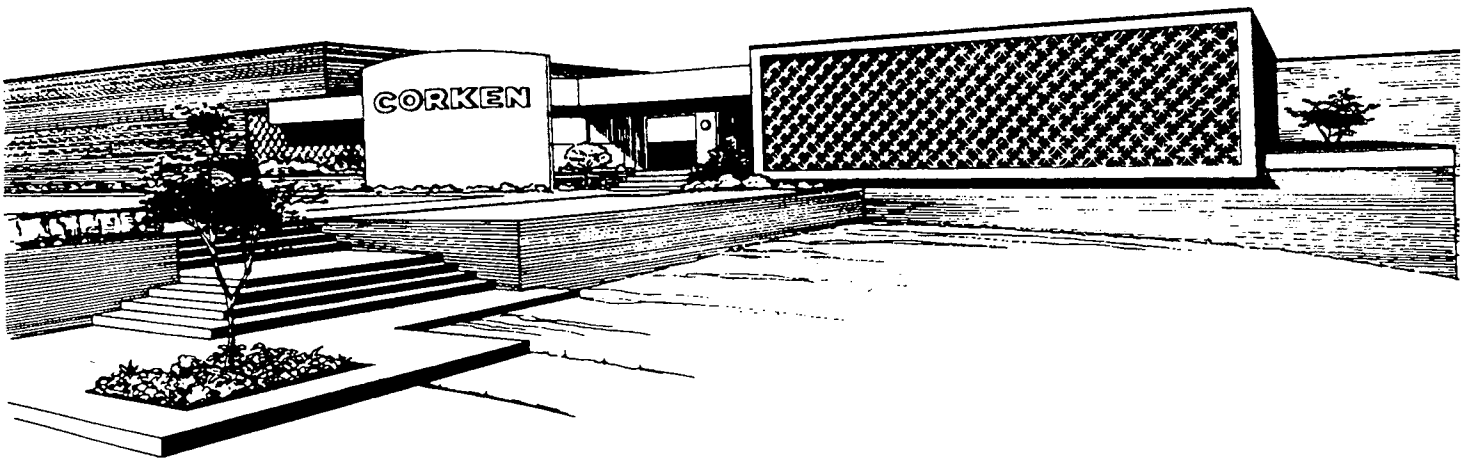


# GUIA DE LOS EQUIPOS CORKEN PARA EL TRASIEGO DE GAS LICUADO

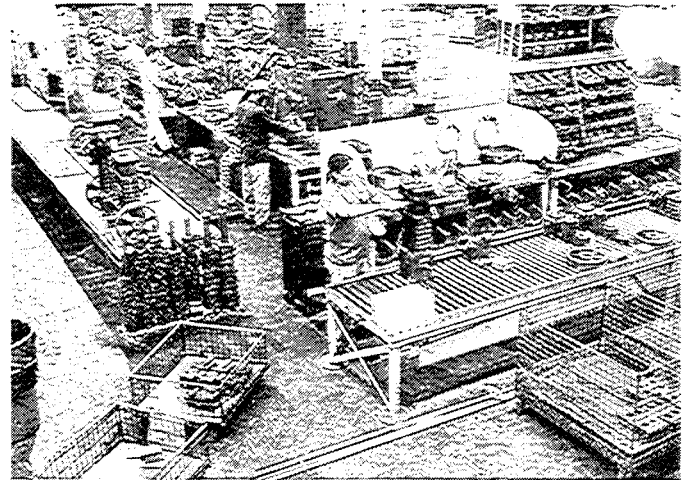


*Solutions beyond products...*

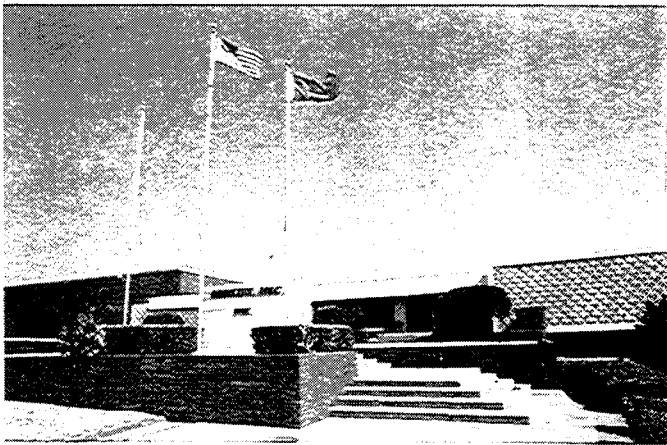
**CORKEN**®  
**IDEX**

Corken, Inc. es reconocido como un líder mundial en la fabricación de compresores y bombas para gases y líquidos peligrosos, volátiles y tóxicos, que se encuentran comúnmente en las industrias en del gas licuado de petróleo (LPG) y en los gases de procesos.

Todos los productos están diseñados y fabricados para satisfacer los estándares de la industria, tales como: Underwriter's Laboratories (UL), Canadian Standards Association (CSA), Instituto Japonés para la Seguridad del Gas a Alta Presión (KHK), Bureau Veritas de Francia y muchos otros. Corken se enorgullece en unirse al grupo élite de compañías que han alcanzado el registro de acuerdo con la Norma Internacional de Calidad ISO 9001.



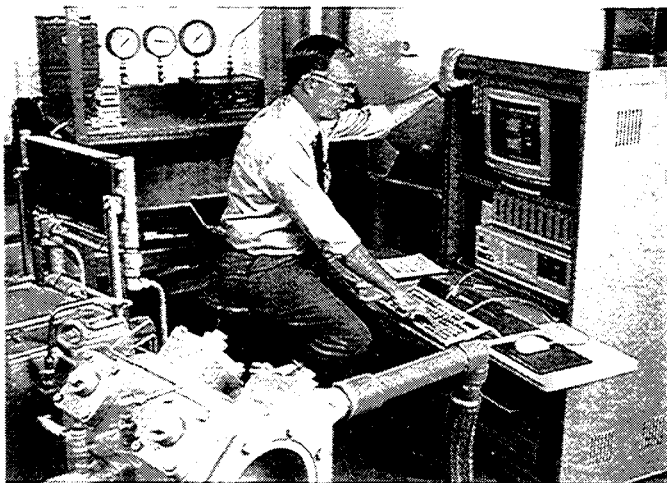
Departamento de Ensamblaje y Montaje.



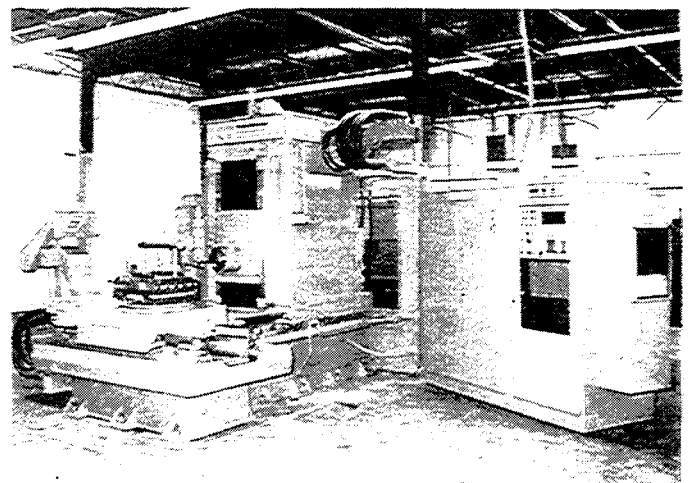
Instalación de fabricación de Corken, Inc. localizada en Oklahoma City, Oklahoma.



El Cincinnati Milacron Maxim, un centro de maquinado horizontal de cuatro ejes, es una de las nuevas máquinas herramientas de Corkin.



Laboratorio de Pruebas y Departamento de Investigaciones.



Centro de Maquinado Kearney and Trecker, Controlado por Computadora.

# **GUIA DE LOS EQUIPOS CORKEN PARA EL TRASIEGO DE GAS LICUADO**

**Texto Original en Inglés:  
Primera Edición Abril 1986  
Segunda Edición Abril 1988**

**Texto en Español:  
Primera Edición Junio 1992**

CAPITULO 1 - Propiedades del Gas LP (Gas Licuado de Petróleo)

CAPITULO 2 - Bombas de Gas LP

2.1 - Líquido, Vapor y Bombas

2.2 - Formación de Vapor en las Líneas de Succión

2.3 - Diseño de las Bombas de Gas LP

2.4 - Bombas Rotatorias de Aspas Deslizantes

2.5 - Bombas de Turbina Regeneradora

2.6 - Sellos Mecánicos para Bombas de Gas LP

2.7 - Válvulas de Desvío y Líneas de Retorno

2.8 - Instalación de Bombas de Gas LP

2.9 - Cavitación

2.10 - Selección de Bombas de Gas LP

CAPITULO 3 - Compresores de Gas LP

3.1 - Bombeo de Líquidos mediante el Vapor

3.2 - Bombas vs. Compresores

3.3 - Diseño de Compresores para Gas LP

3.4 - Trampas de Líquido y Montaje de Compresores

3.5 - Sistemas de Evacuación

CAPITULO 4 - Accesorios

4.1 - El Eductor Coro-Jet

4.2 - La Válvula Flo-Check

APENDICES A - Datos Sobre Gas Licuado

B - Datos Aproximados Sobre la Presión de Vapor

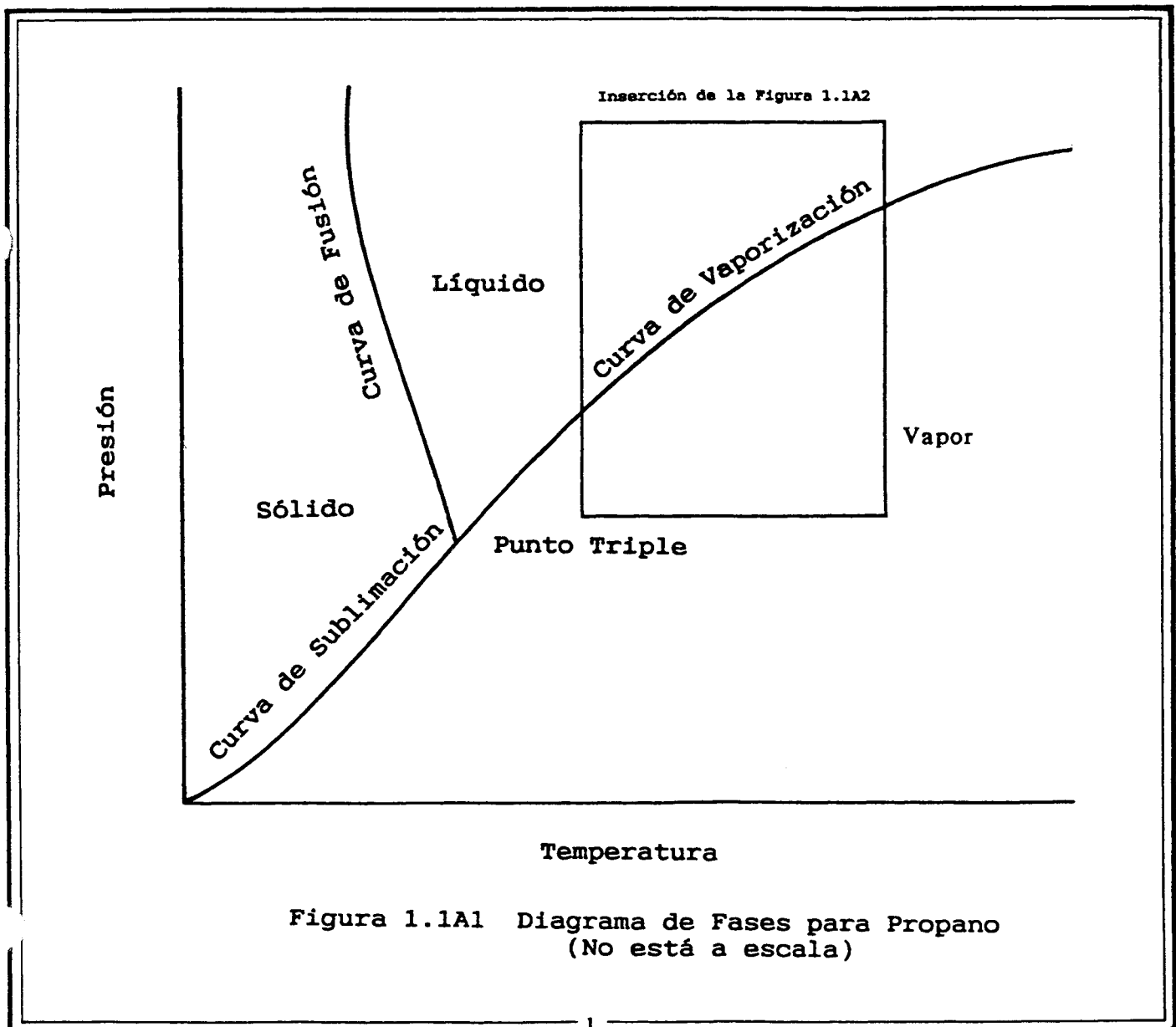
AB#1 - Boletín de Aplicaciones #1

Z400 - Manual de Diseño para la  
Instalación de Bombas de Gas Licuado

**CAPITULO 1**  
**Propiedades del Gas LP (Gas Licuado de Petróleo)**

Las bombas y los compresores son equipos que se utilizan para mover fluidos desde un punto a otro. Para ello, crean una diferencia de presión entre dichos puntos lo cual causa que el fluido se mueva desde el punto de mayor presión hacia el punto de menor presión.

La diferencia entre una bomba y un compresor es muy sencilla. Las bombas están diseñadas para ser usadas con líquidos y los compresores para ser usados con vapores. No es práctico, y además, raras veces sería deseable, mover un fluido que sea una mezcla de vapor y líquido. Las bombas y los compresores de gas LP deben ser diseñadas, instaladas y mantenidas de tal forma que mantengan el líquido exclusivamente en las bombas y el vapor exclusivamente en los compresores. Esta tarea no resulta nada fácil al tratarse de gas LP. Esto se debe a que el propano es almacenado y trasladado en su punto de ebullición. En este estado, cualquier energía térmica adicional que reciba el propano líquido causará la formación de vapor, y cualquier pérdida de energía que experimente el propano en forma de vapor ocasionará la condensación del vapor a líquido.



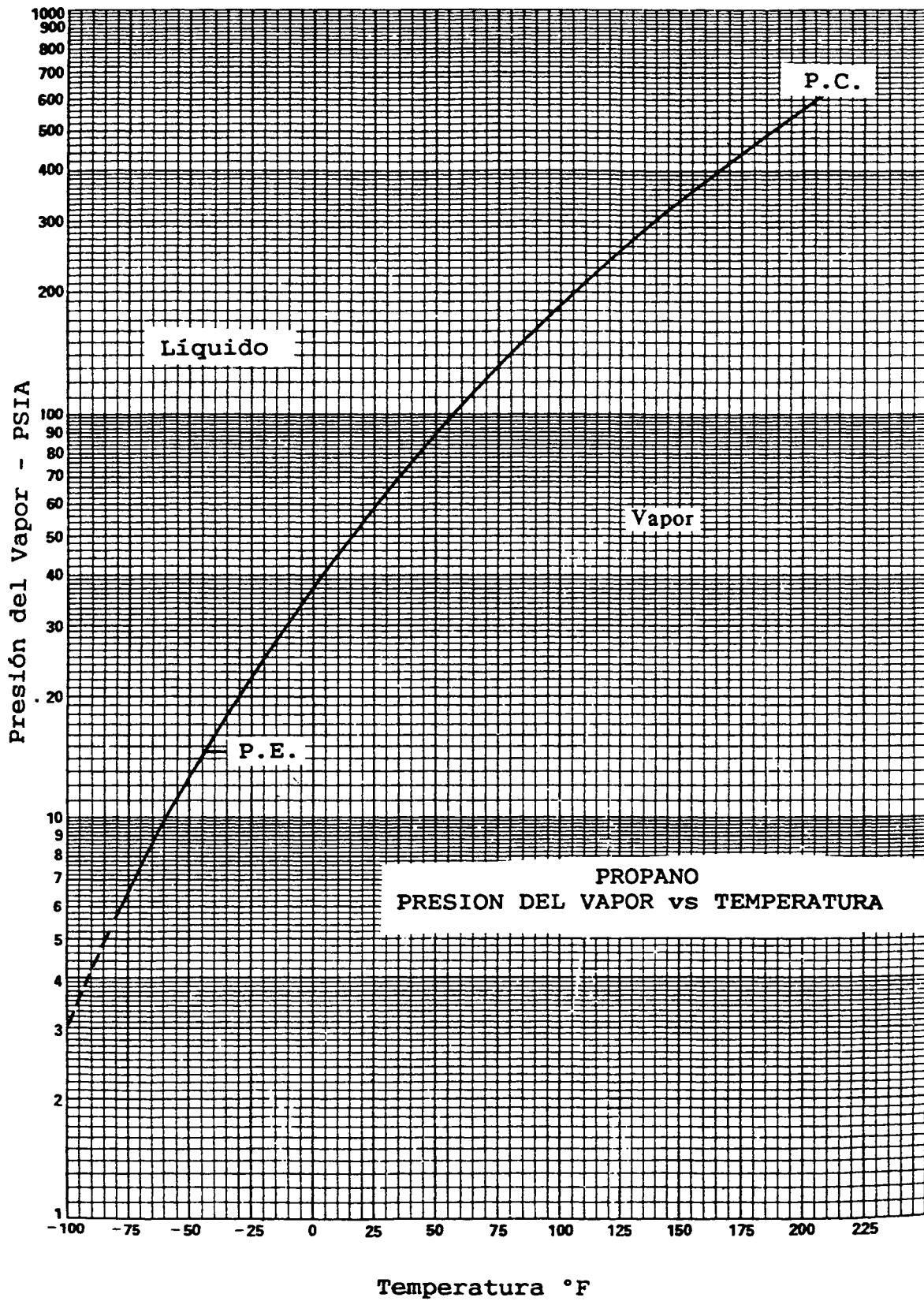


Figura 1.1A2 Diagrama de Fases para Propano

---

---

Una propiedad que tienen en común tanto los líquidos como los vapores es que ambos son fluidos. No se debe confundir el término "fluido" con "líquido". La fluidez es una propiedad que caracteriza tanto a los vapores como a los líquidos. Una definición científica de un fluido es "una sustancia que experimenta deformación continua al ser sometida a un esfuerzo cortante". Dado que esta definición es un tanto vaga y difícil de recordar, simplemente piense en un fluido como una sustancia que se puede verter, soplar o escurrir. La fluidez es la propiedad que nos permite mover líquidos y vapores entre dos puntos por medio de la creación de diferencias de presión.

