



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**



**EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA**

**“ANTEPROYECTO PARA UNA PLANTA DE  
ALMACENAMIENTO DE GAS L.P.”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A :**

**ESTEBAN PEDRO JIMENEZ ESCOBAR**

**MEXICO, D.F.**

**1982**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



## CAPITULO I

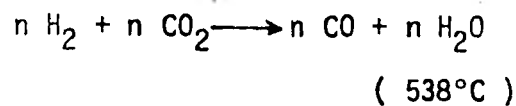
### I N T R O D U C C I O N

Pocas materias de investigación han excitado más las especulaciones, que el origen del petróleo y pocas se hallan tan cargadas de literaturas al respecto. Sin embargo, se tiene que admitir que el origen del Petróleo es un problema excepcional.

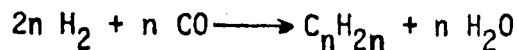
Las respuestas que se han presentado a esta temática son bastantes, sin embargo, las más importantes son: La teoría orgánica y la inorgánica, las cuales a grandes rasgos se resumen:

1.- TEORIA ORGANICA. Atribuye su génesis a los organismos vegetales o animales que existieron en otras épocas y que al quedar sepultados en los fondos de los mares y lagos, aunado a esto el efecto tanto de la presión como de temperatura, se convirtió en una mezcla de hidrocarburos. Se tiene que la conversión de material orgánico en petróleo requiere el depósito bajo el agua, ya que al no tener oxígeno libre, se impidió la descomposición en bióxido de carbono y agua.

2.- TEORIA INORGANICA. Esta ofrece una secuencia de complejidad más acorde; aún cuando la superficie de la tierra estaba semilíquida y plástica con ríos esporádicos de lava, la atmósfera se constituía de  $\text{CO}_2$  (Bióxido de Carbono),  $\text{H}_2$  (Hidrógeno) y  $\text{H}_2\text{O}$  (vapor). Conforme se aumentaba la concentración de hidrógeno se incrementaba el bióxido de carbono.



Bajo las elevadas temperaturas en que se encontraba la reacción - de síntesis resulta inevitable.



Esta reacción puede ocurrir con o sin catalizadores como el hierro o níquel y a temperaturas cercanas a 540° C.

Las teorías no están en desacuerdo y es muy probable que el petróleo pueda tener ambos orígenes.

El Petróleo crudo es un líquido de consistencia oleaginosa, café oscuro, verdoso casi siempre compuesto exclusivamente por hidrocarburos.

El conocimiento del petróleo (del griego Petro = piedra y del latín oleum = aceite; (aceite de piedra), es antiguo en la humanidad, se cree que los fuegos perpetuos de los templos paganos, hayan sido manantiales de gas natural encendidos en la superficie. Los indios americanos lo vendían con el nombre de "Aceite Seneca" principalmente para curar el reumatismo.

Los nativos de Papantla empleaban el petróleo para diferentes usos, entre ellos para la limpieza de sus dentaduras.

En el México antiguo se le conocía con el nombre de "CHAPOPOCTLI"

del náhuatl CHAHUATL = grasa y POCTIL = humo, (humo de grasa); con la llegada de los españoles se castillanizó la palabra por la de Chapopote o Chapapote.

Fué en el año de 1858 cuando el norteamericano, Coronel Drake, -- tratando de perforar un pozo de agua, en TITUSVILLE, PENN. hizo brotar petróleo del subsuelo.

Aunado a la inteligencia del hombre, se empezaron a extraer otros productos de este filón lodoso; no tardó mucho tiempo en florecer y en 1860 nace la industria de la refinición que ha avanzado en la actualidad con pasos gigantescos a tal grado que ya no hay productos desperdiciados, ya que todas las riquezas contenidas en el petróleo bruto se utilizan o pueden ser empleadas.

Existe una gran variedad de productos derivados del petróleo los cuales varían en los tres estados básicos de la materia como son:

GASES.- Gas natural, gases licuados del petróleo, propileno, etc.

LICUADOS.- Gasolinas, gasolventes, ácidos orgánicos, etc.

SOLIDOS.- Asfalto, emulsiones asfálticos, chapopote, etc.

Los gases derivados del petróleo tienen grandes aplicaciones, dentro de los procesos industriales; sin embargo el gas licuado del petróleo y el gas natural tienen gran demanda dentro de los servicios domésticos, ya -

que son ampliamente buscados por su limpieza de combustión; sin embargo es necesario definir el concepto de gas natural y gas licuado del petróleo.

GAS NATURAL.- Es un gas combustible compuesto por hidrocarburos parafínicos, que se encuentran en el subsuelo. Se obtiene tanto en campos de gas como en pozos petroleros. El que se extrae de campos de gas consiste, en un mayor proporción, de los hidrocarburos más ligeros (gases permanentes o semi-permanentes, no licuables a la temperatura ordinaria y bajo presiones débiles). Metano y Etano. Sin embargo, mezclados a este gas natural y en estado de vapor, aunque en menor proporción, se tienen otros hidrocarburos gaseosos y líquidos denominados "Líquidos de Gas Natural" dentro de los cuáles se encuentran usualmente el propano, butano, pentano, --- hexanos, heptanos y otros más pesados.

Uno de los componentes del gas natural es el Metano, que se desprende de los fondos de los pantanos, por lo usual se le conoce también con el nombre de "Gas de los Pantanos".

Asimismo se encuentra en las minas de carbón en donde, al combinarse con el aire, constituye una mezcla explosiva denominada "Grisu" que, al contacto con cualquier fuente de ignición, detona.

GAS LICUADO DEL PETROLEO.- Con este término se denomina a cualquier producto que esté compuesto principalmente por cualesquiera de los siguientes hidrocarburos o mezclas de ellos: Propano, Propileno, Butano, (normal e isobutano) y Butilenos.

La mas importante característica de estos hidrocarburos es la de licuarse a presiones moderadas, lo cual ha sido aprovechado, dando como resultado su amplísima distribución, además de la economía y facilidad de transporte que representan los recipientes que lo contienen .

Puede decirse por otra parte, que precisamente la fácil evaporación de los gases licuados de petróleo a la presión atmosférica y temperaturas reducidas, fué la que dió origen a esta importante actividad. Comunmente, para abreviar al nombre de gas licuado del petróleo se hace con las siglas " Gas L.P."

Los productos que constituyen al Gas L.P. casi nunca se encuentran libres en la naturaleza; sin embargo, el hombre ha encontrado diferentes procesos por medio de los cuales se obtiene como un producto secundario, siendo los más importantes:

- A.- En plantas de absorción de gasolina natural, empleando como materia prima el "Gas Húmedo" ó el "Gas Seco".
- B.- En plantas cíclicas ó ciclotizadoras del gas condensado.
- C.- En las refinerías a través de procesos de destilación y de conversión de destilados intermedios para obtención de gasolina de alto octanaje.
- D.- A partir de gas natural a gran presión en plantas criogénicas.

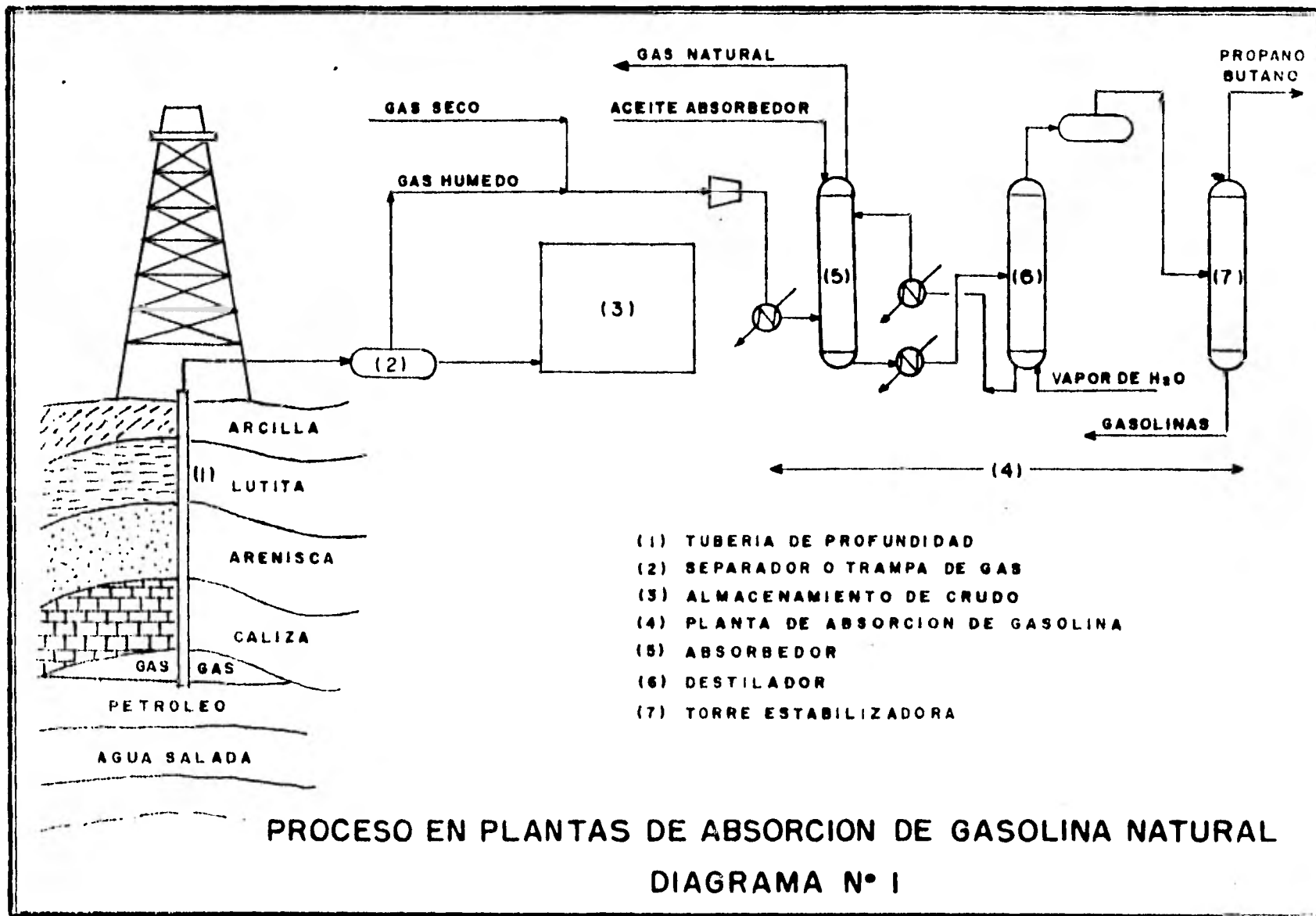


A.- PROCESO EN PLANTAS DE ABSORCION DE GASOLINA NATURAL.- El proceso se ilustra en la figura No. 1. El petróleo crudo contiene aceite y -- gases combinados, por lo que son conducidos por la tubería de profundidad (1) hasta llegar al separador o trampa de gas (2). Se separa el crudo en la parte inferior y se lleva a depósitos de almacenamiento (3), el "Gas Humedo" (parte de los hidrocarburos gaseosos se encuentran en solución con el aceite a grandes presiones es decir, están saturados de líquidos denominados líquidos de gas natural, y por ello se le llama gas humedo), sale por la parte superior y es conducido a una planta de absorción de gasolina (4). En caso de ser "Gas seco" (hay campos llamados de gas natural que producen gas sin ninguna producción de aceite crudo y se le denomina gas seco), el proceso es el mismo del "Gas Humedo".

