural 1996-2005, "Resumen"

México D.F. 1997.