La diferencia más importante que existe entre los líquidos y los vapores es que la compresibilidad de los líquidos es poca, prácticamente nula, mientras que los vapores tienen una compresibilidad muy alta. Un fluido es compresible si se expande y se contrae al ser sometido a una presión menor o mayor.

Existen otras dos diferencias importantes entre los líquidos y los vapores. Los líquidos son por lo general mejores refrigerantes y lubricantes que los vapores. Esta propiedad permite que las bombas tengan superficies de fricción que tardan más tiempo en gastarse y además que tengan mayor superficie de fricción que los compresores.

El gas LP, al igual que muchas otras sustancias, puede existir en cualquiera de estos tres estados: sólido, líquido o vapor. Se hace referencia a cada uno de estos estados como una "fase" (es decir, la fase sólida, la fase líquida o la fase de vapor).

La presión y la temperatura son las dos propiedades principales que determinan en qué fase se encontrará una sustancia como el propano. En algunos casos es necesario tomar en cuenta una tercera propiedad, la cantidad de energía térmica presente en la sustancia.

Se puede obtener un "diagrama de fases" basado en datos experimentales, los cuales nos indican en qué estado se encuentra el propano, dependiendo de la temperatura y la presión. Este diagrama se muestra en la Figura 1.1A1. La Figura 1.1A2 muestra una ampliación de una porción de dicho diagrama.

Lo más importante en este diagrama son las curvas que separan las diferentes regiones: la curva de evaporación, la curva de fusión y la curva de sublimación. Sobre estas curvas la sustancia puede existir en la forma de cualquiera de las dos fases involucradas. En el punto triple puede existir en la forma de cualquiera de las tres diferentes fases. A lo largo de estas curvas no podemos determinar en qué fase existirá la sustancia únicamente con los datos de la presión y la temperatura; tenemos que tomar en cuenta un tercer factor - la energía térmica.

La energía térmica es la cantidad de calor contenida en cierta cantidad de materia. El flujo de energía entre dos objetos diferentes se produce debido a una diferencia en temperatura. El calor fluye del objeto más caliente al más frío mediante un proceso conocido como "transferencia de calor". Cuando se le añade calor a una sustancia, puede suceder una de dos cosas. La temperatura puede aumentar o una parte de la masa de la sustancia puede cambiar a una fase diferente. Las líneas del diagrama de fases representan barreras de energía que se deben cruzar antes de que la temperatura de la sustancia pueda seguir aumentando.

Un buen ejemplo de esto es la conversión de un bloque de hielo en vapor al calentarlo en una estufa. Imaginemos un bloque de hielo a una temperatura de 10°F(-12°C) que tiene un termómetro dentro de él. Al aplicar calor el hielo se calienta hasta llegar a 32°F(0°C) y en este punto comienza a derretirse. A pesar de que el hielo continúa absorbiendo calor a la misma velocidad, la temperatura no seguirá aumentando. Una vez que el hielo se ha derretido por completo, la temperatura del agua comienza a aumentar nuevamente hasta que llega a la temperatura de 212°F (100°C) en donde comienza a hervir. Nuevamente, la temperatura permanecerá en 212°F hasta que el agua se haya evaporado por completo. Las líneas horizontales en la Figura 1.1B representan la "barrera de energía" que hay que sobrepasar en las curvas de evaporación y de fusión del diagrama de fases para el agua (ver Figura 1.1C). La presión determina la temperatura a la cual tienen lugar los cambios de fase hielo-agua y agua-vapor. A nivel del mar, la presión atmosférica es de 14.7 PSIA y el agua hierve a 212°F. A 6500 pies de altura, donde la presión atmosférica es de 11.5 PSIA, el agua hierve a 200°F.

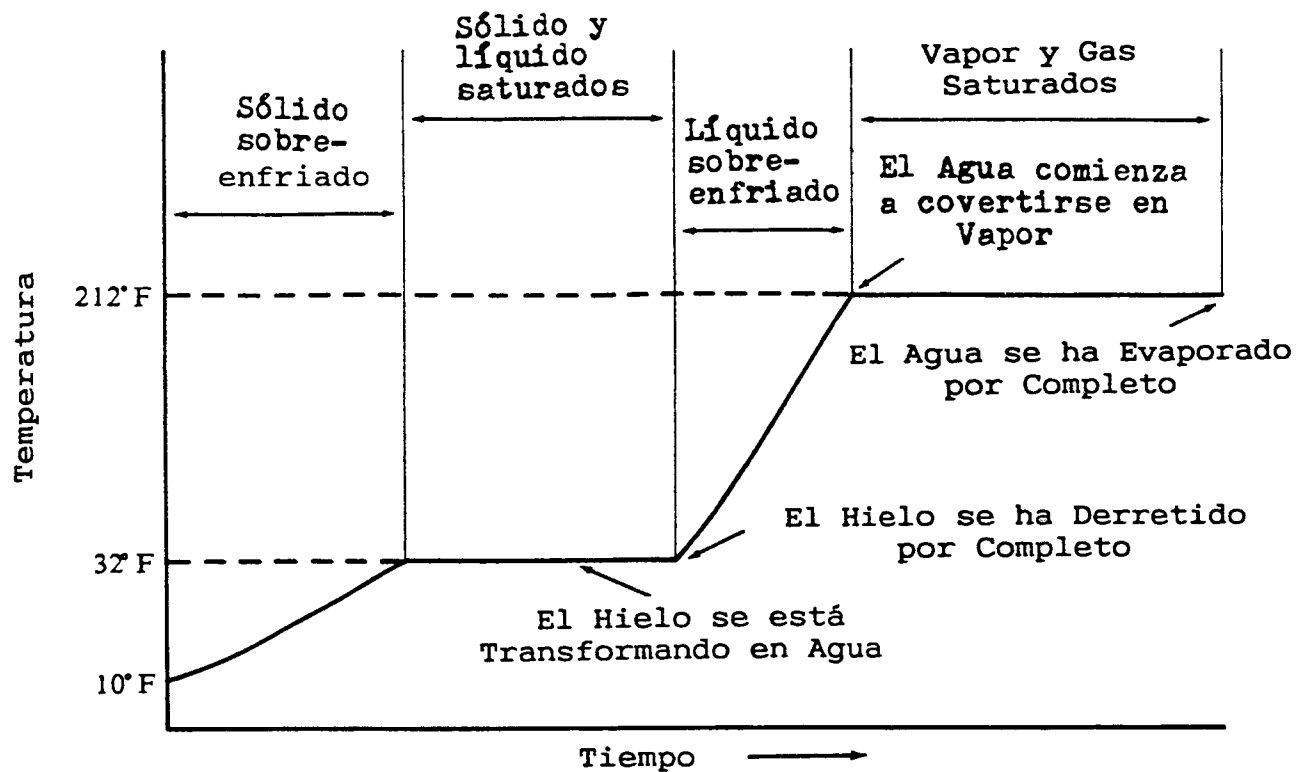


Figura 1.1B Cambios de Fase en el Agua

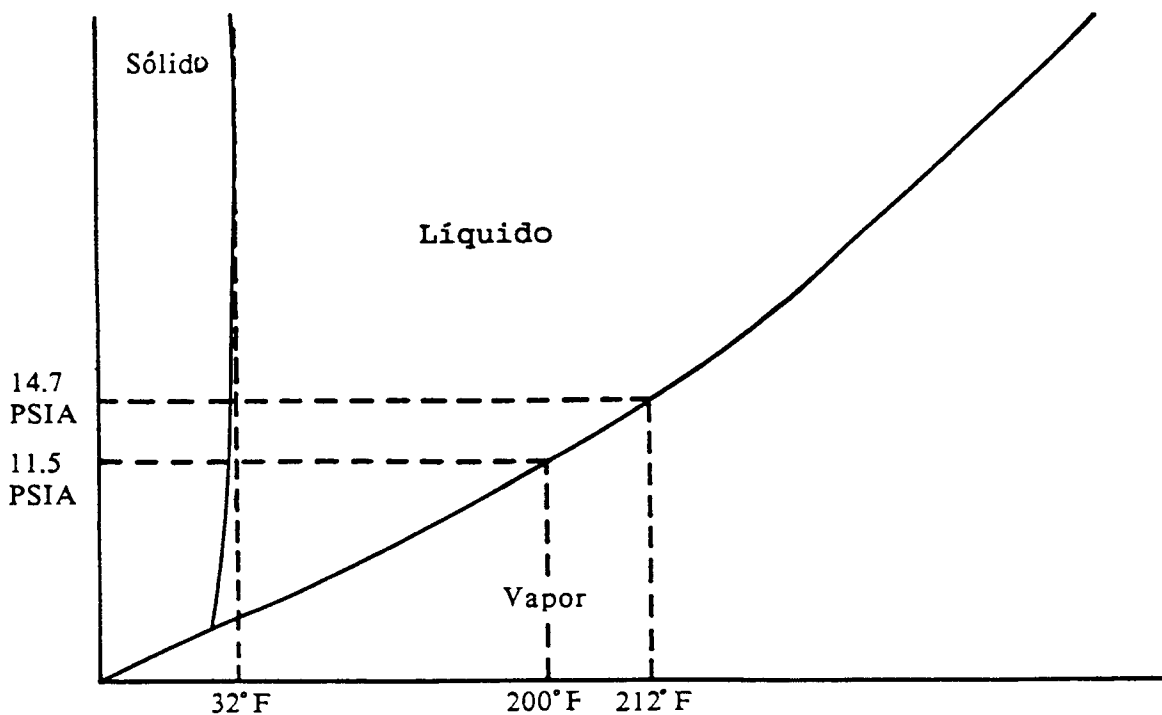
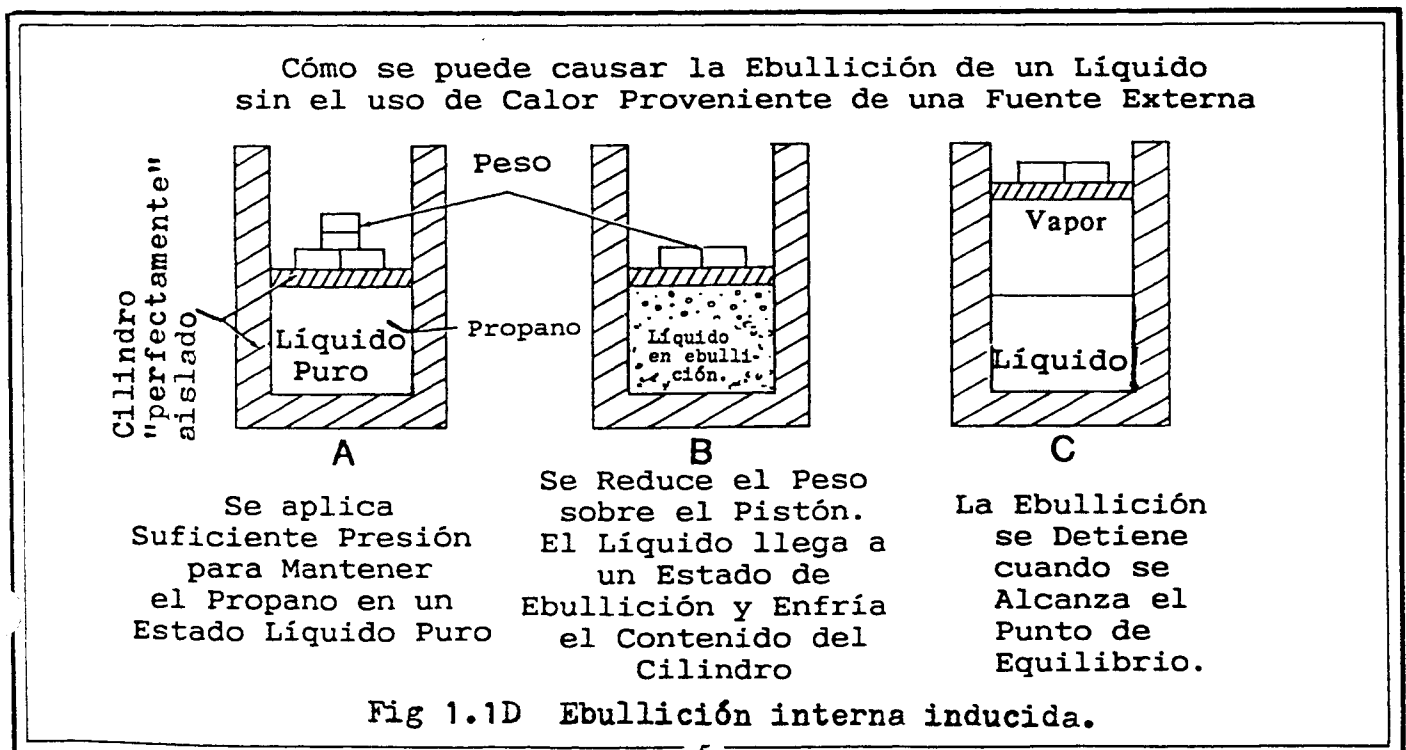


Figura 1.1C Diagrama de Fases para el Agua (No está a Escala)



En el ejemplo que acabamos de presentar mostrando los cambios de fases para el agua, el agua fue sometida a una presión atmosférica constante. Para cambios de fase en el propano existe una diferencia significativa - el propano se almacena en recipientes (o cilindros) de volumen constante que están cerrados. El propano se tiene que almacenar en recipientes cerrados ya que, a la presión y temperaturas atmosféricas, el propano herviría y se escaparía a la atmósfera. Al almacenarse el propano en un recipiente cerrado éste solamente hervirá si las condiciones de presión-temperatura determinan un punto a la derecha de la curva de evaporación de la Figura 1.1A2. Cuando el líquido comienza a hervir, la presión en el cilindro aumenta, tal como sucede en una caldera o en una olla de presión. En la Figura 1.1A2 se puede apreciar que a medida que aumenta la presión, la temperatura de ebullición también aumenta, lo que causa que la ebullición en un cilindro de propano se detenga cuando la presión aumenta hasta un nivel lo suficientemente alto. La presión a la cual cesa la ebullición se denomina la presión de vapor. La presión de vapor cambia con la temperatura. Las temperaturas más altas requieren presiones de vapor más elevadas a fin de detener la ebullición de el líquido. La presión de vapor para cada temperatura forma parte de una coordenada presión-temperatura que está ubicada sobre la curva de evaporación. Un líquido o vapor que se encuentra a una temperatura y a una presión ubicadas sobre la curva de evaporación se encuentra en un "estado saturado". Un líquido que se encuentra en un estado de presión-temperatura ubicado sobre o a la izquierda de la curva de evaporación se denomina un "líquido sobreenfriado". Un vapor que se encuentra en un estado de presión-temperatura ubicado debajo o a la derecha de la curva de evaporación se denomina un "vapor sobrecalentado".

La ebullición es la formación de vapor por medio de la adición de calor a un líquido. La ebullición en sistemas de gas LP se puede clasificar en dos tipos. El primer tipo es el de "ebullición inducida externamente". La ebullición inducida externamente es ocasionada mediante la adición de calor proveniente de una fuente externa, al líquido. La figura 1.1B muestra un ejemplo de ebullición inducida externamente. La diferencia fundamental entre ebullición de GLP y la ebullición de agua es que la ebullición de GLP se puede ocasionar sin la adición de calor de una fuente externa. A este proceso se le denomina ebullición "inducida internamente". La Figura 1.1D muestra un ejemplo de ebullición inducida internamente. En A se tiene un cilindro con una aislación térmica perfecta, el cual se llena con propano líquido. El propano es sometido a presión mediante un pistón completamente aislado utilizando el peso necesario para mantener completamente líquido al propano (es decir, la presión del pistón es mayor que la presión de vapor). Dado que el sistema está completamente aislado, no puede absorber calor del exterior. Si se remueve el peso suficiente (B) como para permitir que la presión del pistón caiga por debajo de la presión de vapor, el líquido comenzará a hervir. En este caso, el líquido mismo suministra el calor necesario para la formación del vapor. Dado que el líquido pierde calor, se enfría. La ebullición continúa hasta que la temperatura desciende a un punto en el cual la presión de vapor sea igual a la presión ejercida por las pesas sobre el pistón.