Los gases se comprimen y enfrían, para luego ser pasados a un absorbedor (5), contra corriente pasa el aceite absorbedor y retiene el propano, butano y gasolina natural, de las cabezas se obtiene gas natural casi en su totalidad libre de los líquidos de gas natural.

El líquido de absorción se retira por la parte inferior y se le denomina ahora "Aceite Rico", el cuál se calienta y es conducido a un destilador (6), en donde, por embullición y empleando vapor de agua, se le extrae el propano, butano y la gasolina natural, que junto con el vapor, sale por la parte superior.

El líquido del destilado es enfriado y recirculado a la parte superior del absorbedor (5) y ahora se le llama "Aceite Pobre".



- (1) TUBERIA DE PROFUNDIDAD
- (2) SEPARADOR O TRAMPA DE GAS
- (3) ALMACENAMIENTO DE CRUDO
- (4) PLANTA DE ABSORCION DE GASOLINA
- (5) ABSORBEDOR
- (6) DESTILADOR
- (7) TORRE ESTABILIZADORA

Se separa el vapor condensado ó agua de los hidrocarburos, y estos pasan a una torre estabilizadora (7) en la cual se separan la mayor parte de propano, butanos y fracciones ligeras del Gas L.P. de la gasolina natural -- que es extraída por los fondos y entregada a refinería para mezcla con otras gasolinas.

El gas que sale por la parte superior de la torre estabilizadora - es enviado a otras torres fraccionadoras para separar el propano, butano y - fracciones ligeras.

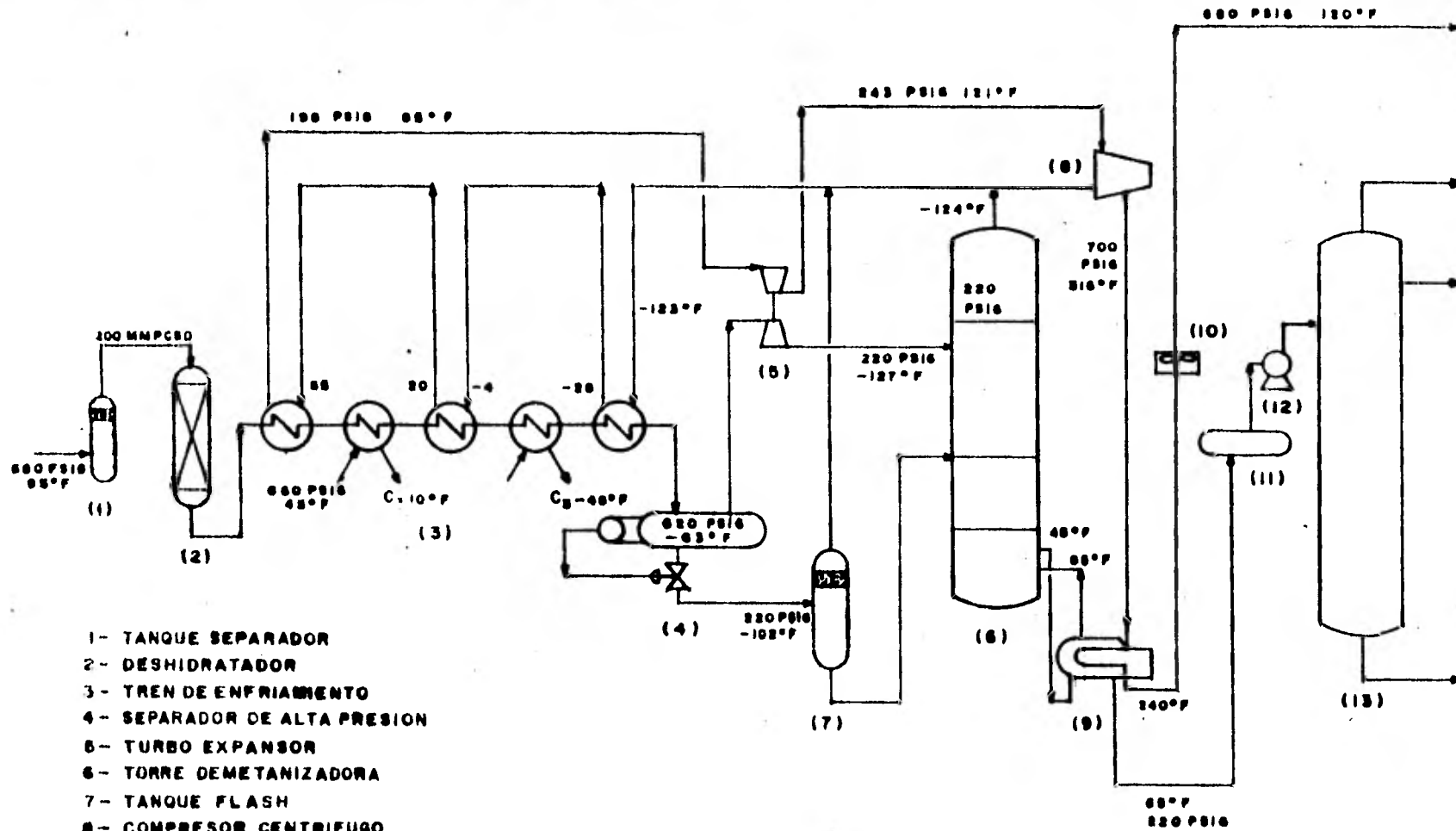
La recuperación de los líquidos absorbidos por el aceite absorbe-- dor y la separación de productos finales es similar.

B.- EN PLANTAS CICLICAS O CICLOTIZADORAS.- La recuperación de los líquidos absorbidos por el aceite absorbedor y la separación hasta la obten-- ción de productos finales es similar al proceso en una planta de absorción - de gasolina natural. A diferencia que el gas natural en lugar de entubarlos para redes de distribución, se reinyecta al yacimiento para mantener la pre-- sión.

C.- PROCESO EN LAS REFINERIAS.- El petróleo crudo contiene peque-- ños porcentajes de Gas L.P., el cual es recuperado en algunas refinerías, si-- guiendo un proceso de absorción y luego de fraccionamiento (destilación frac-- cionada). En este tipo de proceso el azufre contenido en el Gas L.P. es re-- movido y posteriormente purificado.

En otras plantas es posible obtener grandes cantidades de propano, propilenos y butano por medio de operaciones de "Crackeado".

D.- PROCESO CRIOGENICO.- El gas entra a la planta a 680 psig y -95°F pasa a través de un tanque separador (1) asegurando que no pase agua líquida o hidrocarburos a los deshidratadores (2), en donde es secado hasta tener un punto de rocío abajo de -100°F.- Después pasa por un tren de enfriamiento (3) que emplea propileno hasta obtener una temperatura de 63°F y presión de 620 psig de aquí fluye a un separador de alta presión (4) para remover líquidos condensados. El gas del separador de alta presión es expandido por medio de un turboexpansor (5) a 220 psig y (el turboexpansor es una turbina generalmente del tipo de flujo radial de reacción para lograr un máximo de eficiencia posible de acuerdo a los requerimientos causados -- por bajas temperaturas). La expansión baja la temperatura a -127°F y produce una licuefacción parcial con una recuperación cercana de 2,400 H.P.; esta mezcla de 2 fases es enviada a la sección superior de una torre demetanzadora (6). Los líquidos del tanque separador son enviados a un tanque flash (7) en donde baja la temperatura a -102°F a una presión de 220 psig y de éste a la torre demetanzadora (6). Los vapores del domo de la demetanzadora y la corriente del gas residual fluyen hacia el tren de enfriamiento (3) para enfriar el gas deshidratado. Luego del intercambio de calor, el gas residual es recomprimido de 196 a 243 psig por un compresor centrífugo accionado por el turboexpansor (5) este gas pasa a un compresor centrífugo (8) accionado por turbina de vapor o gas.- Para lo cual sale a 700 psig y -316 °F y se emplea para suministrar el calor requisito por el rehervidor -- (9) de la demetanzadora.



- 1- TANQUE SEPARADOR
- 2- DESHIDRATADOR
- 3- TREN DE ENFRIAMIENTO
- 4- SEPARADOR DE ALTA PRESION
- 5- TURBO EXPANSOR
- 6- TORRE DEMETANIZADORA
- 7- TANQUE FLASH
- 8- COMPRESOR CENTRIFUGO
- 9- REHERVIDOR
- 10 INTERCAMBIADORES DE AIRE
- 11- TANQUE DE BALANCE
- 12- BOMBAS
- 13- TORRE FRACCIONADORA

**GAS NATURAL A GRAN PRESION EN PLANTAS  
CRIOGENICAS**

Para lo cual sale a 700 psig y 316 °F y se emplea para suministrar el calor requisito por el rehervidor (9) de la demetanizadora.- Posteriormente es enfriado con intercambiadores de aire (10) hasta 120 °F y 680 psig para reintegrarlo al gasoducto. El producto demetanizado fluye a un tanque de balance (11) donde es bombeado (12) a una torre fraccionadora (13) en donde se obtiene propano, butano y gasolinas como producto principal.

## CAPITULO II

### PROPIEDADES DEL GAS L.P.

El Gas L.P. es un hidrocarburo, derivado del petróleo y cuyas características le permiten pasar al estado líquido con temperaturas y presiones relativamente bajas. Esta propiedad ha sido ampliamente aprovechada, dando como consecuencia a una amplísima distribución desde usos generales en la industria, hasta llegar a la agricultura; aunado a esto la gran versatilidad de los aceros de los que actualmente se dispone, se requiere menos de 1-Kg. de lámina para contener a 1 Kg. de propano puro o cualquier gas licuado de petróleo.

En el estado líquido no tiene color, tampoco olor: no contiene humedad y, en general, no es tóxico (no es venenoso); sin embargo, es peligroso aspirar el gas en grandes concentraciones, ya que puede provocar la muerte por asfixia, de la misma manera en que muere una persona ahogada, o sea por falta de oxígeno. Esto ha obligado a tomar medidas de seguridad, para lo cual al Gas L.P. se le ha agregado una substancia que indique a una persona de olfato normal cuando existe una concentración en el aire igual o mayor de la quinta parte del límite inferior de inflamación. Los odorantes recomendados son Etil-Mercaptano o de Tiofano en las siguientes proporciones:

1 Kg. de etil-mercaptano por cada 80,000 lts. (40,000 Kg. aprox.) de Gas L.P. ó bien 1 Kg. de tiofano por cada 57,000 lts. ó (28,500 Kg. aprox.) de Gas L.P.

En condiciones de 760 mm Hg y 15°C el Gas L.P. en estado gaseoso pesa más que el aire ya que tiene una densidad para el propano de 1.522 y para el n-butano de 2.008 ambos en Kg/lt.

Una de las principales propiedades que se emplea en el Gas L.P. es su capacidad de vaporización, ya que cuando el propano y el butano se extraen del recipiente que los contiene, a la temperatura y presión del medio ambiente se vaporizan rápidamente y la relación de expansión de líquido a vapor es a razón de 269 por uno de propano y 234 por uno de n-butano.

Por la propiedad arriba señalada, una fuga de gas es en extremo peligrosa ya que al tener un lugar por donde escaparse, este tenderá a depositarse en el suelo, aumentando su nivel conforme el tiempo avanza.