---

---

La ebullición inducida externamente es causada por la adición de calor desde una fuente externa que está a una temperatura superior a la de ebullición. La ebullición inducida internamente se produce al reducir la presión interna por debajo de la presión de ebullición (que es la misma que la presión de vapor). Debido a que las instalaciones de GLP no están aisladas, ambos tipos de ebullición pueden ocurrir simultáneamente. La ebullición inducida internamente causa que la temperatura del líquido descienda, lo que a su vez ocasiona la absorción de calor desde el exterior, y por lo tanto, se produce ebullición inducida externamente.

Cuando una sustancia como el propano se maneja en un recipiente cerrado, la temperatura y la presión están directamente relacionadas. Los cambios en la presión determinan los cambios en la temperatura y viceversa. Estas relaciones presión-temperatura son de importancia vital para el diseño, la instalación y el mantenimiento de bombas y compresores de gas LP. Con el propósito de comprender plenamente esta importante relación, veremos dos ejemplos para mostrar 1) Cómo los cambios en la temperatura afectan al propano y 2) Cómo los cambios en la presión afectan al propano.

#### Ejemplo 1 Figura 1.1E

Imaginemos un cilindro de 2 pies cúbicos al cual se le ha extraído el aire por completo, de tal forma que la presión interna es de 0 PSIA (#1). El cilindro se encuentra en una habitación cuya temperatura se mantiene a 80°F. A continuación se llena el cilindro hasta la mitad con propano líquido a 80°F (#2). Dado que existe un vacío dentro del cilindro, la presión en el cilindro está por debajo de la presión de ebullición, lo cual significa que habrá ebullición inducida internamente. La ebullición inducida internamente causa que el líquido pierda calor, y por lo tanto el contenido del cilindro se enfría (#3). Este enfriamiento causa la absorción de calor del exterior, lo que produce más ebullición. La ebullición inducida externamente continúa hasta que el contenido del cilindro se caliente hasta 80°F y se detenga la transferencia de calor (#4).

Si se aumenta ahora la temperatura de la habitación hasta 100°F, el cilindro comenzará a absorber calor nuevamente lo cual ocasionará ebullición inducida externamente (#5). A medida que el líquido y el vapor en el cilindro se calientan hasta los 100°F, la presión de vapor aumentará hasta 189 PSIA y la ebullición se detendrá una vez más (#6).

Si a continuación se disminuye la temperatura de la habitación hasta 50°F, el cilindro comenzará a ceder calor hacia la habitación lo cual ocasionará que parte del vapor se condense para formar líquido (#7). A medida que ocurre la condensación, la presión de vapor disminuirá. La condensación cesará cuando el vapor y el líquido se hayan enfriado hasta 50°F.

#### Ejemplo 2 Figura 1.1F

En este ejemplo, imaginemos un cilindro con un pistón que puede moverse hacia arriba y hacia abajo dentro del cilindro y que forma un sello hermético entre el pistón y las paredes internas del cilindro. La presión en el interior del cilindro se puede controlar por medio de la cantidad de presión que se ejerce sobre el pistón. La temperatura ambiente permanecerá en 80°F durante todo el experimento. En la etapa 1, se llena el cilindro con gas propano a 80°F y 50 PSIA. En la Figura 1.1A2 podemos observar que absolutamente todo el propano se encuentra en estado de vapor (estado sobrecalentado). En la etapa 2 la presión sobre el pistón se aumenta hasta 200 PSIA. Esto comprime el gas de manera que ocupa menor espacio. Además, al comprimirse el vapor se calienta, en este caso hasta 140°F. Dado que el cilindro está más caliente que el ambiente que lo rodea, comenzará a enfriarse cediendo calor hacia el exterior, que está a 80°F. Cuando el cilindro se enfría hasta 104°F (etapa 3), se encontrará en una condición de presión-temperatura que está ubicada sobre la curva de evaporación. Esto significa que el vapor empezará a condensarse para formar líquido. La temperatura de la mezcla líquido-vapor de propano permanecerá en 104°F hasta que el vapor se haya condensado por completo, como ocurre en la etapa 4. El líquido continuará enfriándose hasta la temperatura ambiente como se muestra en la etapa 5. En este punto el líquido está sobreenfriado.

## Efecto de los Cambios de Temperatura en el Gas LP

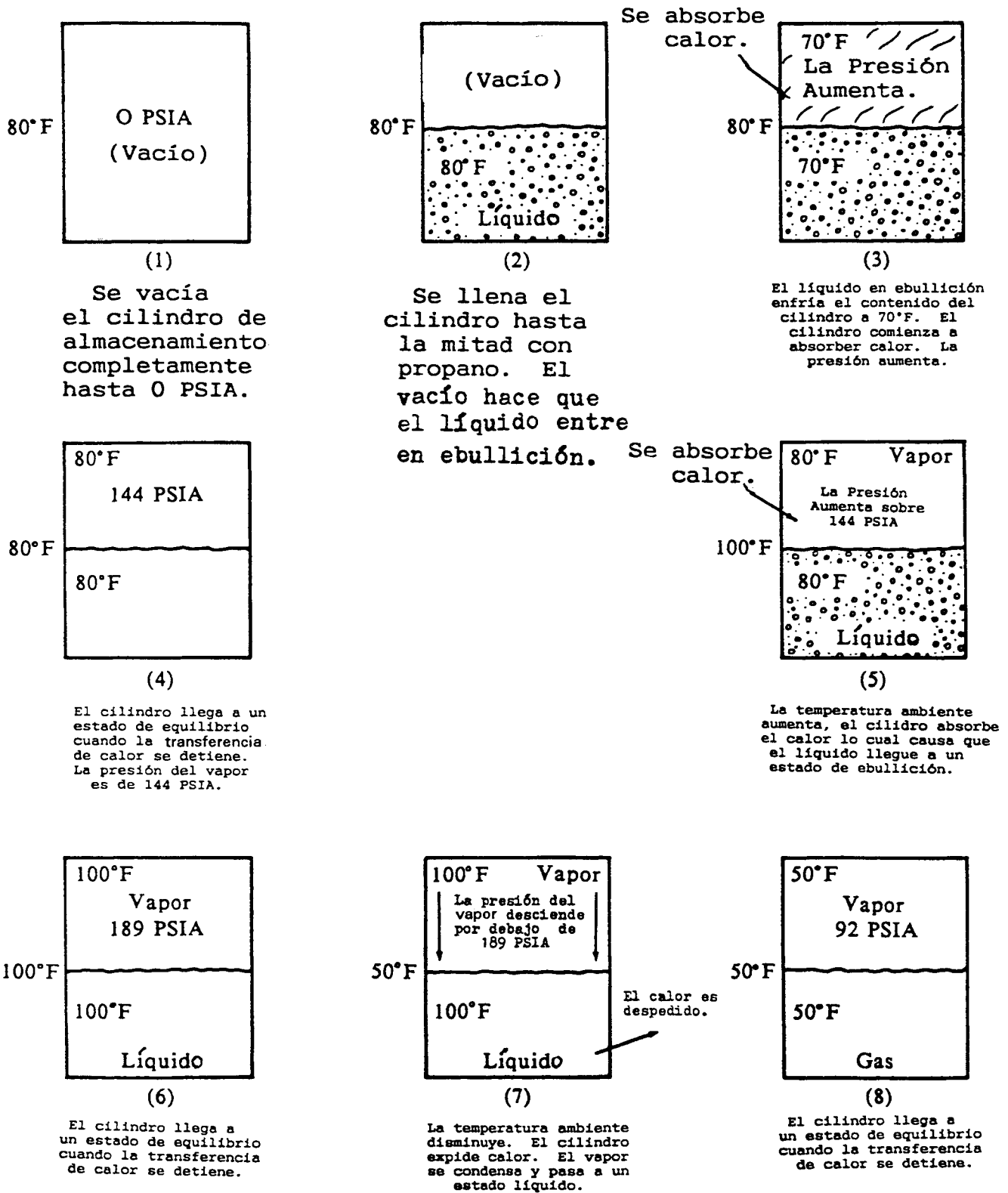
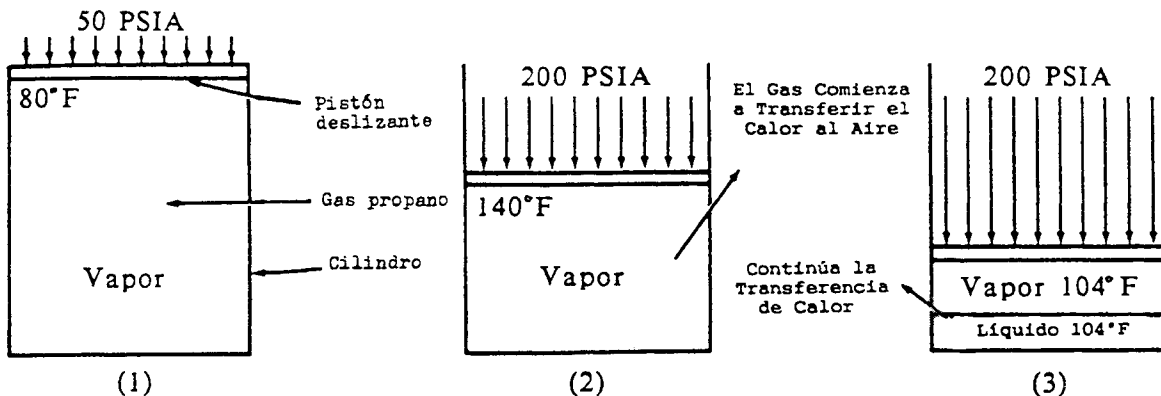


Figura 1.1E

## Efectos de Cambios de Presión en el Gas LP

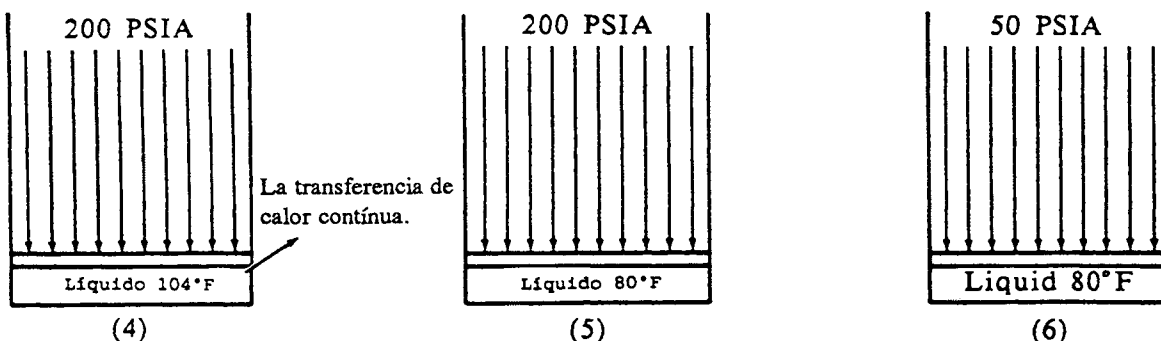
Temperatura Ambiente: 80°F



El cilindro está lleno de gas propano sobrecalentado.

El gas se comprime. La compresión hace que el gas se caliente.

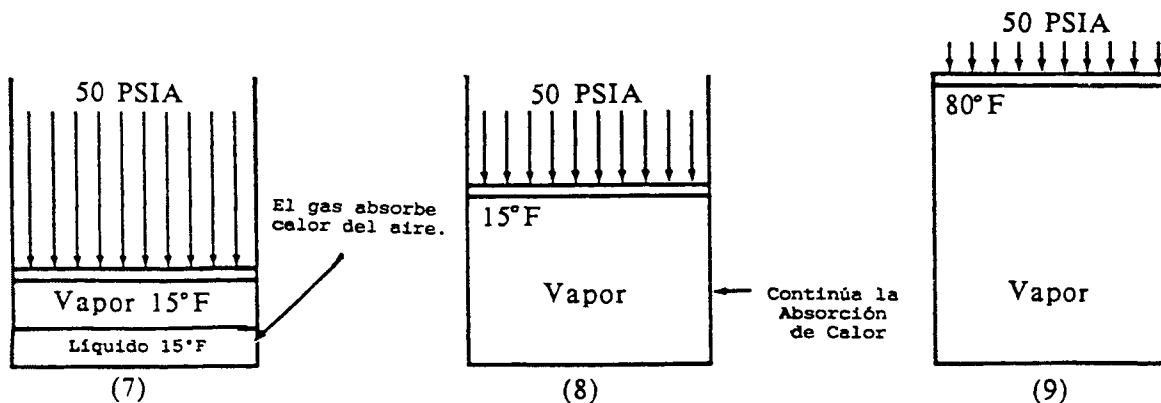
El gas comienza a condensarse a medida que el cilindro se enfría. La temperatura permanece constante a medida que la condensación tiene lugar. (La presión del vapor a 104°F es de 200 PSIA).



Termina la condensación. El líquido sigue enfriándose. El líquido está en "estado de saturación"

El líquido se encuentra en un estado de sobre-enfriamiento. No tiene lugar transferencia alguna de calor.

La presión disminuye. El líquido comienza a bullir.



Se comienza a formar vapor. La transformación del líquido en vapor causa que el cilindro se enfríe. (La presión del vapor a 15°F es de 50 PSIA).

El líquido se convierte todo en gas. El gas está en "estado de saturación" a 15 ° F.

El gas se sobrecalienta a medida que su temperatura incrementa hasta la temperatura ambiente. Se detiene la transferencia de calor.

Figura 1.1F

Ahora haremos el proceso a la inversa y veremos qué sucede. Se disminuye la presión sobre el pistón hasta 50 PSIA como se muestra en la etapa 6. La figura 1.1A2 muestra que a 80°F y 50 PSIA, el propano debe existir como un vapor sobrecalentado. Esto causa una situación similar a la de la etapa 1 del ejemplo 1. El líquido comenzará a hervir y la energía necesaria para el cambio de fase la proporcionará el mismo líquido. Esto hará que el líquido se enfríe hasta 15°F, como se muestra en la etapa 7. Dado que el contenido del cilindro ahora está más frío que la atmósfera que lo rodea, el cilindro comenzará a absorber calor del exterior. El cilindro absorberá calor a 15°F hasta que el líquido se haya convertido completamente en vapor, como se muestra en la etapa 8. Una vez que termina la conversión a vapor, el vapor se calentará hasta la temperatura ambiente de 80°F como se muestra en la etapa 9. El etapa 9 es idéntica a la etapa 1.

En ambos ejemplos, 1 y 2, puede verse que un cambio de fase puede ocurrir solamente si hay transferencia de calor. Las diferencias de temperatura requeridas para ocasionar la transferencia de calor se logran de dos formas: 1) Cambiando la presión interna del recipiente y 2) Cambiando la temperatura externa que rodea al recipiente.

A medida que continuamos nuestro análisis, puede verse que es necesario prestar cuidadosa atención a los cambios en la temperatura externa y en la presión interna en cualquier sistema de bomba o compresor de gas LP, ya que estos son los factores que pueden causar cambios de fase no deseados que pueden ocasionar daños al sistema.

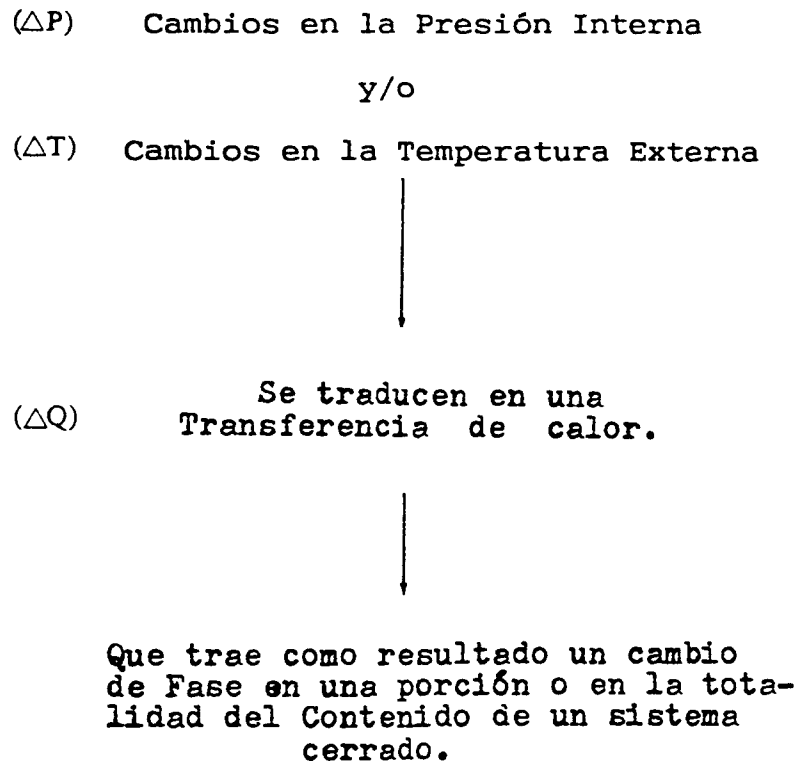


Figura 1.1G  
Relación Presión-Temperatura para Gases Licuados

---

---

## CAPITULO 2

### Bombas de Gas LP

#### 2.1 Líquido, Vapor y Bombas

El factor más importante en el diseño e instalación de bombas de gas LP es el impedir que el propano líquido se transforme en vapor. ¿Por qué es esto tan importante? Existen varias respuestas a esta pregunta.

El vapor que entra en una bomba desplaza el líquido, lo cual disminuye el flujo del líquido. Esto causa tiempos de descarga más largos, energía desperdiciada y un mayor desgaste para la bomba.

En el primer capítulo vimos que el vapor es un refrigerante y lubricante relativamente pobre, si se compara con el líquido. Debido a que el diseño de bombas de gas LP requiere superficies de fricción en los sellos y las aspas, el líquido debe lubricar y enfriar estas superficies. Una mayor cantidad de vapor causará que haya menor lubricación y enfriamiento, lo cual a su vez ocasionará mayor desgaste y fallas.

Las mezclas líquido/vapor causan un flujo inestable e irregular. Esto hace que las diferentes cargas en la bomba fluctúen e induce vibraciones que causan un desgaste acelerado.

Para obtener un rendimiento de alta confiabilidad en las bombas de gas LP, debemos limitar la formación de vapor a tan sólo una pequeña fracción del flujo total de líquido en el sistema.

#### 2.2 Formación de Vapor en las Líneas de Succión

La formación de vapor en la línea de succión de bombas de gas LP se puede atribuir a dos causas: 1) Transferencia de calor a la línea desde una fuente externa, lo cual causa que haya ebullición inducida externamente. 2) Caídas de presión en la línea, lo cual causa que haya ebullición inducida internamente.

Debe tomarse en cuenta la transferencia de calor siempre que exista una diferencia muy grande entre las temperaturas diurnas y nocturnas. Durante el día, que es cuando se utilizan mayormente las bombas de gas LP, la atmósfera se calentará con mayor rapidez que el propano líquido contenido en el tanque de almacenamiento y en las líneas. Esto ocasionará transferencia de calor desde el aire hacia el propano que está en la línea. El calor debido a la radiación solar aumenta el efecto de calentamiento. Para reducir al mínimo la transferencia de calor, debe reducirse el área de superficie instalando la línea de succión lo más corta posible. También se reduce la transferencia de calor al pintar el tanque y las líneas de color blanco, ya que así se reflejan los rayos del sol en vez de absorberse. El colocar la bomba y las líneas de succión en la sombra del tanque de almacenamiento también ayuda.

Las caídas de presión que contribuyen a formar vapor en la línea de succión pueden atribuirse a tres causas: 1) Cambios en la elevación 2) Fricción y 3) Arrastre de vapor.

La presión en la succión de una bomba de gas LP es igual a la presión de vapor en el tanque menos la caída de presión en la línea de succión más la "carga de succión". La carga o altura de succión es la presión adicional debida al peso del propano sobre el nivel de la succión de la bomba. CORKEN recomienda que el tanque de abastecimiento se coloque cuatro pies sobre la bomba, siempre que sea posible. La "carga de succión" que se produce de esta manera ayuda a compensar el efecto de la caída de presión en la línea de succión.

Siempre que un fluido fluye sobre una superficie se produce fricción. En las líneas de una bomba de gas LP, esta fricción causa que parte de la energía de presión del fluido se convierta en calor. Hay dos factores que determinan qué tan grande será la caída de presión debido a la fricción: 1) La velocidad del líquido y 2) La turbulencia del líquido.

La cantidad de calor generado por fricción a través de una línea es proporcional al cuadrado de la velocidad.

En otras palabras, la caída de presión debido a la fricción a 2 pies/seg será cuatro veces mayor que a 1 pie/seg en la misma línea. En las tuberías de mayor diámetro, la velocidad del líquido es menor, y por lo tanto, la caída de presión es menor. Las restricciones en la línea producen velocidades más altas y mayores caídas de presión. Estas restricciones pueden ser debido a filtros, válvulas de exceso de fulgo o válvulas de retención. Se deben seleccionar los accesorios de tal forma que restrinjan el flujo lo menos posible. Por ejemplo, son preferibles las válvulas de bola a las válvulas de globo.

La turbulencia es la cantidad de agitación interna de un fluido. Mientras más turbulento sea el líquido mayor será la fricción y mayor será la caída de presión. La turbulencia es causada por restricciones de la línea (válvulas, filtros, etc.), y por los codos de la línea. Con el fin de lograr una mejor operación de la bomba, se deben alejar de la bomba los accesorios que causan turbulencia, por lo menos a una distancia igual a diez veces el diámetro de la tubería.

La línea de succión para una bomba de GLP debe ser diseñada de manera que evite que la presión del líquido caiga por debajo de la presión de ebullición (la presión de vapor) en cualquier punto de la línea de succión. Si la presión del líquido desciende por debajo de la presión de vapor se produce ebullición inducida internamente. La Figura 2.2A muestra la cantidad de vapor presente en la succión de la bomba como resultado de la ebullición inducida internamente. Por ejemplo, en un día en que la temperatura sea de 90°F, una bomba con una presión de succión que esté 9 psi por debajo de la presión de vapor bombeará un 10% de vapor y un 90% de líquido. La formación de vapor aumentará con temperaturas más bajas y con mayores caídas de presión. Las cantidades que se muestran en la Figura 2.2A son cantidades mínimas. Dado que la ebullición inducida internamente ocasiona ebullición inducida externamente debido al enfriamiento del líquido, la cantidad total de vapor que se forma será todavía mayor.

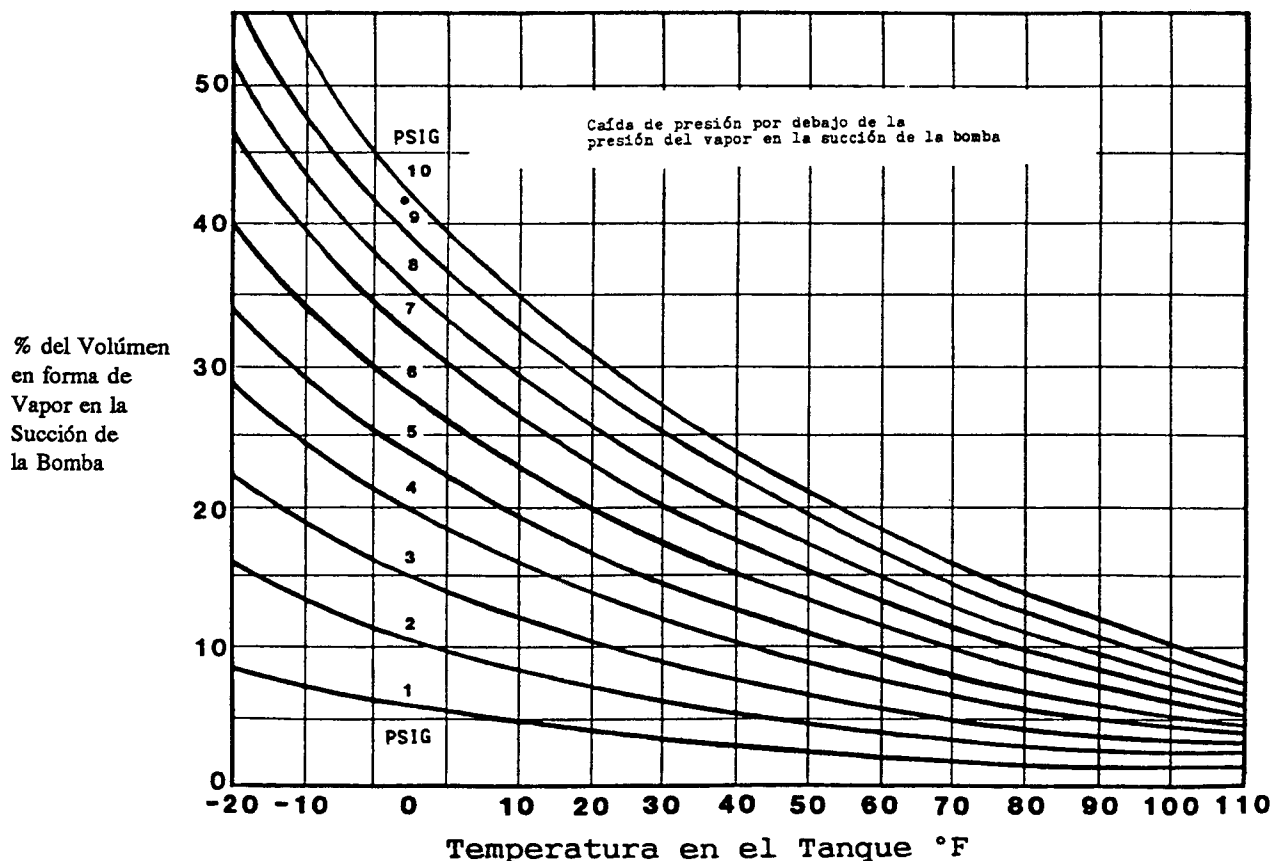


Figura 2.2 A  
Vaporización del propano mediante ebullición inducida interna

---

Se puede impedir la ebullición inducida internamente en la línea de succión suministrando suficiente carga estática en cada accesorio restrictivo con el fin de compensar por la caída de presión que causa dicho accesorio. Una columna de 4.5 pies de GLP crea aproximadamente 1 psi de presión estática, por lo tanto 4.5 pies de carga estática pueden cancelar el efecto de una caída de presión de 1 psi, siempre y cuando se coloque antes de la restricción. Una carga estática después de la restricción puede revertir parte de la ebullición pero la carga necesaria para revertir la ebullición formada después de la restricción, será mayor que la requerida antes de la restricción para lograr el mismo resultado.

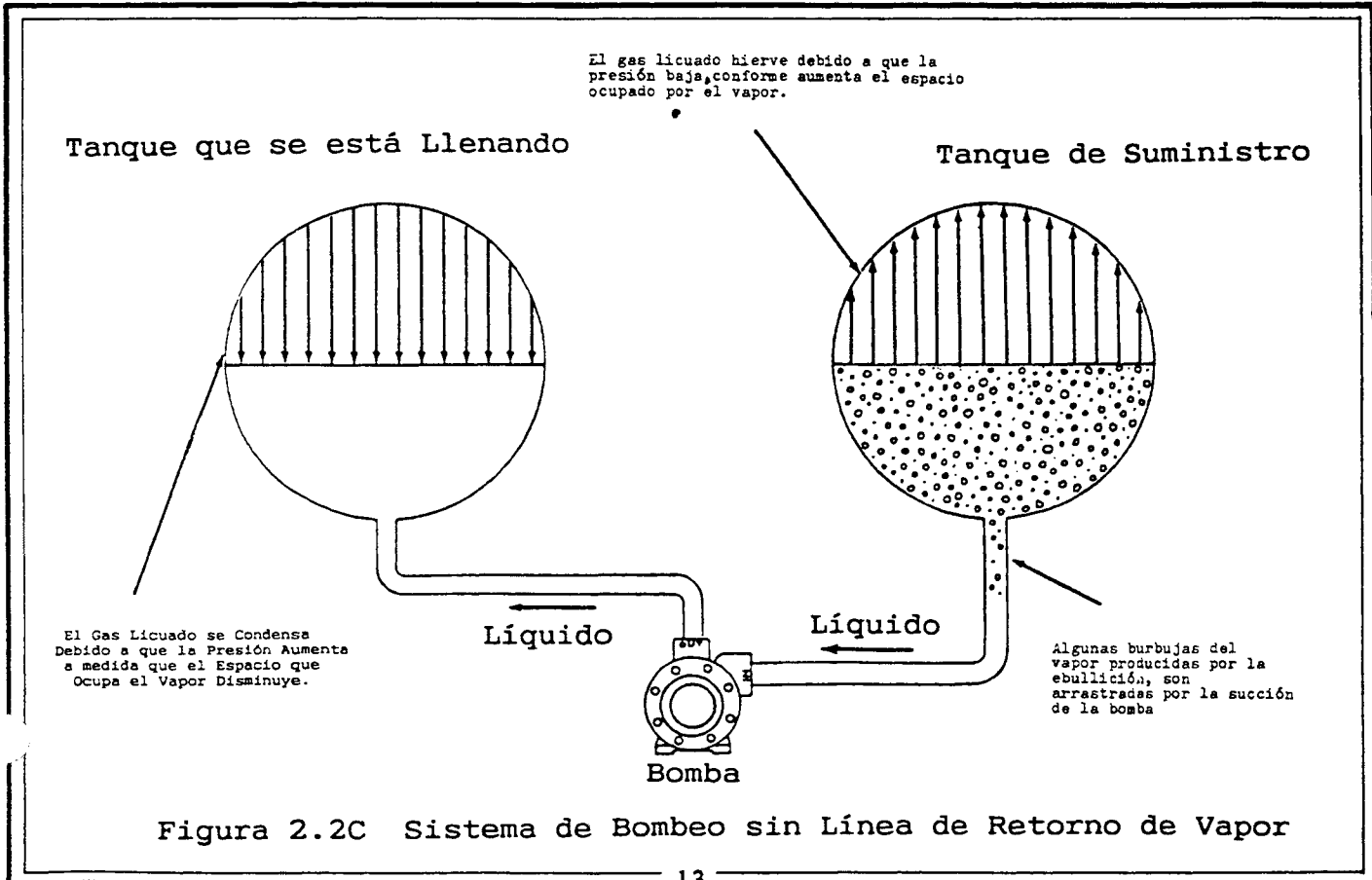
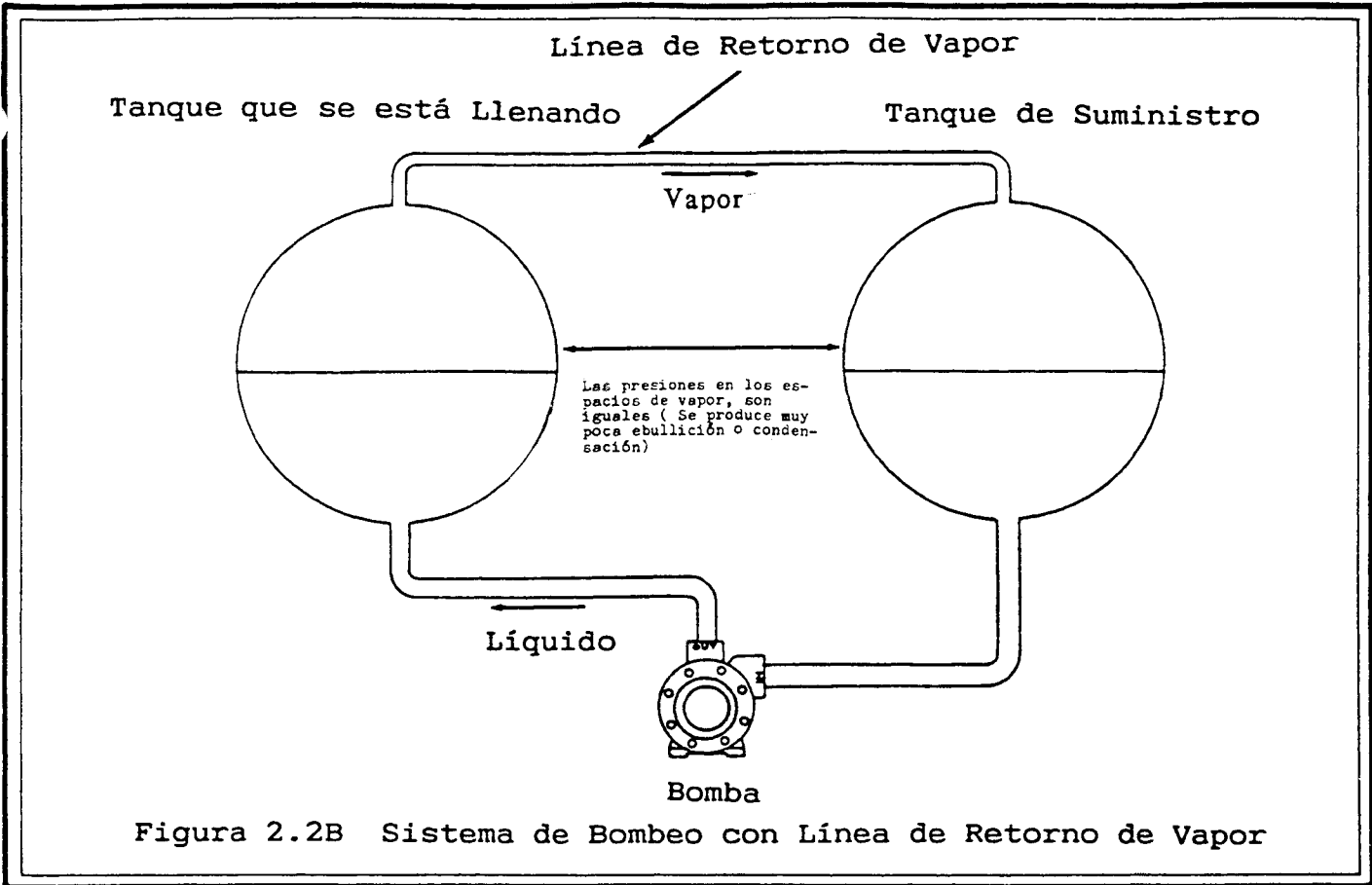
No es muy práctico y además es muy costoso el diseñar una instalación de bomba de GLP que impida la evaporación en la línea de succión bajo toda condición de operación, principalmente debido a las válvulas de exceso de flujo. Los reglamentos de seguridad requieren que todas las entradas y las salidas de un tanque de GLP estén equipadas con válvulas de exceso de flujo (VEF). La VEF se cierra automáticamente cuando una cantidad anormalmente grande de vapor o líquido sale del tanque, por ejemplo, cuando se desprende una manguera o cuando se produce una ruptura en la línea. Aunque los fabricantes de las VEF han avanzado bastante en reducir al mínimo la caída de presión que ocasionan estos accesorios, las caídas de presión siguen siendo significativas. Por ejemplo, si la caída de presión causada por una VEF es de 1 psi, entonces se necesitarían por lo menos 4.5 pies de LP en el tanque para poder compensar por dicha caída de presión. Siempre que este tanque opere con un nivel de líquido menor a 4.5 pies, habrá evaporación debida a la ebullición inducida internamente. Sin embargo, no es práctico mantener un nivel de líquido lo suficientemente alto en el tanque en todo momento con el fin de impedir que haya evaporación en las VEF debido a que eso requeriría que se llenase el tanque con mayor frecuencia – y eso cuesta dinero. El colocar los tanques a una mayor altura también es costoso dado que hay que invertir más dinero en los cimientos, en los soportes y en las tuberías. Debido a estos problemas, el uso de las bombas de turbina regeneradora y de las bombas rotatorias de aspas deslizantes se haya hecho popular. Estas bombas pueden mover líquido en ebullición mezclado con cierta cantidad de vapor, y aún así operan de manera confiable.