Para que exista una combustión con Gas L.P., es necesario contar con la mezcla Gas-Aire adecuado, no siendo mayor de su límite de inflamabilidad (propano 9.5 y butano 8.4) ni menor de su límite inferior (propano 2.4 y butano 1.9); cuando se encuentra dentro de esos rangos, se tiene una mezcla explosiva.

Otro punto que es importante analizar es la temperatura teórica que se obtiene en la combustión de un carburante; bajo condiciones ideales, en un laboratorio se ha logrado obtener para el propano 1,925° C (3,497° F) y para el n-butano 1,895° C (3,443° F) teniéndose como mezclas para estas temperaturas el porcentaje de gas de 4.4% y el n-butano 3.5%.



La temperatura de encendido o de ignición es aquella en la cual la flama se autopropaga, debido a que el calor de la combustión es lo suficientemente grande para mantener la reacción; a presión atmosférica el propano tiene  $582^{\circ}\text{C}$  ( $1,080^{\circ}\text{F}$ ) y el n-butano  $549^{\circ}\text{C}$  ( $1,020^{\circ}\text{F}$ ) a una presión de  $13.6\text{ Kg/cm}^2$  ( $200\text{ lb/in}^2$  absolutas), y en el caso de una mezcla aire-Gas L.P. es alrededor de  $343.3^{\circ}\text{C}$  ( $650^{\circ}\text{F}$ ).

Punto Flash es la temperatura a la cual un carburante debe ser calentado, antes de que se tenga suficiente vapor para su encendido, es decir la temperatura mínima a la cual el vapor se incendia, para el n-butano es de  $-60^{\circ}\text{C}$  ( $-76^{\circ}\text{F}$ ).

PROPIEDADES FISICAS DE HIDROCARBUROS

<u>PROPIEDAD</u>	<u>METANO</u>	<u>ETANO</u>	<u>n-PROPANO</u>	<u>n-BUTANO</u>
1.- Fórmula Molecular	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
2.- Peso Molecular	16.042	30.068	44.084	58.120
3.- Temperatura de Ebullición (760 mm Hg) en °C	161.57	-88.6	-42.1	-0.5
4.- Punto de Fusión en °C	182.5	-183.3	-187.7	-138.3
5.- Límites de inflamabilidad (% de Gas en el Aire)	Inf.5 Sup.13	3.22 12.45	2.37 9.5	1.86 8.41
6.- Densidad crítica ( °C)	0.162	0.203	0.226	0.226
7.- Temperatura crítica ( °C)	-82.5	32.3	0.31	38.68
8.- Volumen crítico (m <sup>3</sup> /Kg-mol)	0.098	0.146	0.198	0.252
9.- Presión crítica (ATM)	45.8	48.2	42	37.5
10.- Temperatura de flama ( °C)	18.80	18.95	19.25	18.95
11.- Velocidad de flama en un tubo de 1"m/seg	0.66	0.8636	0.8128	0.8382
12.- M <sup>3</sup> de aire <sub>2</sub> para quemar 1 M <sup>3</sup> de gas	9.53	16.67	23.82	30.97

Dentro de las propiedades físicas es importante hacer notar la relación que existe entre la presión de vapor y la temperatura.

El mejor ejemplo de esta intrínseca relación se tiene cuando a un recipiente cerrado que contiene Gas L.P. (en estado líquido y gaseoso) y se le succiona el vapor, inmediatamente se inicia la ebullición tumultuosa del líquido hasta que se restablece el equilibrio entre la fase gaseosa y la líquida, ya que el gas hierve a bajas temperaturas; sin embargo, si la demanda es demasiado grande se provocará un abatimiento de presión de vapor, es decir el sistema no tendría tiempo de vaporizar la cantidad necesaria de líquido o sea que se tiene un desequilibrio termodinámico, lo cual daría como consecuencia un enfriamiento excesivo, y la humedad del medio ambiente se congelaría en la zona de líquido del tanque; este caso es común encontrarlo cuando la capacidad de vaporización no fué calculada de acuerdo a la demanda.

#### Presiones de Vapor (manométricas) para Propano y Butano

Temperatura ( °C)	Propano (Kg/cm <sup>2</sup> )	Butano (Kg/cm <sup>2</sup> )
-1.11	3.6279	-
0	3.79	-
7.22	4.9147	0.3445
12.77	5.9482	0.6398
22	7.65	1.19
32.22	10.49	2.095
40.55	13.02	2.93
55	18.32	4.70

Por otra parte el Gas L.P. no es empleado únicamente para aprovechar su poder calorífico sino que es posible utilizarlo en la petroquímica como materia prima para la síntesis de los siguientes productos:

P R O P A N O

ACIDO ACETICO	$\text{CH}_3 - \text{COOH}$
ACIDO FORMICO	$\text{H} - \text{COOH}$
TETRACLORURO DE CARBONO	$\text{CCL}_4$
ETILENO	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$
TETRACLORO ETILENO	$\text{CL}_2\text{C} = \text{CCL}_2$
NITRO PROPANO	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NO}_2$
NITRO ETANO	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NO}_2$
PROPILENO	$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$
ACETALDEHIDO	$\text{CH}_3 - \text{CHO}$
FORMALDEHIDO	$\text{CH}_2 = \text{O}$
ACETONA	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$
METANOL	$\text{CH}_3 - \text{OH}$
ETANOL	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
ISOPROPANOL	$(\text{CH}_3)_2 - \text{OH} - \text{OH}$

B U T A N O

ACETALDEHIDO	$\text{CH}_3\text{-CHO}$
ACIDO ACETICO	$\text{CH}_3\text{-COOH}$
ACETONA	$\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$
ACIDO BUTIRICO	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$
ALCOHOL BUTILICO	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$
FORMALDEHIDO	$\text{CH}_2\text{=O}$
METIL ETIL-CETONA	$\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_3$
METANOL	$\text{CH}_3\text{-OH}$
ETANOL	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$
AC. PROPIONICO	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$

Es conveniente hacer la comparación del poder calorífico del Gas L.P. con respecto a otros combustibles en barriles y metros cúbicos.

GAS L.P. (1)	1'051,500	Kcal/B	4'172,619 BTU/B
GAS NATURAL	8,460	Kcal/m <sup>3</sup>	33,571 BTU/m <sup>3</sup>
GASOLINAS	1'295,700	Kcal/B	5'141,667 BTU/B
KEROSINAS	1'405,700	Kcal/B	5'578,175 BTU/B
DIESEL	1'469,600	Kcal/B	5'831,746 BTU/B
COMBUSTOLEO	1'593,000	Kcal/B	6'321,429 BTU/B

(1) Tomando una densidad de 0.540 Ton/m<sup>3</sup>.

Un análisis somero indica que el poder calorífico del Gas L.P. - en comparación con los demás, no es bajo sino que puede entrar en competencia con ellos.

Este energético se encuentra dentro de los que más aplicaciones tienen; se cree que existen más de 10,000 usos diferentes, dentro de los cuáles el campo de la industria es donde presenta su mayor empleo; como ya se ha dicho, esto es debido a su gran limpieza de combustión, ya que se consume casi en su totalidad sin dejar residuos, y lanzando al medio ambiente cantidades mínimas de monóxido de carbono.

Dentro de su aprovechamiento en la República Mexicana se ha logrado hacer 5 grandes divisiones, sin incluir su participación como materia prima en la petroquímica, que son:

APROVECHAMIENTO	%
1.- Doméstico	76.3
2.- Comercial	12.97
3.- Industrial	9.4
4.- Agrícola	0.57
5.- Carburación	0.14
6.- Otros	0.62

## CAPITULO III

### ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

Siempre que se va a efectuar una inversión a gran escala fuese del tipo que fuese es necesario fundamentarlo en estudios técnicos y socioeconómicos lo más completos posibles a fin de que la inversión sea recuperable en un tiempo mínimo y obtener el máximo de ventajas con lo que respecta a la competencia.

Para realizar el estudio del cálculo de la capacidad de almacenamiento de la planta de gas, tema de esta tesis, fué necesario fundamentarlo en el VIII y IX Censo General de Población de los años 1960 y 1970 respectivamente publicados por la Dirección General de Estadística de la Secretaría de Industria y Comercio. Así como del informe de labores editado por Petróleos Mexicanos, datos proporcionados por el Departamento de Gas de la Secretaría de Patrimonio Y Fomento Industrial además de la información facilitada por las empresas distribuidoras de este energético.

A continuación se expone la base para el estudio de la capacidad.

La capacidad total instalada de Gas, L.P. en la Ciudad de México y Zona Metropolitana ( Coacalco, Ecatepec, Huizquilucan, Naucalpan, Netzahuacoyotl, Tlalnepantla y Tultitlán ) en el año de 1980 es de 16'783,868 lts. -- de agua al 100%; sin embargo es necesario hacer la siguiente aclaración: todos los tanques de almacenamiento, por medida de seguridad dictada en la --- Norma Oficial Mexicana NOM-X-12-1969, deberán de contar con válvulas de máxi-

mo llenado; estas operan al tenerse un 85% de llenado de la capacidad total - del tanque (esta disposición previene la posibilidad de un sobrellenado de -- los recipientes almacenadores) por esta razón se tiene que la capacidad de -- almacenamiento efectiva es de 14'221,238 lts. de agua. Sin embargo también - es necesario considerar los incrementos en capacidad que las plantas de gas - han realizado en los últimos años.

AÑO	CAPACIDAD EN LTS. DE AGUA AL 100%	CAPACIDAD EFECTIVA EN LTS. DE AGUA AL 85%	INCREMENTOS %
1974	12'216,481	10'384,009	BASE
1976	14'336,798	12'186,278	17.35
1978	15'038,164	12'782,440	4.89
1980	16'730,868	14'221,238	11.25

Como se puede observar estos incrementos no han sido lineales ni - tienen un comportamiento definido: a continuación se elaboró una lista con -- todas las plantas que brindan el servicio a la Cd. de México y su Zona Metro- politana, con sus capacidades de almacenamiento y efectivas, así como el núme ro de auto tanques con que cuentan cada una.



PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS L.P. UBICADAS EN EL D.F. Y ZONA METROPOLITANA.

RAZON SOCIAL	UBICACION	CAPACIDAD AL 100% DE LTS. DE AGUA	CAP. AL 85%	NO. DE AUTO TANQUES
1.- ALMACENADORA DE GAS, S.A.	CALZ. DE LA LAGUNA NO.9 STA. CLARA, EDO. DE MEXICO	653,151	555,178	5
2.- BELLO GAS	EMILIANO MENA NO. 3 SAN JUAN IXHUATEPEC, EDO. DE MEXICO	500,000	425,000	2
3.- CENTRAL DE GAS, S.A. DE R.L.	KM. 45 CARR. MEXICO-QUERETARO TEPOTZOTLAN, EDO. DE MEXICO	474,000	402,900	9
4.- CENTRO GAS, S.A.	PROL. INGENIEROS MILITARES NO. 146 MEXICO 16, D.F.	228,734	194,424	10
5.- COMBUSTIBLES LICUADOS Y EQUIPOS, S.A.	KM. 14+500 CARR. MEXICO-LARE- DD STA. CLARA, EDO. DE MEXICO	533,445	453,428	7
6.- CIA. DE ESTUFAS Y GAS, S.A.	PONIENTE 140 NO. 829 CDL.--- INDUSTRIAL VALLEJO, MEXICO 16 D.F.	234,230	199,096	4
7.- CIA. HIDROGAS COMBUSTIBLES S.A.	AVE. JUAREZ S/N SAN PABLO XAL- PA, EDO. DE MEXICO	515,787	438,419	2
8.- CIA. MEXICANA DE COMBUSTIBLES, S.A.	AVE. TALISMAN NO. 488 SAN JUAN DE ARAGON, MEXICO 14, D.F.	609,576	518,140	14
9.- CIAS. UNIDAS DE GAS, S.A.	NORTE 35 NO. 717 COL. INDUSTRIAL VALLEJO MEXICO 15, D.F.	68,130	57,911	3
10.- DANIEL VELA, S.A.	AVE. SAN JOSE NO. 33 SAN JUAN - IXHUATEPEC, EDO. DE MEXICO	784,505	666,829	13
11.- EQUIPOS Y GAS, S.A.	KM. 6+680 SUPERCARRETERA MEXICO-TLAHUAC	1,000,000	850,000	17
12.-FLAMA GAS, S.A.	CALZ. LA LAGUNA NO. 25 STA. CLARA ECATEPEC, EDO. DE MEXICO	425,311	361,514	13

13. GAS AMERICA, S.A.	KM. 15+500 DE LA CARRETERA MEXICO-LAREDO ECATEPEC, EDO. DE MEXICO	500,000	426,000	13
14. GAS BUTANO DE MEXICO, S.A.	AVE. ING. EDUARDO MOLINA 6688 MEXICO 14, D.F.	311,729	264,970	6
15. GAS CHAPULTEPEC, S.A.	SIDERURGIA S/N EN XALOSTOS EDO. DE MEXICO	268,174	227,948	6
16. GAS LICUADO DE MEXICO, S.A.	PROL. AVE. SAN ANTONIO NO. 80 SAN PEDRO DE LOS PINOS	334,250	284,112	4
17. GAS METROPOLITANA, S.A.	CARLOS E. ZETINA Y SIDERURGIA SAN PEDRO XALOSTOC, EDO. DE MEXICO	907,700	771,545	38
18. GAS MEX, S.A. DE C.V.	AVE. ING. EDUARDO MOLINA NO. 6640 MEXICO 14, D.F.	218,508	185,732	8
19. GAS NARVARTE, S.A.	CARLOS B. ZETINA Y SIDERURGIA SAN PEDRO XALOSTOC, EDO. DE MEXICO	234,840	199,614	10
20. GAS PARA ESTUFAS, S.A.	ORIENTE 171 NO. 316, COL. ARAGON MEXICO 14, D.F.	201,383	171,176	9
21. GAS PRESTO, S.A.	EMILIANO ZAPATA NO. 95 SAN JUAN IXHUATEPEC, EDO. DE MEXICO	197,210	167,714	15
22. GAS SUPREMO, S.A.	KM. 13+500 CARR. MEXICO-LAREDO STA. CLARA, EDO. DE MEXICO	255,080	216,818	10
23. GAS Y SERVICIO, S.A.	KM. 13+500 CARR. MEXICO-LAREDO STA. CLARA, EDO. DE MEXICO	500,000	425,000	20
24. GAS TLALNEPANTLA, S.A.	KM. 25+700 CARR. MEXICO-QUERETARO EN TEQUESQUINAC, EDO. DE MEXICO	607,265	516,175	13
25. GAS URIBE, S.A.	RECURSOS PETROLEROS NO. 9 TLALNEPANTLA, EDO. DE MEXICO	453,188	385,210	24

26.GARZA GAS, S.A.	PONIENTE 150 NO. 801 COL. INDUSTRIAL VALLEJO, MEXICO 16, D.F.	767,746	652,584	29
27.MA GARCIA VDA. DE LOPEZ	CARLOS B. ZETINA Y SIDERURGIA XALOS- TOC, EDO. DE MEXICO	432,334	367,484	20
28.SUPERGAS DE MEXICO, S.A.	AVE. CIRCUNVALACION Y SAN NICOLAS TLALNEPANTLA, EDO. DE MEXICO	476,959	405,415	14
29.GAS RAPIDO, S.A.	CARRETERA CIRCUNVALACION NO. 4900 BARRIENTOS EDO. DE MEXICO	173,603	147,562	4
30.GASOMATICO, S.A.	AVE. SAN JOSE NO. 7 BIS SAN JUAN IXHUATEPEC, EDO DE MEXICO	1,080,930	918,790	-
31.UNIGAS, S.A.	AVE, SAN JOSE NO. 7 SAN JUAN IXHUATEPEC, EDO. DE MEXICO	2,783,000	2,365,550	61
T O T A L :		<u>16,730,868</u>	<u>14,221,238</u>	<u>403</u>

Petróleos Mexicanos reporta en sus memorias de labores el volumen y el valor de las ventas interiores realizadas en la República Mexicana del Gas Licuado de Petróleo se anotan únicamente los 10 últimos años, proporcionando las cantidades siguientes:

AÑO	VOLUMEN (1)	VALOR (2)	VOLUMEN (3)	INCREMENTO %
1969	11.397	528	1,811.924	BASE
1970	12.613	590	2,005.246	10.66
1971	12.995	647	2,065.978	3.03
1972	13.043	728	2,073.609	0.37
1973	13.806	880	2,194.913	5.84
1974	15.861	2,642	2,521.662	14.88
1975	21.239	2,779	3,376.630	33.91
1976	23.119	3,064	3,675.517	8.85
1977	22.750	3,437	3,616.852	-0.016
1978	22.910	3,796	4,119.237	13.90
1979	31.898	4,701	5,071.224	23.31

(1) Millones de Barriles.

(2) Millones de Pesos.

(3) Millones de Litros.

Es importante hacer notar que los incrementos porcentuales no han seguido una tendencia lineal, ni un comportamiento predecible; esto fué debido a que en los años de 1973 y 1974 el mundo en general sufrió una crisis de energéticos, por lo cual el entonces Sr. Presidente Luis Echevarría Álvarez giró sus instrucciones para iniciar una política de autosuficiencia energética y es por ello que Petróleos Mexicanos, en 1975, comienza a substituir el Gas L.P. de importación por Nacional en las zonas fronterizas; esto se notablesensiblemente en el volúmen de ventas interiores.

En la actualidad son pocas las importaciones que se tienen de este energético; sin embargo se espera que, en el año de 1981, todo el Gas L.P. que se consuma en el país sea suministrado por Petróleos Mexicanos.

Como una parte básica para la estimación de la capacidad de la planta de almacenamiento, fué necesario consultar la información de los VIII y IX Censos Generales de Población editados por la Dirección General de Estadística de la Secretaría de Industria y Comercio, siendo estos datos fundamentales para efectuar la estimación de los incrementos poblacionales que la Ciudad de México y su Zona Metropolitana han sufrido. Para lograr este objetivo se empleó el teorema de "Tasa de Crecimiento Media Anual" proyectándose los resultados hasta el año de 1990.

#### PROCEDIMIENTO :

#### TEOREMA " TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL "

Fórmula

$$V_f = V_o (1 - TCMA)^n$$

$$TCMA = [ (V_f/V_o)^{1/n} - 1 ] \times 100\%$$

Literales

Vf- Población final

Vo- Población inicial

n- Número de años a estimar

TCMA- Tasa de Crecimiento Media Anual

Para aplicar el teorema es necesario estimar la "Tasa de Crecimiento Media Anual" con el objeto de obtener el porcentaje de incremento de población anual.

D A T O S :

Vf - 8'519,169 habitantes (Dato Censo de 1970)

Vo - 5'082,733 habitantes (Dato Censo de 1960)

n - 10 años (lapso de tiempo transcurrido entre los 2 Censos)

$$TCMA = [ (V_f/V_o)^{1/n} - 1 ] \times 100\%$$

$$= \left( \frac{8'519,169}{5'082,733} \right)^{1/10} - 1 \times 100\%$$

$$= [ (1.6761)^{0.1} - 1 ] \times 100\%$$

$$= [ 1.053003 - 1 ] \times 100\%$$

$$= 0.053 \times 100\%$$

$$= 5.3 \% \text{ de incremento población anual.}$$

Ahora aplicando la fórmula principal del teorema:

$$V_f = V_o ( 1 - TCMA )^n$$

### D A T O S

$V_o$  - 8'519,169 habitantes (Censo 1970)

TCMA - 5.3% = 0.053 para base 1 (regla de la fórmula).

$n$  - 1 se estima el primer año

$$V_f = 8'519,169 ( 1 - 0.053 )^1 = 8'970,684 \text{ habitantes}$$

Si  $n=2$

$$V_{f_2} = 8'519,169 ( 1 - 0.053 )^2 = 9'446,613 \text{ habitantes}$$

Continuando la estimación hasta  $n = 20$  años es decir, hasta 1990 se obtendrá la tabla siguiente:

AÑO	n	HABITANTES
1970	0	8'519,169
1971	1	8'970,864
1972	2	9'446,613
1974	4	10'473,955
1976	6	11'613,616
1978	8	12'877,282
1980	10	14'278,446
1982	12	15'832,069
1984	14	17'554,741

AÑO	n	HABITANTES
1986	16	19'464,855
1988	18	21'582,806
1990	20	23'931,201

Cabe hacer la aclaración que durante los años de 1960 y 1970 no se contaba con las campañas de planificación familiar mismas que se iniciaron en los años de 1977, por lo cual se tendrá un margen de error que, por el momento, no es posible estimar con exactitud.

Por otra parte del IX Censo se obtiene el dato que el promedio de miembros que constituyen una familia mexicana es de 5.0 personas. por ello es posible realizar un cálculo aproximado del número de familias que actualmente viven en nuestra Ciudad y es de 2'855,689 en el año de 1980.

Es necesario hacer notar que empieza a representar una parte significativa en el servicio doméstico las redes urbanas de distribución de Gas L.P., y Natural (comunmente llamada "Gas Entubado") y en la Cd. de México y su Zona Metropolitana se brinda este servicio a:

Redes de Gas Natural	74,905 familias
Redes de Gas L.P.	21,650 familias

Por consiguiente de las 2'855,689 familias es necesario descontar las 74,905 que cuentan con red. Lo que dice que el mercado potencial bruto es de 2'780,784 familias que pueden consumir Gas L.P.; sin embargo, cabe ha-



cer notar que un 75% de ese mercado cuenta con el poder adquisitivo para obtener el servicio es decir 2'085,588 familias. El resto emplea otro tipo de energéticos tales como biomasa, carbón mineral, petróleo, etc.

Por datos proporcionados por las empresas distribuidoras se tiene que el consumo promedio es de 50Kg. mensuales; este dato proporciona el consumo doméstico mensual que será de 104'279,400 Kg. mensuales ahora, si se -- considera en todos los casos el mes de trabajo de 26 días, se tendrá el consumo doméstico diario 4'010,746,154 Kg. al día; dividiendo por la densidad promedio del Gas L.P. ( $\rho=0.540$  Kg/lt). Se obtendrá el consumo diario en litros que será de 7'427,307,692 litros diarios.