El vapor que se forma en el tanque de abastecimiento y que entra a la bomba se denomina vapor de arrastre. El arrastre de vapor se debe a una caída en la presión en el interior del tanque de abastecimiento. A medida que la bomba saca líquido del tanque, el espacio que ocupa el vapor crece, causando que la presión del tanque baje. Esto hace que el líquido hierva y se convierta en vapor con el fin de aumentar la presión del vapor nuevamente. Desafortunadamente, la ebullición ocurre en el fondo del tanque. Este es precisamente el punto en el cual existe la mayor probabilidad de que sea arrastrado hacia la línea de succión. Para mantener el arrastre de vapor a un nivel lo suficientemente bajo con el propósito de proteger la bomba, no se debe remover más del 2 al 3% del volumen del tanque por minuto. Para tanques subterráneos la exigencia es aún más estricta: no se debe remover más del 1 al 2% del volumen del tanque por minuto. Esto también impedirá que se forme un remolino lo que incrementaría de manera significativa el arrastre de vapor.

El mejor método para reducir al mínimo el arrastre de vapor en el tanque de abastecimiento es mediante una línea de retorno de vapor. La línea de retorno de vapor conecta el espacio del vapor en el tanque de abastecimiento con el espacio del vapor en el tanque que está siendo abastecido. A medida que se extrae líquido del tanque de abastecimiento, éste es reemplazado con vapor del tanque que se está abasteciendo. De esta manera, el líquido en el tanque de abastecimiento no necesita hervir con el fin de mantener la presión del vapor. Ver Figuras 2.2B y 2.2C. Desafortunadamente, en muchas áreas, las autoridades locales no permiten el uso de líneas de retorno de vapor en sistemas con medidores. Cuando se utiliza una línea de retorno, parte del vapor que se encuentra en el tanque del cliente regresa al tanque del proveedor. Aunque existen técnicas para calibrar el medidor a fin de compensar por esta pérdida de vapor, las autoridades de algunas áreas no permiten el uso de estas técnicas.

Debido a que la formación de vapor en la línea de succión no se puede eliminar de una manera económica, la industria de GLP se ha visto obligada a compensar los costos ocasionados por desgaste y avería en las bombas con los costos de instalación y operación. Por lo tanto, las bombas de GLP necesitan llenar dos requisitos importantes: 1) La formación de vapor en el interior de la bomba no debe ser significativa comparada con el vapor formado en la línea de succión. 2) La bomba debe ser capaz de operar de manera confiable a pesar de la presencia de cierta cantidad de vapor en el líquido.





---

---

¿Cuánta formación de vapor debe considerarse como demasiada? Esta pregunta es difícil de contestar. Mientras más vapor haya, más rápido será el desgaste. Sin embargo, el permitir que la bomba se desgaste con mayor rapidez puede resultar más económico que el construir una instalación ideal. En la mayoría de los casos, lo más aconsejable es seguir las instrucciones para la instalación de una bomba que se encuentran en el Apéndice Z400. Estas instrucciones se basan en 30 años de experiencia y resultan en instalaciones económicas y que a la vez limitan la formación de vapor a un nivel lo suficientemente bajo como para permitir que la bomba opere de manera altamente confiable. Siempre que se considere el pasar por alto alguna de estas recomendaciones, debe considerarse cuidadosamente cómo los cambios afectarán la formación de vapor en la línea de succión.

La figura 2.2A muestra que, para la misma caída de presión, en días fríos hay una mayor formación de vapor que en los días calientes. Esto explica por qué la velocidad de trasiego es menor en días fríos en las plantas de GLP. Es muy importante tener presente que esta menor velocidad de trasiego se debe, no a la bomba, sino a la línea de succión.

El factor que probablemente se pasa por alto con mayor frecuencia en relación a las bombas de GLP es que dichas bombas no causan una evaporación ni cavitación significativas (veremos esto con mayor detalle en la Sección 2.9). Las bombas de turbina regeneradora y las bombas rotatorias de aspas desempeñan un papel prácticamente pasivo en la formación de vapor. Si se les suministra líquido, bombean líquido. Si se les suministra vapor, bombean vapor. La evaporación en los sistemas de bombeo de gas LP está relacionada casi por completo con la línea de succión, no con la bomba.

### 2.3 Diseño de las Bombas de Gas LP

Las bombas con características de operación similares a las de desplazamiento positivo, que rotan (en vez de tener un movimiento alternativo) son las favoritas de la industria de gas LP. Estas bombas han dominado el mercado debido a que son las que mejor cumplen con los requisitos que mencionamos anteriormente: 1) La bomba no causa evaporación significativa de GLP y 2) La bomba puede bombear cierta cantidad de vapor sin experimentar daño. Para poder comprender por qué estas bombas llenan estos requisitos tan satisfactoriamente, es útil comprender antes por qué los diseños más comunes y convencionales tienen un rendimiento tan pobre.

El tipo más común de bomba para líquidos es la bomba centrífuga. La bomba centrífuga extrae el fluido por medio de un impulsor que recoge el fluido, lo acelera y lo envía a una restricción que se encuentra en el punto de descarga, llamada voluta. La energía cinética (energía de movimiento) que el impulsor le imparte al líquido se convierte en energía potencial (energía de presión) en la voluta. Debido a que el impulsor acelera el líquido, el líquido debe entrar a la bomba a alta velocidad. Esto ocasiona una caída bastante grande de presión en la succión de la bomba. Esta caída de presión da por resultado una gran formación de vapor y cavitación del gas licuado. La formación de vapor y la cavitación es demasiado grande para que se puedan usar las bombas centrífugas convencionales de una sola etapa para bombear GLP, si la presión en la succión está cerca o por debajo de la presión de vapor, como es el caso con la mayoría de las aplicaciones comerciales.

Otra bomba común, la bomba de pistones, no es adecuada para el bombeo de gas LP líquido desde tanques de almacenamiento. Las bombas de pistones (lo mismo que las bombas oscilatorias) pertenecen al grupo de desplazamiento positivo junto con las bombas rotatorias de desplazamiento positivo. Las bombas de desplazamiento positivo manejan los líquidos en volúmenes fijos, tales como el volumen del cilindro en una bomba de pistones. El líquido es forzado hacia afuera de la bomba mediante un pistón. En una bomba de pistones, el flujo del fluido hacia adentro y hacia afuera del cilindro está restringido por válvulas de succión y de descarga. Estas restricciones ocasionan caídas de presión que dan por resultado una formación de vapor inaceptablemente grande en el líquido de gas LP bombeado desde el punto de almacenamiento.

Las bombas rotatorias con características de operación de desplazamiento positivo comprimen el fluido sin la aceleración que requieren las bombas centrífugas. Tiene amplios orificios de succión sin restricciones. El movimiento giratorio produce un flujo continuo y uniforme en vez del flujo pulsátil de una bomba de movimiento alternativo. Debido a que la bomba es de desplazamiento positivo, puede bombear tanto vapor como líquido. Estas propiedades hacen que estas bombas sean más adecuadas que ninguna otra para el bombeo de gas licuado.

Las bombas rotatorias con características de operación de desplazamiento positivo para gas LP, pueden clasificarse en tres diferentes familias: 1) Bombas rotatorias de aspas, 2) Bombas de turbina regeneradora y 3) Bombas de engranajes. La bomba de turbina regeneradora es similar a la bomba centrífuga en muchos aspectos pero sus características de operación son prácticamente idénticas a las de una bomba de desplazamiento positivo (veremos esto con mayor detalle en la Sección 2.5). CORKEN fabrica bombas rotatorias de aspas y bombas de turbina regeneradora.

#### 2.4 Bombas Rotatorias de Aspas Deslizantes

La bomba rotatoria de aspas deslizantes es la bomba más popular en la industria de gas LP para la obtención de flujos altos (20 GPM o más). Estas bombas combinan las ventajas de un costo bajo, alta confiabilidad y mantenimiento sencillo. El principio de operación es muy sencillo. Se coloca un rotor ranurado en una cavidad denominada excéntrica. Se apoya el rotor cerca de la pared de la excéntrica de tal forma que se forma una cavidad en forma de media luna. Se sella el rotor dentro de la excéntrica mediante dos placas laterales. La tolerancia entre el rotor y las placas laterales es de 8 a 10 milésimas de pulgada, dependiendo del modelo. El rotor tiene aspas\* que se deslizan hacia adentro y hacia afuera de las ranuras del rotor a fin de sellar los volúmenes entre el rotor, la excéntrica y la placa lateral. El líquido entra a la cámara de bombeo (cavidad de forma de media luna) a través de orificios en la excéntrica. Las aspas barren el fluido hasta el extremo opuesto de la cámara de bombeo, donde es expulsado a través de orificios de salida que tiene la excéntrica a medida que el aspa se aproxima al final de la cámara. (Figura 2.4A).

\*Las palabras "aspas" y "paletas" son utilizadas de forma intercambiable al referirse a las bombas CORO-VANE.

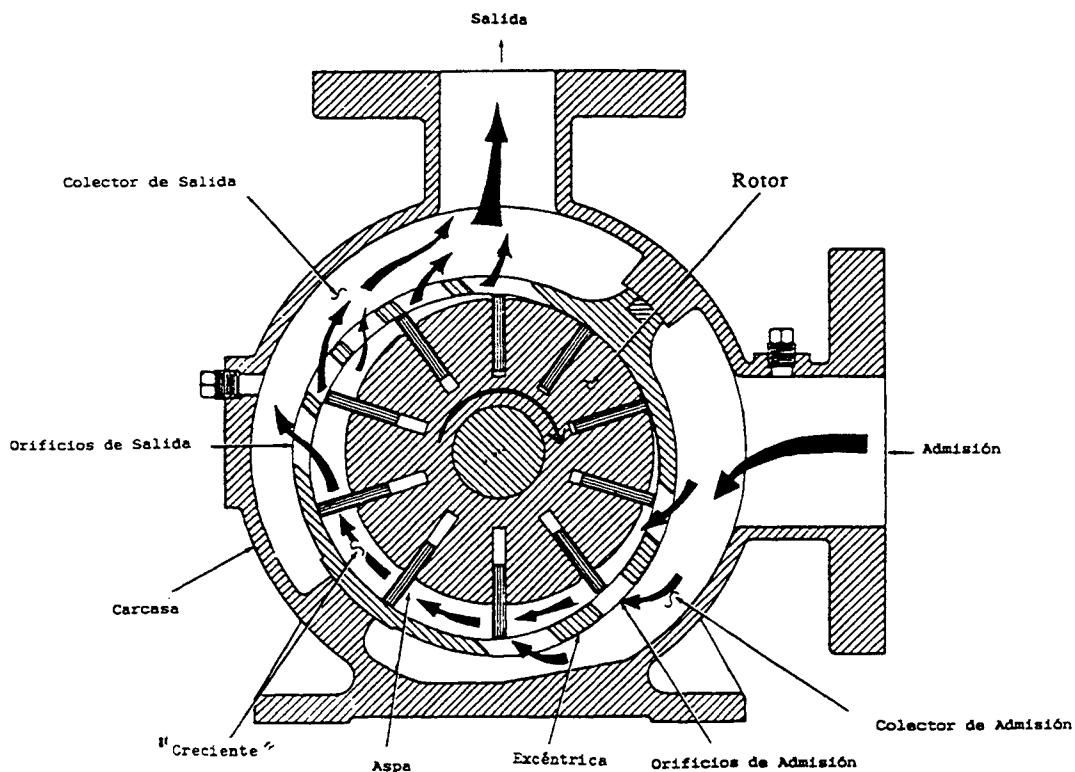


Fig 2.4A. Disposición de la bomba de paletas.

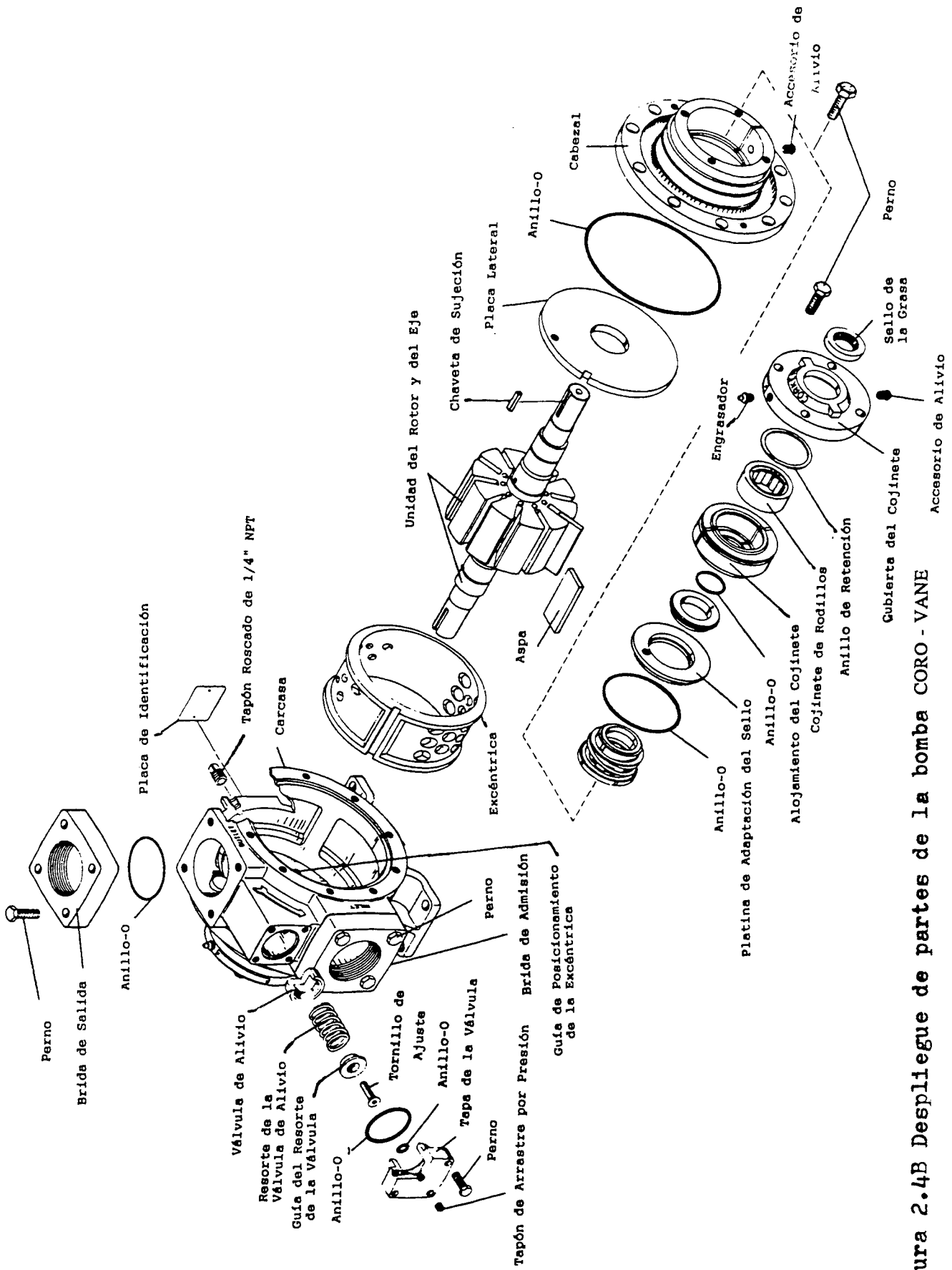
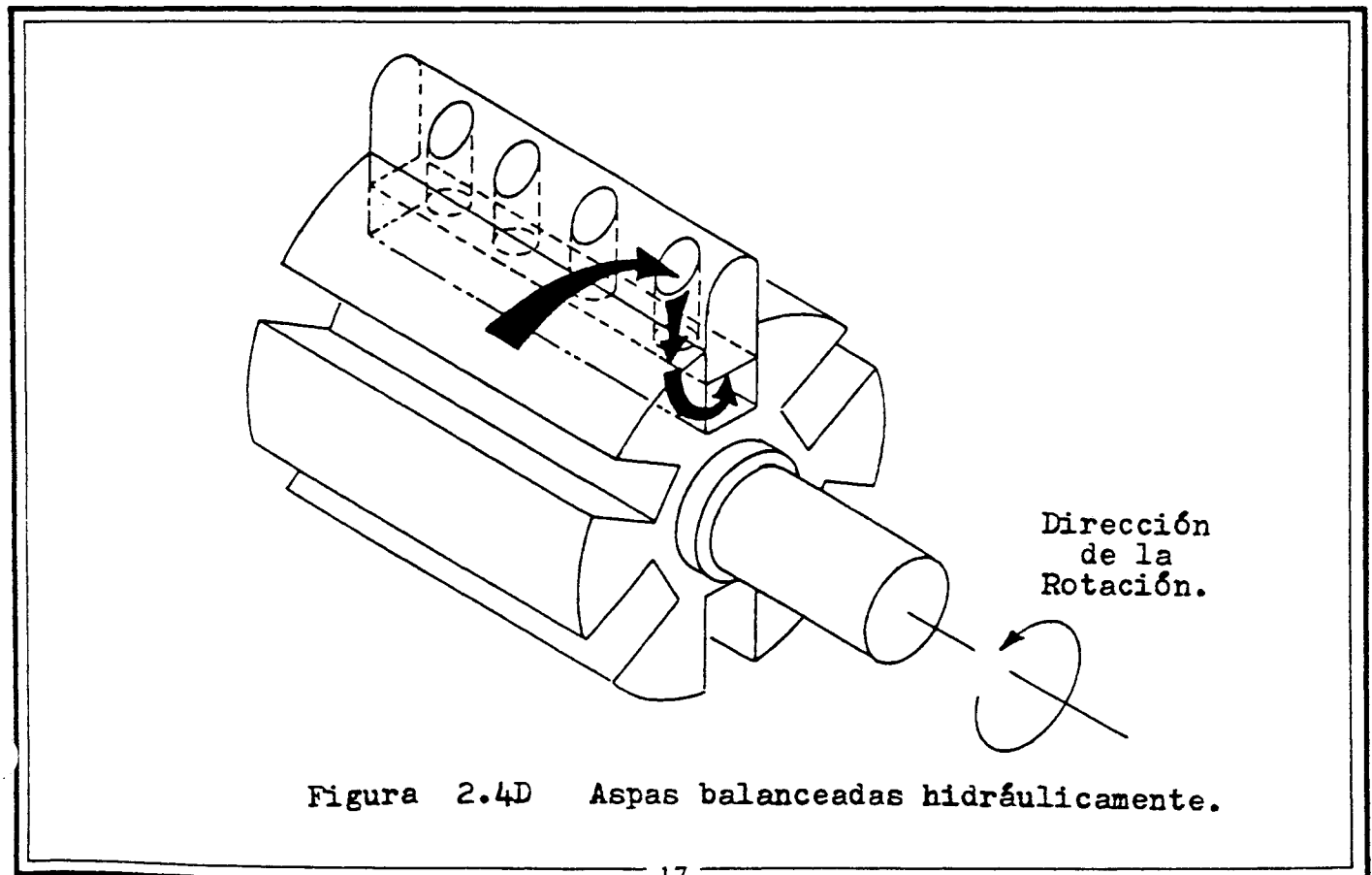
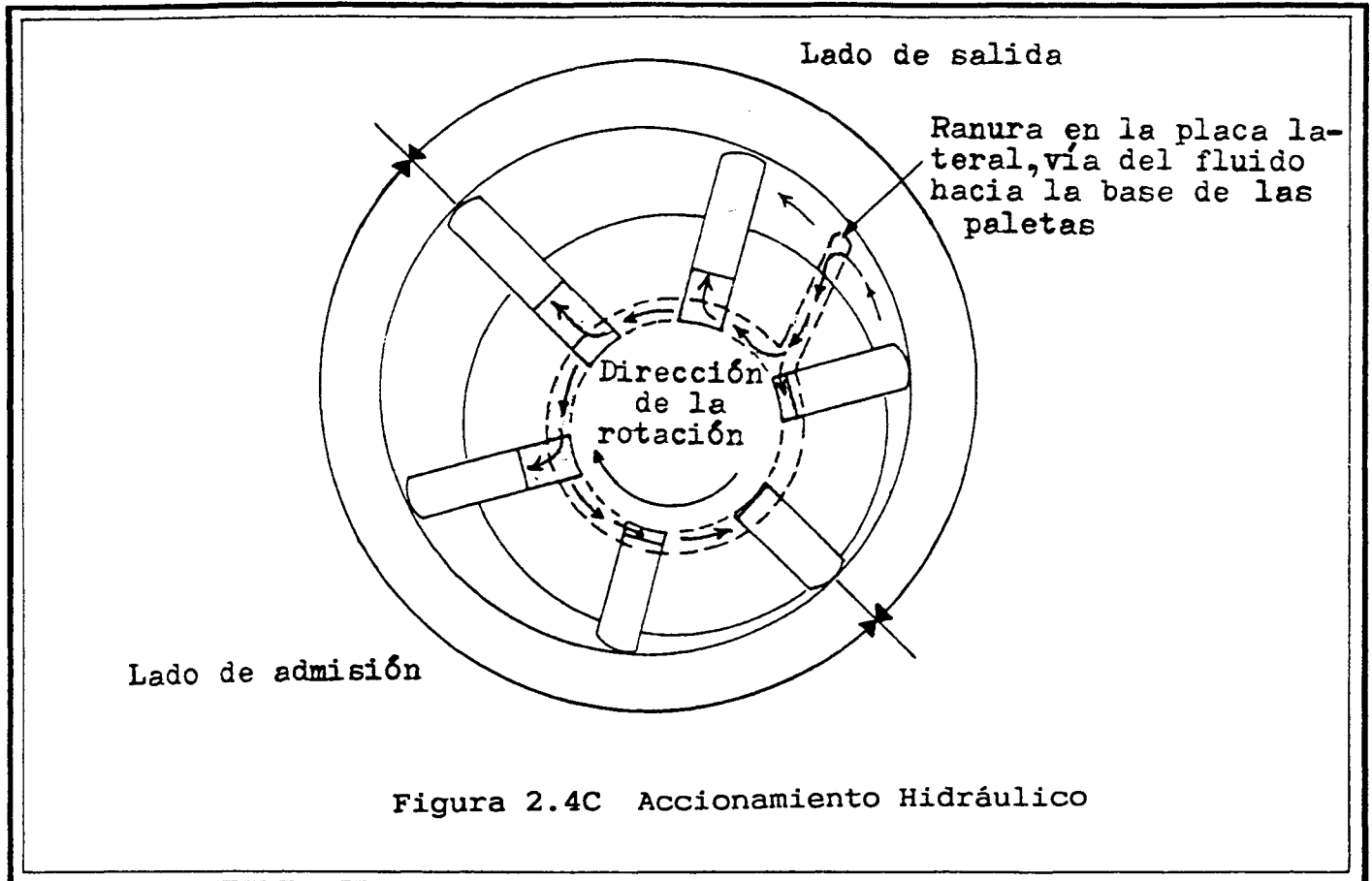


Figura 2.4B Despliegue de partes de la bomba CORO - VANE



---

---

Para que una bomba de aspas funcione apropiadamente, el aspa debe hacer contacto firmemente con la pared de la excéntrica con el fin de sellar el espacio. La fuerza centrífuga ayuda a empujar las aspas hacia afuera, contra la pared, pero esta fuerza por sí sola no es suficiente. La fuerza hidráulica que ejerce el líquido que se está bombeando tiende a empujar las aspas hacia adentro. Se deben incorporar características especiales de diseño en la bomba para contrarrestar esta fuerza. Generalmente esto se logra aprovechando la presión de descarga, para dirigirla hacia abajo del aspa mediante ranuras en las placas laterales o mediante orificios en las aspas.

Las carcasas y los rotores de las bombas Coro-Vane de GLP/Amoníaco están hechas de hierro dúctil, un tipo de hierro fundido que es fuerte y cuyo costo es bajo. Las aspas están hechas de nylon relleno con fibras especiales (excepto en el caso de amoníaco) o de sulfuro de polifenileno. Algunos fluidos tales como el amoníaco causan que las aspas de nylon se hinchen; las aspas de sulfuro de polifenileno no se hinchan con amoníaco ni con otros fluidos similares. Las bombas Coro-Vane de CORKEN no tienen piezas de cobre, por lo que pueden usarse para bombear amoníaco.

El rotor está sostenido fuertemente en ambos extremos por cojinetes de rodillos. Se utilizan sellos mecánicos interiores en ambos lados del rotor para controlar eficientemente la filtración. Las bombas están diseñadas para operar a velocidades desde 400 hasta 1000 RPM.

CORKEN fabrica cuatro tamaños de bombas rotatorias de aspas que abarcan flujos desde 20 GPM hasta 350 GPM. Algunas aplicaciones típicas incluyen el llenado de cilindros, la carga y descarga de camiones de abastecimiento, y la carga y descarga de transportes grandes. Las bombas Coro-Vane se seleccionan en base al flujo y a la diferencia de presión requeridas. La velocidad y la potencia (HP) se obtienen de las curvas de la bomba que aparecen en el Manual de Ventas de CORKEN. Las bombas Coro-Vane pueden ser accionadas directamente o mediante una correa-V y ya sea por un motor eléctrico o por un motor de gasolina. Las bombas Coro-Vane para camiones pueden ser accionadas con el motor del camión mediante una toma de fuerza. Las bombas para camiones vienen con un eje de accionamiento que se extiende a ambos lados de la bomba a fin de permitir que la bomba sea accionada por la toma de fuerza sin importar de qué lado del motor esté ubicada dicha toma de fuerza.

Ocasionalmente es necesario operar las bombas Coro-Vane con motores que exceden los 20 HP. En estos casos, la bomba debe ser accionada mediante un engranaje de reducción o mediante un motor de baja velocidad (400 a 1000 RPM). Si se usa una correa-V para accionar motores de más de 25 HP, el resultado será un exceso de esfuerzos de torsión sobre el eje de accionamiento.

Algunas bombas Coro-Vane vienen con una válvula de alivio interna para mayor protección. Esta válvula alivia parte de la presión de la descarga de la bomba dirigiéndola de regreso a la succión. La función de la válvula es la de impedir que la diferencia de presión a través de la bomba exceda el límite estipulado. Esto protege las aspas e impide que el motor se sobrecargue. (Nota- Todas las bombas de desplazamiento positivo deben tener una válvula de alivio externa de retorno-al-tanque en adición a la válvula de alivio interna suministrada con la bomba. UL requiere que todos los sistemas de gas LP tengan una válvula de desvío externa.)

Para mantener la eficiencia de la bomba, la tolerancia entre el rotor y las placas laterales debe ser muy pequeña. Las bombas Coro-Vane tienen un rotor "flotante" que utiliza fuerzas hidráulicas para centrar el rotor e impedir el contacto del mismo con las placas laterales. Este diseño elimina los problemas de ensamblaje y los difíciles procedimientos de ajuste que requiere el diseño de un rotor fijo.

Las bombas Coro-Vane para camiones generalmente vienen con un amortiguador de empuje opcional. Un eje de toma de fuerza puede ocasionar un empuje que tienda a recostar el rotor contra la placa lateral en algunos casos. El amortiguador de empuje es un eje que cubre el eje del rotor. El eje del rotor pasa por dentro del eje amortiguador de empuje y sigue teniendo la capacidad para flotar. El amortiguador de empuje transmite la fuerza rotatoria de la toma de fuerza al eje del rotor a la vez que soporta la carga axial de empuje que se transmite en la toma de fuerza.

Los cojinetes de rodillos de la bomba Coro-Vane están lubricados con grasa. Para impedir la lubricación excesiva del cojinete, se instala un accesorio de alivio para la grasa en la cubierta del cojinete.