Por otra parte, se tiene que las plantas de almacenamiento cuentan con un total de 14'221,238 lts.; por consiguiente se puede señalar que las empresas distribuidoras cuentan con 1.9147 días de almacenamiento. Una afirmación de este tipo se necesita fundamentar en las ventas mensuales de Gas L.P., que reportan los distribuidores, para lo cual se desarrolló la siguiente fórmula basada en el análisis dimensional:

$$\text{Días efectivos de Almacenamiento} = \frac{\text{Densidad} \times \text{Capacidad de Almacenamiento}}{\text{Ventas Mensuales}}$$

#### CONSIDERACIONES:

a) Se toma un valor promedio para la densidad de

$$p = 0.540 \text{ Kg/lt} \quad \text{unidades dimensionales} \quad p = f/L^3 = f L^{-3}$$

b) La capacidad de almacenamiento al 85 % (14'221,238 lts) unidades dimensionales  $L^3$ .

c) Las ventas se reportan en Kg/mes y como mes representativo se tomó el de septiembre de 1980, cuyas ventas fueron 93'271,578 Kg/mensual ó -----  
3'587,368.385 Kg/diarios considerando el mes de 26 días unidades dimensionales,  $\text{ventas} = f/O = FO^{-1}$

ANALISIS DIMENSIONAL:

$$O = \frac{FL^{-3} L^3}{FO^{-1}} = F L^{-3} L^3 \cdot F^{-1} \cdot O = O$$

APLICACION DE LA FORMULA:

$$\text{Días efectivos de Almacenamiento} = \frac{(0.540) (14.221.238)}{3,587,386.388} = 2.14069 \text{ días}$$

Esto nos da una idea que la Ciudad de México y su zona metropolitana cuentan con un almacenamiento muy bajo, ya que la mayor escasez de gas -- ocurrió cuando Pemex dejó de surtir 6 días este energético; toman como base lo anterior, en caso de que se repita el suceso la Ciudad de México cuenta -- apenas con 2 días de promedio para soportar la escasez, por lo anteriormente señalado hay que tomar como fundamento 6 días de almacenamiento, es decir se debe de contar con un total de 42'663,714 litros de almacenamiento. La presente tesis tomará como base una planta de almacenamiento de 2'000,000 -----

de litros y con vías de expansionarse hasta llegar a cubrir los 10'000,000-  
de litros al 100%.

## CAPITULO IV

### REGLAMENTACION

Dado que el sistema de distribución del Gas L.P. es una operación - realizada por la iniciativa privada y como todo el manejo, uso y aprovechamiento de los energéticos, las dependencias gubernamentales no podían permanecer al margen por lo cual la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial confiere la autoridad a la Dirección General de Energía para aplicar el Reglamento de la Distribución de Gas el cual fué publicado el día 29 de marzo de 1960, tomando sus bases legales de los siguientes instructivos.

- Instructivo para el diseño y ejecución de instalaciones de aprovechamiento de gas licuado de petróleo.
- Instructivo para obtener la autorización de proyectos de instalaciones de aprovechamiento de Gas L.P. y/o Natural.
- Instructivo que Norma las funciones de los técnicos Responsables en materia de Gas L.P. y Gas Natural.
- Instructivo para la proyección y ejecución de obras e instalaciones relativas a plantas de almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo.
- Instructivo para el diseño de estacionamientos de auto tanques para transportar Gas L.P. y camiones repartidores de recipientes portátiles, incluyendo talleres de reparación.

Se ha estado manejando el concepto de planta de almacenamiento de Gas L.P., sin embargo este no ha sido definido por lo cual nos fundamentamos en el Reglamento de la Distribución el cual al calce dice:

Artículo 6° : "Para efectos de este Reglamento, se entenderá

a) Por planta de almacenamiento, un sistema fijo y permanente para almacenar Gas L.P., que mediante instalaciones apropiadas haga el trasiego de éste utilizando recipientes adecuados."

El citado reglamento contempla que todo equipo que se emplee en el manejo y uso del gas deberá estar aprobado bajo los términos que se indican en el Artículo 55, el cual señala:

"El equipo para el manejo y uso del gas debe ser previamente aprobado y autorizado. Se considerarán incluidos en el mismo los recipientes para almacenar gas, la maquinaria para moverlos por tuberías, las tuberías, los instrumentos para regular la presión y medir su volumen, los accesorios de control y seguridad para su manejo y los artefactos para aprovecharlos como combustible."

Es importante señalar el peligro que representa el almacenar grandes volúmenes de cualquier energético sin contar con normas y medidas de seguridad apropiadas. La Dirección General de Energía, es determinante al señalar en el instructivo para la proyección de obras e instalaciones relativas a plantas de almacenamiento de Gas Licuado del Petróleo, las relaciones mínimas que deben guardar los elementos constitutivos de una planta y que son:

Inciso 87.- "Distancias mínimas requeridas entre los elementos de una planta de almacenamiento, que en todos los casos se medirán en la proyección de su plano horizontal:

A.- DE TANQUE FIJO A :

- a) Linderos 15.00 m
- b) Edificios 15.00 m
- c) Almacenamientos de materiales no combustibles 7.5 m
- d) Bombas o compresores accionadas por motores eléctricos blindados, no se requiere distancia
- e) Bombas o compresores accionadas por motores de combustión interna 6.00 m
- f) Límite de su zona de protección 1.5 m
- g) Vías de ferrocarril : 15.0 m (medidos al riel más próximo)
- h) Tomas de recepción de carros-tanque 12.00 m
- i) Tomas de recepción de auto-tanques : 6.00 m
- j) Otro tanque fijo : la cuarta parte de la suma de sus diámetros. Si la suma de los diámetros es menor de 6.0 metros, la separación entre tanques será como mínimo de 1.5 m.
- k) Muelle de llenado : 3.00 m
- l) Llenadoras : 6.00 m (medidos a la boca de la válvula fija del múltiple, que esté más próxima)
- m) Planta generadora de energía eléctrica : 15.00 m

- B.- De la bomba o compresora accionadas por motor eléctrico al límite de su zona de protección : 1.5 m

C.- DE BOMBA O COMPRESORA ACONDICIONADA POR MOTOR DE COMBUSTION INTERNA A :

- a) Toma de carga o descarga de auto-tanques 6.00 m
- b) Torres de carga o descarga de carros-tanques 6.00 m
- c) Muelle de llenado y llenaderas 6.00 m

D.- De boca de descarga de los gases de motores de combustión interna a zonas de almacenamiento y trasiego : 6.00 m

E.- DE MUELLE DE LLENADO A :

a) Edificios 7.5 m

b) Linderos 7.5 m

Inciso 88.- "Deberá haber una distancia mínima de 100.00 metros a escuelas, iglesias, salas de espectáculos o centros de reunión similares y estaciones de gasolina medidos desde el centro geométrico de la zona de almacenamiento y trasiego.

Es de suma importancia el estudio y análisis de la localización del terreno en donde se pretende construir la planta de almacenamiento de Gas -- L.P., ya que así se podrán cumplir óptimamente con los requisitos de seguridad y urbanización necesarias.

#### I.- LOCALIZACION DE LA PLANTA

Las plantas de almacenamiento deben estar situadas en zonas alejadas del área urbana ó lugares dénsamente poblados. Es preferible localizarlas cercanas a carreteras federales, evitando la proximidad de curvas, disminuyendo de esta forma la posibilidad de un accidente de tránsito.

El terreno a seleccionarse debe ser preferentemente plano, al menos en lo que corresponde a las áreas de trabajo, es necesario que se cuente con servicios de agua, corriente eléctrica y teléfono, además se debe contar con

la facilidad para el desalojo de la aguas pluviales.

Otro factor a considerar son los vientos dominantes, estos deben fluir hacia lugares que no representen riesgos, nunca a zonas urbanas o lugares poblados. En los colidantes no deben existir construcciones o instalaciones que por su naturaleza representan un riesgo para las plantas y viceversa. En los linderos se contará, por lo menos, con postes de concreto y alambre para evitar la entrada a la planta a personas ajenas a esta.

## II. ZONAS DE TRABAJO

Las zonas de trabajo en una planta se pueden dividir en :

- a) Almacenamiento
- b) Maquinaria
- c) Tomas de recepción y suministro de auto-tanques y -  
semi-remolque
- d) Andén de llenado de cilindros portátiles
- e) Estacionamiento
- f) Talleres
- g) Oficinas y bodegas

Las zonas de trabajo deberán ser distribuidas en un espacio amplio, de tal manera que las labores no sean suspendidas para realizar otras operaciones.

### a) ZONA DE ALMACENAMIENTO

El almacenamiento estará integrado por 8 tanques de 250,000 lts. - de H<sub>2</sub>O cada uno, con lo que se tendrá una capacidad de almacenamiento de --



2'000,000 litros al 100%.

Los recipientes deberán colocarse en una zona de protección con -- pavimento impermeable, delimitado por medios adecuados como cercas, topes, - cuyo diseño sea sustancial para protegerlos de posibles daños mecánicos que pudiera ocasionar algún vehículo.

Los tanques se instalarán sobre base de concreto de manera que pue dan desarrollar libremente sus movimientos de contracción y dilatación.

La altura mínima a que deben instalarse los recipientes es de 1.5- metros, en nuestro caso estos se encontrarán a 2 metros sobre el nivel del- piso hasta la parte inferior del tanque.

Para facilitar la lectura de los medidores de nivel se contará con una escalera fija que no debe representar obstáculos al fácil acceso a las- válvulas.

#### b) ZONA DE MAQUINAS

Esta zona está compuesta por las bombas, compresoras y el princi-- pal control del flujo de gas através de las tuberías y de sus válvulas.

Las bombas y compresoras para realizar el trasiego de gas se ubi-- carán en lugares lo más cercano a los tanques de almacenamiento, con el ob- jeto de facilitar los servicios a que están destinados.

Las maquinas estarán protegidas contra daños mecánicos, mediante una zona de seguridad, que por lo general es una continuación de la que protege a los tanques.

En el tendido de las tuberías se tomará en consideración los movimientos mecánicos y los originados por contracción o dilatación por efectos de la temperatura.

c) ZONA DE RECEPCION Y SUMINISTRO DE AUTO-TANQUES Y SEMI-REMOLQUES

Las zonas de recepción y suministro de auto-tanques y semi-remolques deben encontrarse a una distancia mínima de 6.00 metros de los tanques de almacenamiento.

El diseño del sistema de la tubería, conexiones y válvulas deberá ser tal que las tuberías estén firmemente sujetas y que en caso indebido se cuenta con un punto de fractura con el cual la válvula automática de protección (exceso de flujo) permanezca en su sitio y en posibilidades de operar.

Las mangueras conectadas a la toma, en sus extremos libres, contarán con una válvula manual y se evitará que esta tenga dobleces bruscos.

Toda esta zona deberá tener una amplia ventilación.

d) ZONA DEL LLENADO DE CILINDROS PORTATILES

El andén de llenado de cilindros portátiles deberá ser sólido y --

con piso de concreto, la altura del piso del andén sobre el nivel general - de la planta será apropiado para realizar operaciones de carga y descarga - de los camiones repartidores de cilindros. Es importante contar en las esquinas del andén con protecciones de hule o madera para evitar el deterioro y posibilidad de una chispa.

El área del andén debe ser amplia y ventilada ya que al ejecutar - la operación de descarga de cilindros de los camiones, se tiene una acumulación de estos y será necesario contar con espacio suficiente para tener 6 o más camiones realizando la misma operación.

El muelle de llenado debe localizarse en el extremo opuesto al --- área de carga y descarga de camiones también contará con una ventilación - suficiente que no permite la acumulación de vapores del Gas L.P. El alumbrado en toda esta zona será con lamparas a prueba de explosión.

Como una particularidad del andén, éste deberá contar con una zona para el pintado y vaciado de residuos de los cilindros portátiles. Por ningún motivo se empleará la presión de los tanques de almacenamiento para realizar operaciones de repintado, esta debe practicarse con una compresora de aire destinada especialmente para este fin.

#### e) ZONA DE ESTACIONAMIENTO Y DE CIRCULACION

Las zonas que se destinen para el estacionamiento de vehículos y - circulación estarán libres de basura, pasto, materiales flamables y de cual

quier objeto que impida la libre circulación y estacionamiento.

Los accesos a la planta serán del tamaño suficiente para permitir la fácil entrada y salida de vehículos, de modo que los movimientos de los mismos no entorpezcan el tránsito.

Las zonas de circulación tendrán amplitud suficiente para asegurar el fácil movimiento de vehículos y personas.

El piso será compactado y contará con pendientes ó drenes adecuados para el desalojo de aguas pluviales.

Cualquiera que sea el número de vehículos que se encuentren estacionados en la planta, deberán contar siempre con áreas libres para su fácil circulación de forma tal que siempre sea posible sacar cualquier vehículo sin hacer movimiento de ningún otro.

#### f) ZONA DE TALLERES

Los talleres para reparación de vehículos contarán con rampas en lugar de fosas, si para el desarrollo de los trabajos que se realizan en el mismo, es necesario emplear máquinas de soldar y otros equipos que produzcan chispa o fuego. El taller deberá localizarse al frente de la planta de forma tal que el acceso se lleve a cabo directamente desde la calle y que los costados de este sean herméticos a la planta, además al realizar operaciones de soldadura se debe guardar una distancia mínima de 15 mts. al vehí

culo más cercano.

g) ZONA OFICINAS Y BODEGAS

Los edificios se construirán con materiales incombustibles y deben guardar una distancia mínima de 15 metros o más con respecto a la zona de almacenamiento y trasiego, se puede usar mobiliario, puertas y ventanas interiores de madera. Las puertas y ventanas exteriores serán metálicas. Se debe disponer de servicios sanitarios adecuados.

## CAPITULO V

### DISEÑO Y SELECCION DE EQUIPO

Una parte de vital importancia en el desarrollo del anteproyecto para la planta de almacenamiento es el diseño y selección del equipo, siendo para este caso las partes representativas el cálculo de la base de sustentación de los recipientes, selección de la tubería, bombas y compresores.

#### CALCULO DE LAS BASES DE SUSTENTACION DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

##### I. COLUMNAS

De acuerdo a los criterios que se recomienda el ACI 318-63 (American Concrete Institute) se puede emplear la siguiente fórmula:

$$P = A_g (0.212 f'_c + 0.85 f_s P_g)$$

Literales:

- P = Carga que soporta la columna en Kg. o Ton.
- A<sub>g</sub> = Area transversal de la columna (cm<sup>2</sup>)
- f'<sub>c</sub> = Resistencia especificada de compresión para el concreto a los 28 días, página 162 manual para Constructores Fundidora Monterrey, en Kg/cm<sup>2</sup>.
- f<sub>s</sub> = Esfuerzo calculado de tensión en Kg/cm<sup>2</sup>.
- P<sub>g</sub> = Relación del Area total de acero y área total de la columna. A<sub>st</sub>/a<sub>g</sub> que comprende entre el 0.01 y 0.08 con un mínimo de 4 varillas según esbeltez de la columna. El área mínima que marca el Reglamento de Construcciones es de 600 cm<sup>2</sup>

#### DATOS DEL TANQUE.

Capacidad = 250,000 lts. de agua

Tara = 41,100 Kg

Diámetro exterior = 3.378 m

Longitud = 29.90 m

Distancia entre.

Centros de bases = 15.85 m

#### A) Cargas

P = Peso del tanque + peso del volumen en lts de agua

P = 41,100 + 250,000 = 291,100 Kg = 291.1 Ton

El tanque estará montado sobre 2 bases de sustentación

$$\therefore \frac{291,100}{2} = 145,500 \text{ Kg.} = 145.5 \text{ Ton}$$

#### B) Dimensión del Muro

Largo 437.8 cm

Ancho 30.0 cm

$A_g = 437.8 \times 30 = 13,134 \text{ cm}^2$

$P = A_g(0.212 f'_c + 0.85 f_s P_g)$

#### Datos

P = 145.5 Ton

$f'_c = 1400 \times 0.4 = 560 \text{ Kg/cm}^2$

$P = 13,134 [0.212 (140) + 0.85 (560) (0.01)]$

$P = 13,134 [29.68 + 4.76] = 13,134 [34.44]$

$P = 452,334.96 = 452,335 \text{ Kg}$

Se tiene un 210% de margen de seguridad.

C) Area de Acero

$$Pg = \frac{Ast}{Ag} \qquad Ast = Pg Ag$$

$$Ast = 13,134 \times 0.01 = 131.34 \text{ cm}^2$$

Seleccionando varilla de 1" de diámetro con un área de 5.07 cm<sup>2</sup> # de varillas

$$\frac{131.34}{5.07} = 25.905 = 26 \text{ varillas}$$

Distribución de Varilla

$$\frac{4.378}{13} = 33.67 \text{ cm}$$

D) Estribos

De acuerdo al ACI que señala 3 formas para la separación máxima entre los estribos, tomando la distancia mínima con objeto de estar dentro del margen de seguridad.

1.- La distancia igual a 16 diámetros de la varilla longitudinal que será siempre menor al diámetro vertical.

se toma 3/4"

$$16 \times 287 = 45.92$$

2.87 cm

2.- La distancia igual a 48 diámetros de la varilla empleada en el estribo ---

$$\left(\frac{1}{4}''\right) = 6.35 \text{ cm}$$

$$48 \times 0.635 = 30.48$$

3.- La menor distancia de la columna

30 cm



## CALCULO DE LAS ZAPATAS

### A) Cálculo de la Base de Sustentación.

1.-	MURO	2.-	ZAPATA	3.-	SILLETAS
	Largo 4.378 m		Largo 9 m		Largo 0.80 m
	Ancho 0.30 m		Ancho 7 m		Ancho 0.30 m
	Alto <u>2 m</u>		Peralte <u>0.70 m</u>		Alto <u>0.80 m</u>
	Vol. 2.6268m <sup>3</sup>		Vol. 44.1 m <sup>3</sup>		Vol. 0.192 m <sup>3</sup>

El reglamento del Distrito Federal en el Artículo 223 de 1976 especifica que el peso volumétrico del concreto es de 2,400 Kg/m<sup>3</sup>.

$$\text{Peso de la Base} = (2.6268 + 44.1 + 0.192) 2.4 = 112.605 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso de la base} = 112.605 \text{ Ton}$$

$$\text{Carga por zapata} = \frac{145.500 \text{ Ton}}{258.105 \text{ Ton}}$$

$$\text{Carga por apoyo} = 258.105 \text{ Ton}$$

Se tiene un resistencia del terreno de 5 Ton/m<sup>2</sup>.

### B) Revisión de Esfuerzo en el Terreno.

$$\text{Area de la Zapata} = 8 \times 7 = 56 \text{ m}^2$$

$$f = \frac{P}{A}$$

f = esfuerzo del terreno

A = Area de la Zapata

P = carga por apoyo

$$f = \frac{258.105}{56} = 4.6090 \text{ Ton/m}^2 < 5 \text{ Ton/m}^2$$

∴ La Zapata no se hunde y se tiene un margen de 8.48% de seguridad.

C) Revisión de la Sección por Cortante Como Viga

Se considera como una viga empotrada en uno de sus extremos con carga uniformemente repartida (pag. 327 manual de Fundidora Monterrey).

Momento flexionante máximo  
en el extremo empotrada

$$M = \frac{w l^2}{2} = M$$

$$M = \frac{5(3.35)^2}{2} = 28.05 \text{ ton-m}$$

D) Peralte

Peralte  $d = \sqrt{\frac{M}{Kb}}$

Suponemos  $d = 50 \text{ cm}$

$b = 100 \text{ cm}$

$K = \text{cte de cálculo}$

se tomará  $= 11.52$

para concreto de 140

$$d = \sqrt{\frac{2805.000}{11.52 \times 100}} = 49.34 \text{ cm}$$

$$\therefore 49.34 \text{ cm} < 50 \text{ cm}$$

$h = \text{peralte total}$

$$h = d + v$$

$d = \text{peralte efectivo}$

$$h = 49.34 + 3.66 = 53 \text{ cm}$$

$v = \text{recubrimiento} \pm 5 \text{ cm}$

$$\therefore 53 \text{ cm} < 70 \text{ cm es menor que el propuesto}$$

F) Area de Acero en  $\text{cm}^2$

$$A_s = \frac{M}{f_s J d}$$

$$A_s = \frac{2,805.00 \text{ kg-cm}}{1,400 \times 0.863 \times 33}$$

$$A_s = 43.8044 \text{ cm}^2$$

$A_s$  = área de acero

$M$  = momento flexionante

$J$  = cte de cálculo que depende del  
concreto y acero empleado

$d$  = peralte

$f_s$  = esfuerzo calculado de tensión  
= 1,400 cm

G) Refuerzo por Combinación

Seleccionando varilla de  $\frac{1}{2}$  pulgada 12.70 mm

Para la separación de la varilla se tendrá

$$S = \frac{100 \times A_v}{A_s}$$

$S$  = separación

$A_v$  = área de la varilla

$A_s$  = área de acero

$$S = \frac{100 \times 12.7}{43.8044} = 28.99 \text{ mm} = 29 \text{ cm}$$

H) Revisión por Cortante

El esfuerzo que se permite en una columna sin reforzar no debe exceder de

$$0.3 \sqrt{f'c} = 0.3 \sqrt{140} = 3.549 \text{ Kg/cm}^2$$

Comprobación:

$$V_c = \frac{V}{b \times d \times 2}$$

$V_c$  = esfuerzo que debe ser menor que el  
permisible

$$V_c = \frac{258}{900 \times 70 \times 2} = 2.048 \text{ Kg/cm}^2$$

$b$  = longitud de la zapata

$d$  = peralte

$$\therefore 3.549 \text{ Kg/cm}^2 > 2.048 \text{ Kg/cm}^2$$

Los gases licuados del petróleo (propano y butano ó cualquiera de sus mezclas) son clasificadas dentro de los fluidos más difíciles para desplazar por medio de bombeo através de un sistema de tuberías, ya que a temperatura ambiente se les maneja en su punto de ebullición; es por esta razón que su manejo difiere de los servicios ordinarios de bombeo, tales como agua, petróleo, etc.

En cualquier sistema de bombeo es necesario que el conjunto de tuberías y accesorios presenten la menor resistencia al flujo que sea posible; tomando en consideración que el Gas L.P. se encuentra sometido a presión, por esta razón la tubería empleada en el trasiego de este energético debe ser de Cédula 80 y sus conexiones deben ser diseñadas para tener una presión de ruptura de  $140 \text{ Kg/cm}^2$ : todo ello puede roscado; sin embargo, se puede emplear la tubería Cédula 40 siempre y cuando las uniones sean soldadas. Las mangueras que se emplean para desplazar el Gas L.P. de los autotankes a los recipientes de almacenamiento ó viceversa deben de ser resistentes a la flama y a la acción química del gas; su presión de ruptura debe ser a los  $140 \text{ Kg/cm}^2$ .