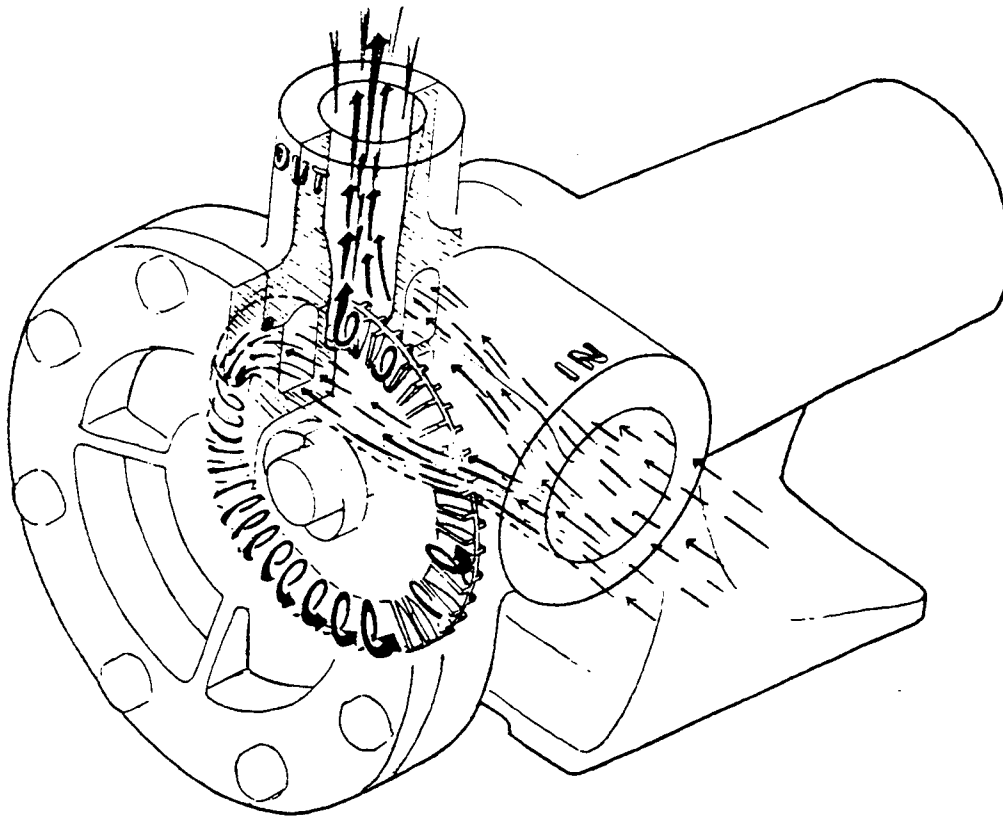


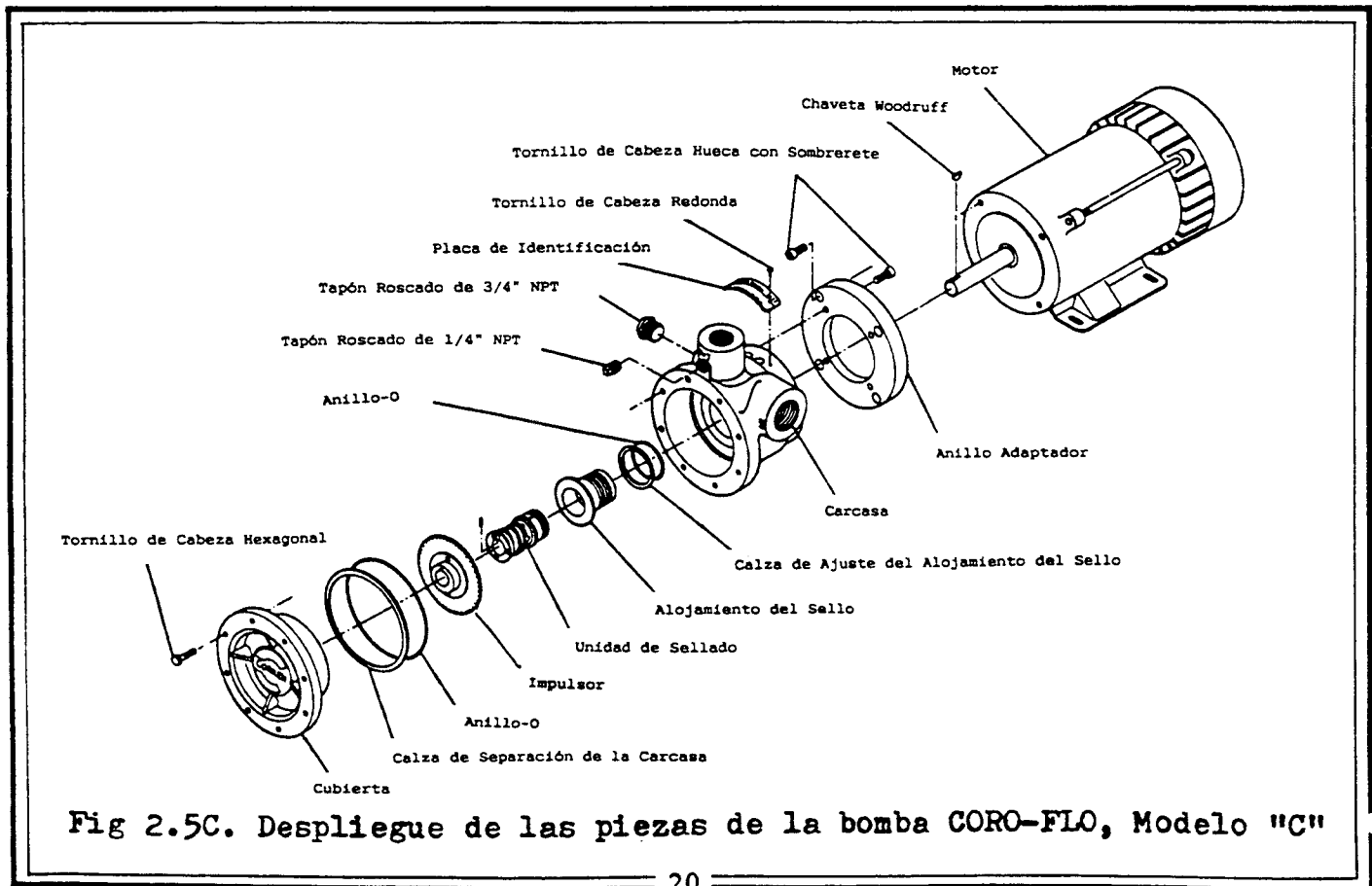
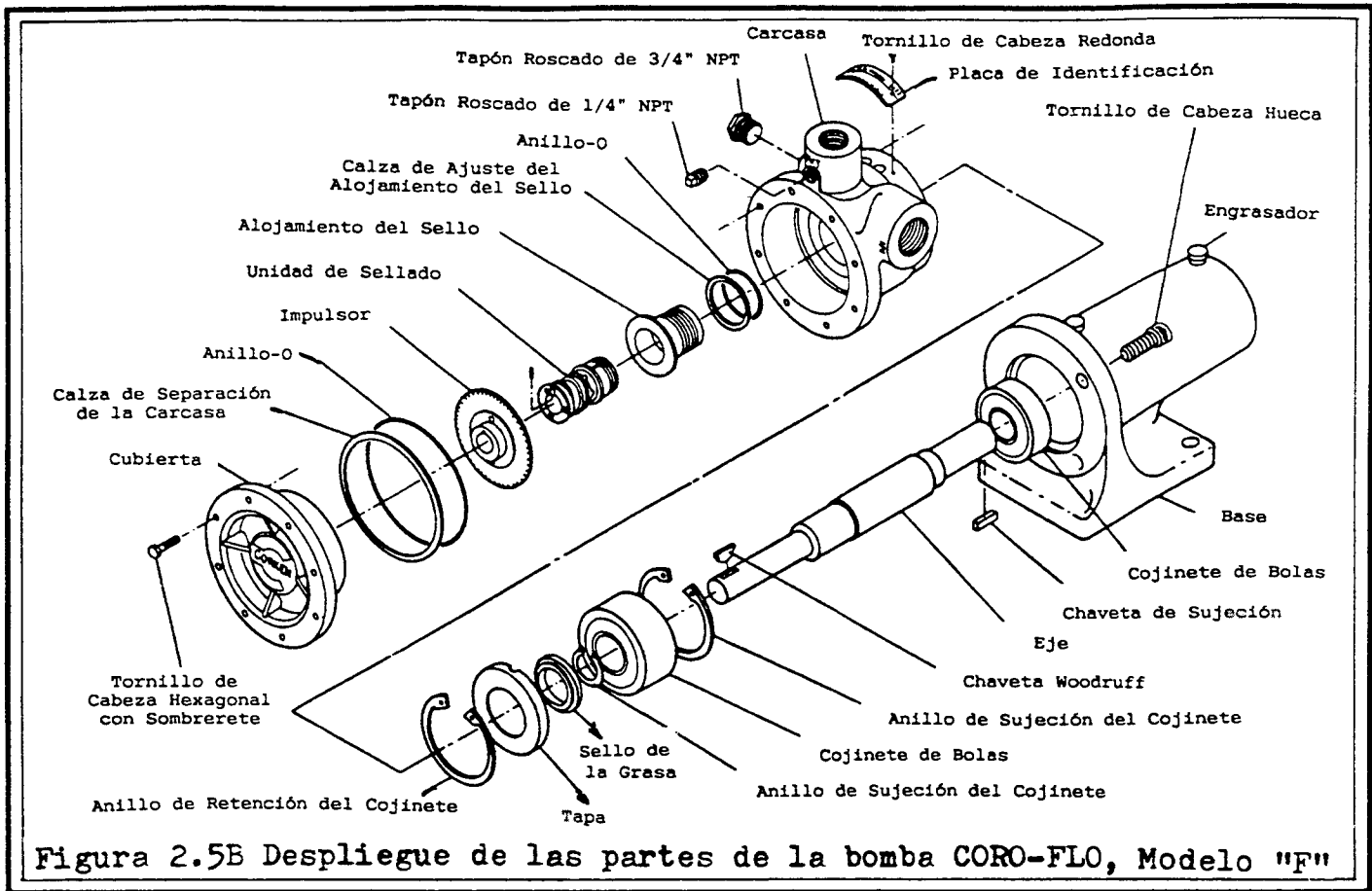
Figura 2.5A Bomba Coro-Flo

## 2.5 Bombas de Turbina Regeneradora

La bomba de Turbina Regeneradora (TR) ha adquirido una reputación como la bomba de gas LP más confiable que se encuentra en el mercado. Una vida útil de más de 25 años no es poco común, aún en bombas que se usan a diario.

Los principios de operación de la bomba de TR son un tanto sutiles al compararse con los de otras bombas. Desde un punto de vista mecánico la bomba de turbina regeneradora es una bomba centrífuga. Sin embargo, las características de funcionamiento de la bomba corresponden a las de una bomba de desplazamiento positivo. Una bomba de TR comprime el fluido de la misma manera que lo hace una bomba centrífuga. Acelera el fluido para convertir la energía cinética en energía potencial. La bomba de TR difiere de la bomba centrífuga en que divide el proceso de aceleración/compresión en docenas de pasos separados. En cada paso el fluido es ligeramente acelerado y comprimido.

Cuando el fluido entra a la bomba, es recogido por el impulsor y comienza a moverse en espiral alrededor de la circunferencia de cada lado del impulsor. (Ver la Figura 2.5A). Cada espiral representa un ciclo de aceleración/compresión. El impulsor tiene dientes incrustados en los bordes de ambos lados y gira a alta velocidad (3600 RPM para motores de 60 HZ, 2880 RPM para motores de 50 HZ) dentro de una carcasa que lo cubre de manera ajustada, con muy poco espacio de por medio.





---

Debido a que el fluido es acelerado sólo hasta una velocidad ligeramente más alta que la velocidad en la succión de la bomba, la caída de presión y la formación de vapor en la succión de la bomba son muy bajas. Las tolerancias entre el impulsor y la carcasa son tan ajustadas que hay muy poco escape a través de los dientes. Esta ajustada tolerancia hace que la bomba funcione de forma muy parecida a una bomba de desplazamiento positivo, lo cual le permite bombear cierta cantidad de vapor.

El diseño mecánico de una bomba de TR se asemeja en gran manera al de una bomba centrífuga típica. El poco peso del impulsor diseñarlo con una suspensión superior. Este diseño solamente requiere un sello mecánico para sellar la cámara de bombeo. El impulsor está diseñado para flotar sobre el eje de tal forma que las fuerza hidráulicas en la bomba puede centrar el impulsor a perfección impidiendo así que haya contacto de metal con metal entre el impulsor y la carcasa. El impulsor de la bomba Coro-Flo de CORKEN es más fácil de instalar que el impulsor de una bomba centrífuga, a pesar de la tolerancia tan ajustada, debido a que está diseñado para flotar.

La bomba CORKEN Coro-Flo de Turbina Regeneradora está disponible en seis diferentes tamaños y se puede usar con accionamiento directo por un motor de 3600 o de 2880 RPM. Si es necesario utilizar un motor de menor velocidad, se puede usar un accionamiento mediante una correa-V para accionar la bomba a 3600 RPM. Las velocidades de flujo van desde 1 hasta 35 GPM con diferencias de presión de hasta 150 PSI. Se pueden seleccionar las bombas utilizando las curvas del Manual de Ventas.

La carcasa de la bomba Coro-Flo está hecha de hierro dúctil. Las bombas de propano usan un impulsor de bronce con un eje de acero y una camisa de sellado de aluminio. Para  $\text{NH}_3$  se debe reemplazar el impulsor de bronce con un impulsor de hierro. Se puede comprar la bomba con todas las piezas de acero reemplazadas por acero inoxidable a fin de usarla con materiales corrosivos.

Las bombas Coro-Flo montadas en su base o de tipo "F" (Figura 2.5B) pueden ser accionadas con una unión flexible por motores de hasta 10 HP. Para el llenado de cilindros con propano, CORKEN ha desarrollado la bomba modelo "C" (Figura 2.5C). Este diseño compacto monta la bomba directamente sobre el motor. El motor y la bomba comparten un eje común. Las bombas Coro-Flo modelo "C" están equipadas con motores de 3/4 a 3 HP, dependiendo del tamaño de la bomba.

La bomba Coro-Flo se ha ganado la reputación de una gran confiabilidad para el llenado de cilindros. Cuando se instala de manera apropiada, una bomba de turbina regeneradora casi siempre durará más que una bomba de aspas ya que se elimina el problema del desgaste de las aspas. Por lo general, las turbinas regeneradoras son la mejor opción cuando se requiere poca potencia (10HP o menos) y cuando la confiabilidad del funcionamiento es más importante que el uso eficiente de la energía. En aplicaciones que consumen mucha potencia, el uso más eficiente de la energía en las bombas de aspas es el factor primordial, a pesar de su menor duración.

## 2.6 Sellos Mecánicos para Bombas de Gas LP

De todos los componentes de una bomba de gas LP, el sello mecánico es el más importante. El sello mecánico debe ser diseñado e instalado adecuadamente y se le debe proporcionar el mantenimiento apropiado con el fin de reducir el escape del fluido al mínimo.

Los sellos de los ejes de bombas se utilizan para sellar componentes giratorios contra aquellos que son fijos. Para lograr esto, se debe formar un sello a lo largo de una superficie giratoria que entra en contacto con una fija. En un sello mecánico esto se hace fijando una superficie de sellado giratoria contra el eje y una superficie de sellado estacionaria o "asiento de sello" contra la carcasa de la bomba. Las superficies de sellado están bien pulidas y son casi perfectamente planas de tal forma que al hacer contacto se produce un mínimo de escape a través de dichas superficies en contacto (Vea la Figura 2.6A). Una de estas superficies generalmente está compuesta de carbón mientras que la otra está hecha de metal o de cerámica. Esta combinación de materiales da por resultado que haya poca fricción entre las superficies de sellado en contacto. CORKEN ha descubierto que una superficie de carbón rotatoria en contacto con un asiento fijo de hierro fundido suministra un funcionamiento económico y confiable en bombas de gas LP y de amoníaco. CORKEN suministra diversas opciones de materiales para el sellado de las bombas Coro-Flo (Vea el Manual de Ventas para mayor información sobre dichas opciones).

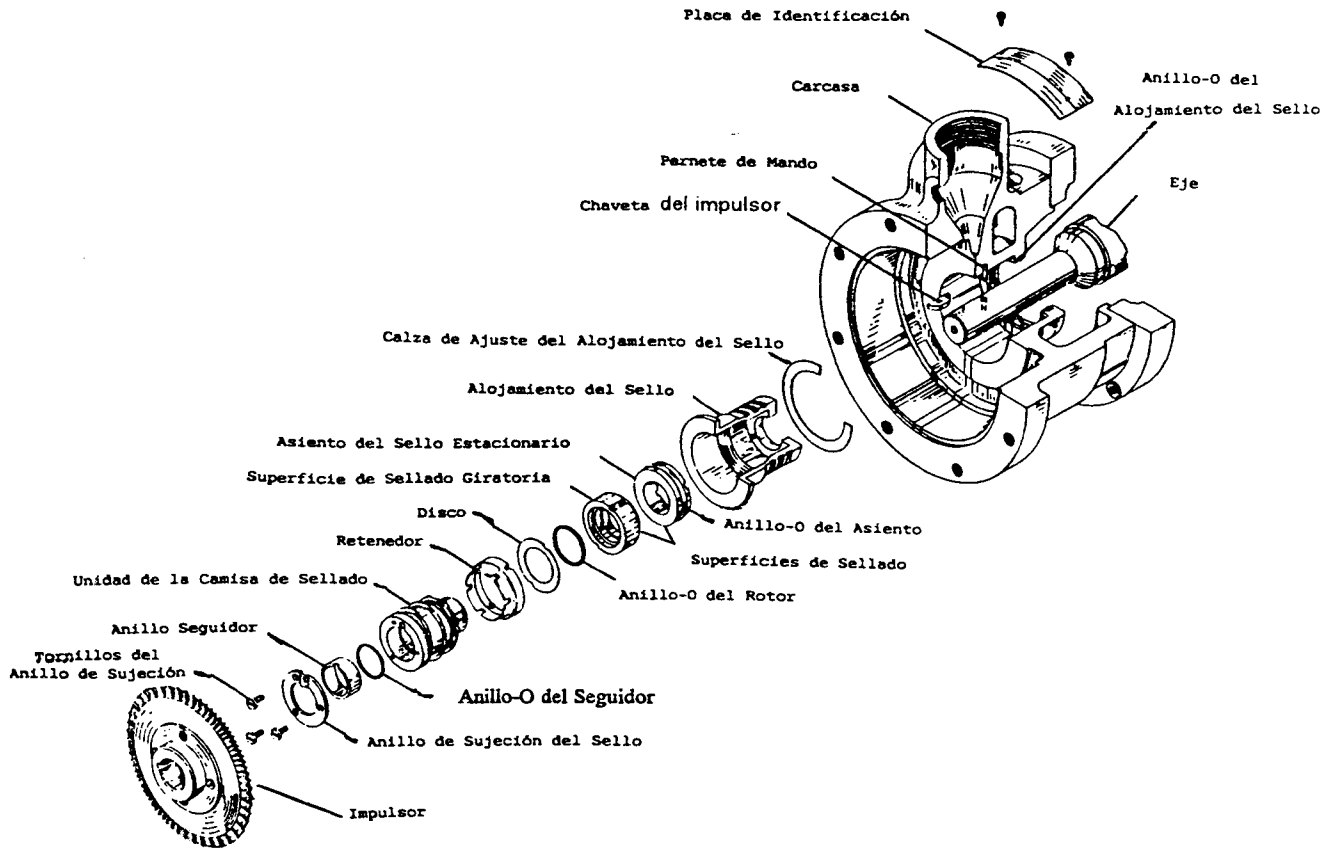


Fig. 2.6A. Despliegue de partes, bomba CORO-FLO con sello mecánico.

Aunque las superficies de sellado son muy lisas, aún así existen imperfecciones microscópicas. El sellado entre las dos superficies lisas se completa mediante el fluido que se está bombeando. El fluido llena las imperfecciones microscópicas y forma una película lubricante entre ambas superficies. Esta película lubricante reduce la fricción hasta un punto en el cual el calentamiento del sello ocasionado por la fricción es insignificante. Aún cuando se escapa una pequeña cantidad de fluido a través de las superficies de sellado, un buen sello limitará dicho escape a una cantidad tan pequeña que ni siquiera podrá ser detectada.

Un escape serio generalmente es atribuible a dos causas: 1) Escape a través de las superficies de sellado en contacto 2) Escape a través de los anillos-O que sellan las superficies que dan hacia el eje de la bomba o hacia la carcasa.

---

---

Los escapes a través de las superficies de sellado pueden deberse a:

1) Que las superficies de sellado estén mal alineadas. Las superficies de sellado deben estar perfectamente paralelas entre sí con el fin de cumplir con su función de sellado. Si una de las superficies está ligeramente desviada del plano paralelo a la otra, el resultado será una abertura entre ambas superficies. Se puede evitar el mal alineamiento de las superficies de sellado en las bombas CORKEN fácilmente, asegurándose de que todas las puntas guías estén alineadas y de que los asientos de los sellos estén firmemente presionados contra el alojamiento del sello (Coro-Flo) o contra el retenedor del asiento del sello (Coro-Vane).

2) Daños en las superficies de sellado. Cualquier rasguño o abrasión sobre alguna de las superficies dará por resultado que haya escape. Los rasguños generalmente son causados por descuidos al momento de la instalación o como resultado de bombear un líquido que contiene partículas abrasivas. Las superficies de sellado también pueden experimentar daño como resultado de calor excesivo producido por la fricción lo cual ocurre cuando la bomba funciona en seco. El funcionamiento de la bomba en seco causa que la película líquida entre las superficies de sellado se evapore aumentando así enormemente la fricción entre ellas. Generalmente se pueden detectar los daños a las superficies de sellado mediante una inspección visual. Aunque parezca que solamente una de las superficies está dañada, se deben reemplazar ambas.

Los escapes a través de los anillos-O pueden ser producto de:

1) Anillos-O dañados o gastados. Los anillos-O funcionan como un empaque de sellado que es económico, confiable y de fácil instalación. Sin embargo, para que un anillo-O pueda funcionar como un sello, debe estar prácticamente en perfectas condiciones. Cualquier corte, hendidura o abrasión sobre el anillo-O probablemente resultará en que haya escapes. Debido a que son económicos, es recomendable reemplazar los anillos-O cuando se abra la bomba para hacerle reparaciones de sellado.

2) Degradación del material del anillo-O. La elasticidad y la resistencia de un anillo-O se pueden ver afectadas adversamente por los materiales corrosivos, por el calor o por el frío excesivo (como resultado, el anillo-O puede perder su efecto sellador al ponerse más suave, más duro, al hincharse o al encogerse como consecuencia del calor o de la acción química del bombeo). Es importante seleccionar bien el material del cual están hechos dichos anillos para aumentar la vida útil del sello. Se ha descubierto que Buna N es el mejor material para aplicaciones relacionadas con gas LP y amoníaco. También están disponibles los anillos-O de Teflón, Vitón, Etileno-Propileno y de Neopreno para líquidos más corrosivos. La causa más común de degradación del material es el calor excesivo causado cuando la bomba funciona en seco.

3) Los anillos-O están mal colocados. Es necesario crear una diferencia de presión a través del anillo-O a fin de asentarlo allí de tal forma que selle bien. La mejor forma de asentar el anillo-O es sometiéndolo a presión con vapor antes de abrir la línea del líquido. Si se expone por primera vez un sello nuevo al líquido antes de ser sometido a presión con vapor, puede ocurrir lo siguiente: puede haber escape de líquido a través del anillo-O; dicho líquido se evapora ocasionando que se enfríe el anillo-O, lo que hace que éste se endurezca y no selle bien.