Siempre se ha considerado que el corazón de las plantas de almacenamiento se encuentra en la zona de las bombas y compresores, ya por medio de estas se realiza el desplazamiento del energético a los puntos en que se requiere.

En el ramo del Gas L.P., las bombas que más aceptación tienen son las del tipo centrífugo, ya que por la simplicidad de su diseño, bajo costo por unidad, que no es voluminosa, bajo mantenimiento, proporcionan un flujo libre de pulsaciones, además de un comportamiento eficiente sobre un amplio rango de presiones y capacidades a velocidades constantes de operación; correcta. Se cuenta con

otro tipo de bomba que es ampliamente utilizada, que es desplazamiento positivo rotativo: ésta es conocida como bomba de Paleta deslizable.

Un problema importante a considerar es el de la "Cavitación" (cuando un líquido entra por el ojo de un rotor de una bomba su velocidad aumenta y por lo tanto disminuye su presión, pudiéndose originar la vaporización del líquido y en casos graves el vapor ocasiona el cese total del flujo - en la descarga) que en el manejo de líquidos puede causar daños bastante serios a la bomba. Como ya se mencionó al inicio de este capítulo, el Gas L.P., se maneja en su punto de ebullición o cercano a él, las principales causas por las que se tiene formación de vapor en las líneas de succión son:

- 1.- Transmisión de Calor. Debido a la acción de los rayos solares y de la temperatura ambiente ejercida sobre el tendido de tuberías expuestas a la intemperie, hay formación de burbujas de vapor; para desalojarlas de la línea de succión de la bomba por medio de una válvula de retorno.
- 2.- Caída de presión. El gas licuado se encuentra confinado en un recipiente cerrado, por lo que cualquier abatimiento de presión provocará una ebullición del mismo creando, como consecuencia, la formación de vapor.

Con el objeto de que la presión de succión de la bomba sea mayor a la existente en el tanque almacenador, se ha considerado que se debe elevar el recipiente a una altura suficiente para que exista una presión hidrostática que logre vencer la resistencia de la tubería al flujo.

## BASES PARA EL CALCULO DE LA BOMBA TIPO

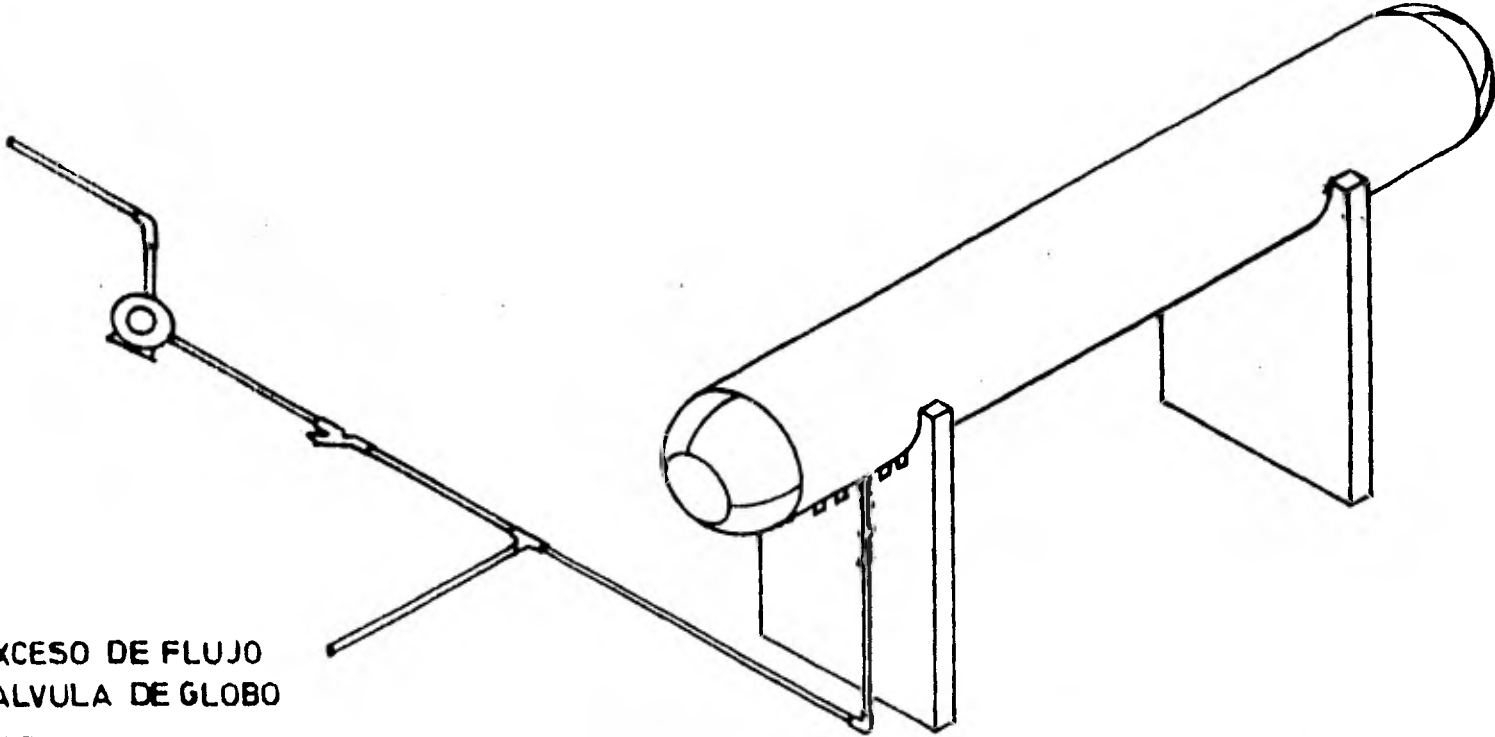
La bomba de mayor capacidad que se tiene en el mercado desplaza - 350 G.P.M. (1,325 lts/min) a 860 R.P.M. teniéndose en la succión un diáme-- tro de 4" y en la descarga 3", con una presión de trabajo de 400 psig - - (28.12 Kg/cm<sup>2</sup>) y una presión diferencial de 100 psig (7.03 Kg/cm<sup>2</sup>). Por -- consiguiente, si la bomba se opera a 300 G.P.M. (1,136 lts/min) se conside\_ ra para este caso que la línea de succión contará con los siguientes acceso\_ rios:

ACCESORIOS	+ LONGITUD EQUIVALENTE
1 válvula de exceso de flujo de 4"	410
1 válvula de globo 4"	110
1 codo de 90° de 4"	11
1 TEE de 4"	21
1 filtro de 4"	50
4 metros de tubería	<u>13.12</u>
<u>TOTAL:</u>	615.12 ft.

+ La longitud equivalente de los accesorios se tomó de la página 115 del Hand Book Butano - Propano. Editorial Chilton 4a Edición Tabla 4.

De acuerdo al citado libro, en la misma página en la Tabla 3, se tiene que pasa un flujo de 300 G.P.M. y una tubería de 4" de diámetro de - 0.043 ft de cabeza de líquido por consiguiente.

# DIAGRAMA BOMBA TIPO



- IC- EXCESO DE FLUJO
- ⊗ VALVULA DE GLOBO
- ┌ TEE
- └ CODO DE 90°
- ▭ FILTRO
- ⊙ BOMBA

$$615.12 \times 0.043 = 26.45 \text{ ft.}$$

Multiplicado por 0.433 se obtendrá (es una constante para transformar de ft de cabeza a psi)

$$26.45 \times 0.433 = 11.45298 \text{ psi}$$

Si se tiene que el caso crítico es el manejo del propano, éste tiene una gravedad específica S.G. = 0.508 y la presión en el tanque de almacenamiento se encuentra a  $8 \text{ Kg/cm}^2$  (117.6 psig) la temperatura promedio en este caso es de  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $64.4^\circ\text{F}$ ) por lo que la presión de vapor del propano es de 115.4 psia la evaluación del tanque en su punto inferior es de 2 mts. (6.5617 ft.) y al orificio de succión de la bomba es de 1.60 mts. (5.25 ft) además la presión atmosférica en la Ciudad de México es de 585 mm Hg (11.312 psia).

En todos los datos se emplea la fórmula para el cálculo de la bomba:

$$\text{N.P.S.H.} = \frac{(P_{sv} + P_a - V_p - P_f)}{\text{Sp. Gr}} + (H_{sv} - H_p)$$

Donde:

- N.P.S.H. = Net positivo suction head admisible  
cabeza de succión neta positiva en ft. de cabeza
- $P_{sv}$  = Presión de succión del recipiente psig
- $P_a$  = Presión atmosférica, psia
- $V_p$  = Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo
- $P_f$  = Caída de presión por fricción en los accesorios y tubería.
- 231 = Constante de fórmula.



Sp.Gr. = Gravedad específica del líquido a la temperatura del bombeo

Hsv = Elevación del nivel del líquido en el recipiente de succión

Hp = Elevación de la línea de centro del desborde de la succión de la bomba

Sustituyendo :

$$\text{N.P.S.H.} = \frac{(117.6 + 11.312 - 115.4 - 11.45298)2.31}{0.508} + (6.5617 - 5.25)$$

$$\text{N.P.S.H.} = 10.67456$$

Potencia del motor con una eficiencia del 70%

$$W = \frac{Q \times h \times SG}{3.960 \times e}$$

W = Potencia efectiva

Q = Capacidad

h = cabeza total

SG = Gravedad específica

e = eficiencia de la bomba

$$W = \frac{0.508 (300)(10.67456)}{3.960 \times 0.70} = 0.586870 \text{ H.P.}$$

El manual del fabricante recomienda, para una bomba de este tipo, 10 H.P. de potencia con lo que se demuestra que el equipo está sobrado.

## BASES DE CALCULO PARA EL COMPRESOR TIPO

El compresor, ó bomba de vapor como algunas personas lo suelen llamar, es empleado en las plantas para las operaciones de trasiego, sea de carga ó des carga, de los auto-tanques a los recipientes almacenadores.

La función del compresor es crear una presión diferencial es decir --- enviar vapor del recipiente de almacenamiento al tanque en la zona de vapor, -- originando una presión que forza al liquido a fluir; este proceso se puede in-- vertir según las necesidades del caso.

Para realizar un diseño adecuado es necesario aplicar un balance de -- energía.

Formula :

$$X_1 + \frac{v_1^2}{2gc} + \frac{p_1^2}{p} + W = X_2 + \frac{v_2^2}{2gc} + \frac{p_2}{p} + F + Fc$$

Donde :

$X_1$  y  $X_2$  = Altura piezométrica en los puntos extremos ahora sea  $AX = X_1 - X_2 = 0$  el valor de esta AX tiende a ser cero en virtud que los niveles del tanque almacenador y el transporte se encuentran muy cercanos al ini ciarse la operación.

$V_1$  y  $V_2$  = Velocidades del fluido en los puntos extremos

Si la succión y la descarga tienen el mismo diámetro no se tendrá una variación del flujo; por consiguiente:  $V_1 - V_2 = 0$

$W$  = Trabajo mecánico realizado dentro del sistema

El flujo no se emplea para efectuar ningún trabajo, por lo tanto será cero  $W = 0$

$F_c$  = Pérdidas por contracción del diámetro de la tubería

En el sistema de transiego, las tuberías no sufren expansión ó contracción; es por ello que también es cero:  $F_c = 0$

$F$  = Pérdida de presión en la tubería por accesorios

$\rho$  = Densidad del gas

$P_1$  y  $P_2$  = Presiones en los puntos extremos

Por consiguiente la ecuación se reduce a :

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho} = F$$

Cálculo de F en el caso crítico.

Cantidad	Accesorios	Longitud Equivalente
1	Válvula de exceso de flujo de 3" de diámetro	90 ft
1	Válvula de globo de 3" de diámetro.	80 ft
1	Codo de 90°y 3" de diámetro	8 ft
1	TEE	5 ft
	33 mts. de longitud de tubería. (108.24 ft)	108.24 ft
		291.24 ft

Para un gasto volumétrico de 435.27 L.P.M. (115 G.P.M.) los fabricantes sugieren que un flujo aceptable deberá tomar una velocidad entre - - 122-175 cm/seg. En la tubería de 3 pulgadas de diámetro en tablas del Butano - Propano página 115 se tiene que la resistencia en ft de cabeza por longitud equivalente es de 0.036.

Por lo cual.

$$F = 291.24 \times 0.036 = 10.48464 \text{ ft.}$$

$$\text{Si } \Delta P = P_1 - P_2$$

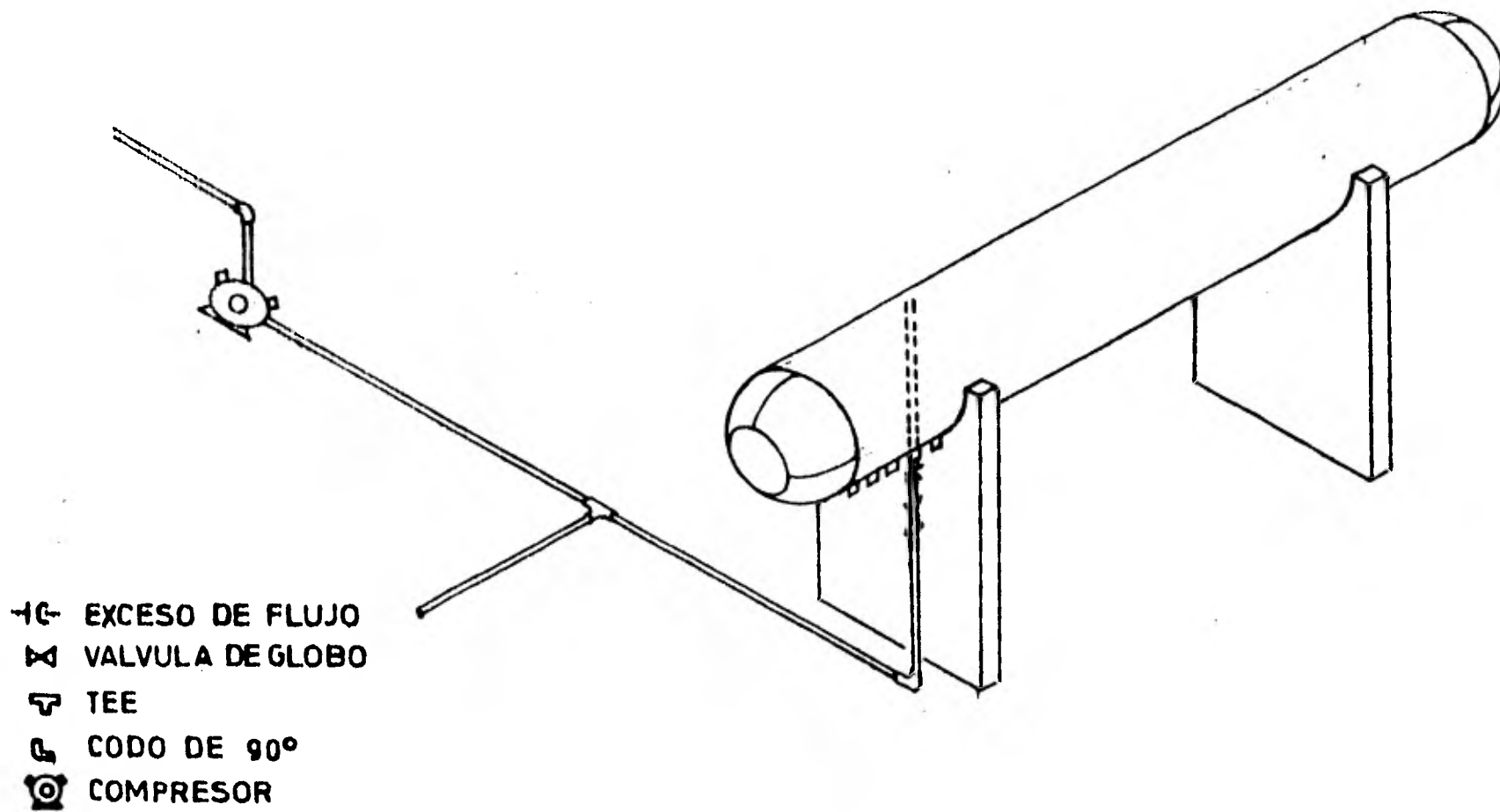
$$\text{Se tiene } \frac{P_1 - P_2}{\rho} = F$$

$$\Delta P = F \times \rho$$

Para este caso se tomará una Densidad de:

$$33 \text{ lb/ft}^3 = 0.528 \text{ Kg/lit}$$

# DIAGRAMA COMPRESOR TIPO



$$\Delta P = 10.48464 \times 33 = 345.99312 \text{ lb/ft}^2$$

Transformando de  $\text{lb/ft}^2$  a psi se tiene:

$$\Delta P = 345.99312 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \times (0.006942) = 2.402196 \text{ psi}$$

0.006942 = constante transformación de  $\text{lb/ft}^2$  a psi

La potencia del compresor

$$\text{BHP} = \frac{Q \times P}{1,715 \times e}$$

Donde

Q = capacidad en galones

P = presión diferencial en psi

e = eficiencia en decimal.

$$\text{BHP} = \frac{(115) (2.402196319)}{1,715 (0.60)} = 0.26846 \text{ BHP}$$

Para este caso los fabricantes recomiendan un motor eléctrico de 10 caballos de potencia para un gasto de 560 L.P.M. (148 G.P.M.) con lo - - cual se comprueba que nuestro equipo está sobrado.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En virtud del gran crecimiento demográfico, industrial y urbanístico que se ha desarrollado en la Ciudad de México y su zona metropolitana, es necesario que la iniciativa privada y el gobierno federal en sus Secretarías -- correspondientes, proporcionen sus servicios apegados a las medidas y normas de seguridad que cada caso requiera, así como que estas sean realizadas en el menor tiempo posible, de esta manera nuestra urbe capitalina podrá compararse y estar a la altura de las mejores metrópolis del mundo.

Por lo cual siendo el Gas L.P., un energético que es empleado en el consumo doméstico para la cocción de los alimentos y en la industria es aprovechado por su limpieza y su poder calorífico es imperativo que este servicio sea realizado de una manera rápida, eficiente y segura.

Sin embargo debido a que la mayoría de las plantas de almacenamiento se encuentran en el norte de la Ciudad se tiene que en ocasiones quedan áreas de consumidores que no se les suministra el gas a tiempo.

Para evitar este tipo de circunstancias se sugiere que la Ciudad de México y su zona metropolitana sean repartidas proporcionalmente de 4 a 8 --- grandes áreas ubicando en cada una de ellas una planta de almacenamiento de gran capacidad, logrando con esto que los consumidores sean grandes, medianos o pequeños cuenten con un servicio acorde a sus necesidades.

Las conclusiones que se obtuvieron en el presente estudio fueron:

- En la actualidad no se cuenta con una capacidad de almacenamiento instalada que nos permita contar con reservas.
- Muchas de las plantas no cuentan con areas suficientes para incrementar sus capacidades de almacenamiento.
- Debido a los asentamientos humanos algunas plantas se encuentran en zonas urbanas por lo que es sugerible que se cambien de ubicación.
- Es aconsejable que se instalan plantas almacenadoras en la periferia de la Ciudad, lejanas a zonas urbanas.
- En el diseño y en especial en la zona de tanques se debe contemplar la posibilidad de incrementar la capacidad de almacenamiento para lo cual se debe considerar el espacio probable que ocuparía las instalaciones de los tanques.
- Todas las nuevas instalaciones de almacenamiento deben ser para grandes capacidades.
- Todas las plantas deberán contar con equipos de prevención y ataque contra incendios, así como contar con un plan de emergencia previamente diseñado.
- Se debe capacitar a los empleados de las plantas a fin de que en caso de un siniestro, cuenten con el conocimiento necesario a fin de actuar de inmediato y prevenir un percance mayor.
- Se deben adoptar sistemas de distribución acorde a las necesidades actuales y futuras, ya que en el futuro la demanda de este energético aumentará y si no se incrementan las capacidades de almacenamiento o se instalan plantas nuevas de gran capacidad, el servicio será insuficiente y caótico.



Dentro del ramo del Gas L.P., es necesario que tanto el abastecimiento, suministro y aprovechamiento, sean realizados con un 100% de eficiencia; ya que en un país en desarrollo como el nuestro, no se puede permitir un lujo al desaprovechar este energético tan noble. Son los mejores deseos que el -- presente trabajo sea un auxiliar a estudios posteriores que proporcionen soluciones específicas a cada uno de los problemas anteriormente planteados.

- "EL PETROLEO Y LA PETROQUIMICA" ETIENE GUILLERMO MENCHACA HECTOR
- "MANUAL DE INSTALACIONES PARA GAS L.P. Y NATURAL" BLUMENKRON FERNANDO F  
EDICION 1976
- HANDBOOK/BUTANE-PROPANE GASES VOLUME 1,2 EDICION 1973
- "INSTRUCTIVO PARA EL DISEÑO Y EJECUCION DE INSTALACIONES DE GAS LICUADO DE  
PETROLEO" PUBLICADO 30 DE JULIO DE 1970 EN EL DIARIO OFICIAL.
- "REGLAMENTO DE LA DISTRIBUCION DE GAS" PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL EL-  
29 DE MARZO DE 1960.
- "INSTRUCTIVO PARA LA PROYECCION Y EJECUCION DE OBRAS E INSTALACIONES RELA-  
TIVAS A PLANATAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS LICUADO DE PETROLEO" PUBLICADO-  
EN EL DIARIO OFICIAL EL 21 DE DICIEMBRE DE 1970.
- NORMA NOM-X-12-1969 "CALIDAD PARA RECIPIENTES PARA GAS L.P. TIPO NO POR-  
TATIL" PUBLICADO EN LE DIARIO OFICIAL EL 11 DE AGOSTO DE 1969.
- VIII Y IX "CENSO GENERAL DE POBLACION" AÑOS 1960 Y 1970 RESPECTIVAMENTE, -  
PUBLICADOS POR LA DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICAS DE LA SECRETARIA DE --  
INDUSTRIA Y COMERCIO.

- ENGINEERING DATA BOOK. GAS PROCESSORS SUPLIERS ASSOCIATION.
- REVISTA NO. 401. ESTRUCTURAS DE CONCRETO. UNAM.
- MANUAL PARA CONSTRUCTORES, FUNDIDORA MONTERREY.
- REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES, DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.
- CHEMICAL ENGINEERS HANDROOK PERRY JHON M. EDITORIAL MC GRAW HILL.
- CATALOGO CORKEN PUMP COMPANY.