No se puede calcular la vida útil de un sello. La mayoría de los sellos pueden durar muchos años, pero hay muchas formas en las cuales el operador de la bomba puede reducir su vida útil. Cualquier cosa que ocasione que la bomba funcione en seco perjudicará los sellos. Esto incluye cosas tales como olvidar desconectar la toma de fuerza en las bombas para camiones, y manejar el camión cuando la bomba está girando. Se debe tener especial cuidado para que la bomba no siga funcionando después de que el tanque de suministro se haya vaciado. Esto explica por qué se observa mayor maltrato de los sellos en los camiones de transporte. Nunca opere la bomba de gas licuado cuando la línea de abastecimiento esté cerrada puesto que esto ocasionará que el líquido se evapore y la bomba estará funcionando en seco.

Se pueden tomar algunas medidas preventivas para alargar la vida útil de los sellos. Cuando sea necesario dejar de usar una bomba, se debe llenar con un aceite ligero o con kerosén mientras esté almacenada y no se utilice. En una bomba que ha estado operando con gas licuado, la acción disolvente del fluido generalmente remueve cualquier película protectora de aceite, de tal forma que si se deja de usar la bomba, ésta se puede oxidar. Siempre que sea posible, y mientras no represente ningún peligro, se debe dejar la bomba sometida a presión durante los períodos en los cuales se desconecta el sistema. Generalmente se puede hacer esto dejando una válvula de vapor ligeramente abierta.

---

---

Ningún sello mecánico es capaz de sellar totalmente el sistema. La naturaleza misma de un sello mecánico, la cual requiere que haya una película de fluido entre las dos superficies de sellado, nos da la seguridad de que en este punto siempre habrá algún escape del producto. Por lo general, dicho escape es mínimo, pero sería una imprudencia el dejar un grupo de camiones de propano en un edificio cerrado sin asegurarse antes de que todas las válvulas de los tanques están bien cerradas. Se debe tener en mente siempre que un sello mecánico no elimina los escapes – simplemente los controla.

## 2.7 Válvulas de Desvío y Líneas de Retorno

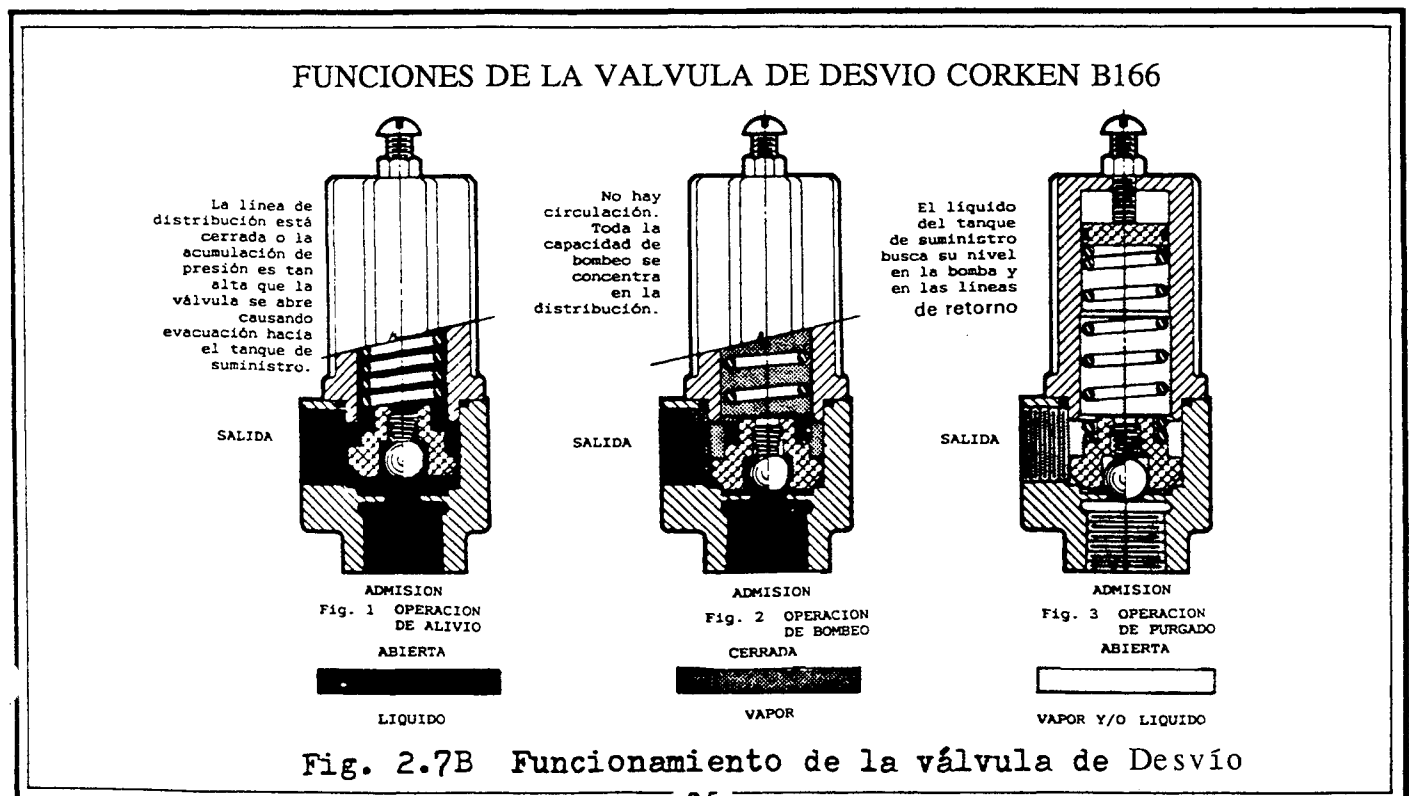
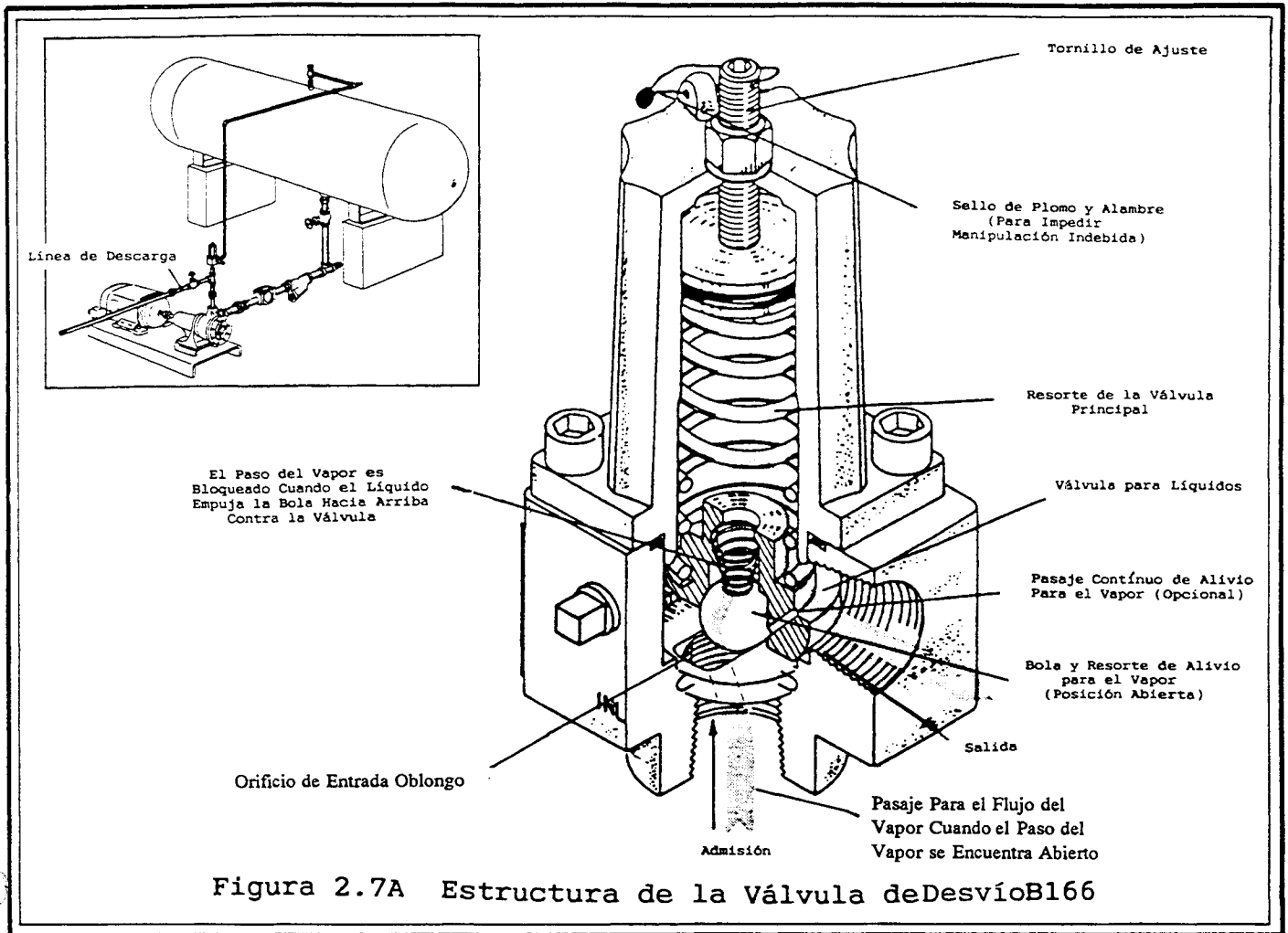
Todas las bombas de GLP requieren una válvula de desvío externa para garantizar su operación segura y eficiente.<sup>1</sup> La función de la válvula de desvío es aliviar internamente las diferencias de presión excesivas en el sistema de bombeo para proteger la bomba, las líneas y los componentes del sistema sin la necesidad de abrir alguna válvula hidrostática hacia la atmósfera. El diseño de una válvula de desvío es similar al de una válvula de alivio con la excepción de que la descarga de una válvula de desvío regresa al tanque de succión en vez de salir a la atmósfera. La admisión a la válvula de desvío está conectada a la línea de descarga tan cercano a la bomba como sea posible (ver Figura 2.7A). La válvula se abre siempre que la diferencia de presión a través de la bomba exceda la presión para la cual ha sido fijada la válvula. Las bombas de GLP requieren que el líquido que pasa a través de la válvula de desvío regrese al tanque de succión, con el fin de disipar el calor absorbido por el líquido debido a la fricción en la bomba. Si el GLP que pasa por la válvula de desvío regresa directamente a la bomba, entonces el mismo líquido vuelve a circular, con el resultado de que sigue absorbiendo calor por fricción, hasta que llega a su punto de ebullición. Algunas bombas de aspas están equipadas con válvulas de alivio internas pero éstas se suministran solamente como un elemento secundario, en caso de que línea de retorno externa se bloquee accidentalmente. Una válvula de desvío interna protegerá al sistema contra una presión excesiva, pero si el líquido pasa a través de la válvula se evapora, la bomba experimentará un rápido desgaste.

Una línea de retorno externa puede desempeñar varias funciones de protección que son esenciales en un sistema de bombeo de GLP. Estas funciones incluyen:

- 1) Proteger la bomba de diferencias de presión excesivas. Las diferencias de presión excesivas originan fuerzas no deseadas sobre las aspas, los ejes y los cojinetes. El código UL de potencias para bombas requiere que se limite la diferencia de presión a 125 PSIG.
- 2) Proteger al sistema de presiones excesivas. Si la bomba comprime demasiado el GLP en la línea de descarga, la válvula de alivio hidrostático puede descargar el GLP a la atmósfera.
- 3) Impedir que se sobrecargue el motor y aumentar la eficiencia del uso de la energía. La válvula de desvío limita la potencia que necesita la bomba para impedir que se sobrecargue el motor. Se puede ajustar la válvula de desvío para evitar que la bomba genere más diferencia de presión que la necesaria para el trasiego de un determinado fluido. Esto da por resultado un menor consumo de energía cuando la línea de retorno del sistema está operando a máxima capacidad.
- 4) (Solamente aplicable a Bombas de Turbina Regeneradora) Impedir que las bombas de turbina regeneradora operen con diferencias de presión que puedan ocasionar que el líquido se evapore. El flujo en las bombas de TR desciende a medida que aumenta la diferencia de presión. Para flujos bajos, el flujo de líquido no es suficiente para disipar el calor producido por la fricción en la bomba. El resultado es que el GLP que está en la bomba se evapora y bloquea el sistema. Si se limita la diferencia de presión, se impide que ocurra dicho bloqueo.

CORKEN fabrica tres tipos básicos de válvulas de desvío, que satisfacen las características requeridas para cada tipo de bomba y aplicación. Estos tres tipos son las válvulas de desvío B166, la T166 y la B177.

<sup>1</sup> La Reglamentación NFPA58 requiere que todas las bombas de GLP tengan una línea de retorno externa.



---

## La Válvula de Desvío B166

La B166 ha sido diseñada específicamente para usarse con la bomba de turbina regeneradora Coro-Flo. Su función principal es impedir que ocurran bloqueos provocados por el vapor.

Las bombas de TR pueden comprimir el gas que se encuentra en forma de vapor pero su capacidad para manejar vapor es considerablemente inferior a la de las bombas de aspas. Por esta razón, es importante suministrar una línea de retorno que permita que el vapor está presente en la succión de la bomba durante el cebado regrese con facilidad al espacio de vapor del tanque de succión. Con el fin de suministrar una ruta más expedita para que el vapor regrese al tanque de succión, la B166 viene con una válvula de alivio de vapor (Vea la Figura 2.7A & B). La válvula de alivio de vapor se encuentra dentro de la válvula para líquidos pero funciona en condiciones contrarias a la misma. La válvula de alivio de vapor permanece abierta desde que se echa a andar el sistema hasta que finaliza el cebado y hasta que haya el suficiente flujo de líquido, lo cual causa que dicha válvula se cierre. (Figura 2.7B, Parte B). La válvula para líquidos se abre solamente cuando la diferencia de presión excede la presión para la cual la válvula ha sido fijada.

En instalaciones cuyas condiciones de succión son desfavorables, tales como tanques subterráneos, es muy deseable tener mayor capacidad para la eliminación del vapor. Para estas aplicaciones se debe seleccionar la opción del pasaje para el alivio continuo del vapor. Este pasaje adicional ayuda a eliminar el vapor que se acumula, aún si la válvula de alivio de vapor está cerrada. Para instrucciones adicionales sobre instalaciones de tanques subterráneos vea el apéndice D.

Para ajustar la B166, gire el tornillo de ajuste hacia afuera hasta que no haya presión alguna sobre el resorte. Después, aumente la compresión del resorte, girando el tornillo de ajuste hacia adentro mientras la bomba está funcionando con la línea de retorno a máxima capacidad (es decir, con la línea de descarga cerrada). Siga incrementando la compresión del resorte hasta que ocurra alguna de las siguientes tres cosas: 1) Se llega a la diferencia de presión requerida para la aplicación. 2) La diferencia de presión llega a 125 PSIG. 3) La diferencia de presión no aumenta a medida que se incrementa la compresión del resorte. Si se llega primero a la condición número 3, el líquido se está evaporando en el interior de la bomba. En este caso, gire el tornillo de ajuste hacia afuera hasta que esté de 5 a 15 PSIG por debajo de la presión a la cual ocurre la evaporación. Cuando se logra la compresión apropiada del resorte, instale el sello de plomo y alambre para impedir la manipulación y desajuste de la misma.

## Válvulas de Desvío T166

La T166 es una versión modificada de la B166. La T166 se ha diseñado específicamente para las bombas para camión 522 y la 722. Las bombas para camión tienen condiciones de succión bastante pobres de tal forma que la bomba se ve obligada a manejar grandes cantidades de vapor. Si se alimenta este vapor al tanque de descarga, tiene que ser comprimido y recondensado a medida que el tanque se llena lo cual causa que la bomba tenga que hacer un esfuerzo adicional. La T166 está equipada con un pasaje para el alivio continuo del vapor en vez de la válvula de alivio de vapor que tiene la B166 (Vea la Figura 2.7C). Este pasaje envía gran parte del vapor en la descarga de la bomba, de vuelta hacia el tanque de succión. También envía algún líquido de regreso al tanque de alimentación. Idealmente, la T166 debería estar conectada a la sección de vapor como se muestra en la Figura 2.7C. Esta conexión del tipo "atomizador" da por resultado que parte del líquido que va por la línea de retorno se vaporice lo cual ayuda a mantener la presión de vapor cuando se está vaciando el tanque del camión sin una línea de retorno de vapor.

Para ajustar la T166, gire el tornillo de ajuste hacia afuera hasta que no haya presión alguna sobre el resorte. Después, gire el tornillo hacia adentro mientras la bomba está funcionando con la línea de retorno a máxima capacidad (la línea de descarga está cerrada). Aumente la compresión del resorte hasta que la diferencia de presión esté entre 100 y 110 PSI. La válvula de alivio interna de las bombas Coro-Vane viene fijada a 125 PSID. Si se ha cambiado el valor fijado para la válvula de alivio interna, asegúrese de que la válvula de desvío externa haya sido fijada para aliviar a una diferencia de presión que esté de 10 a 20 PSID por debajo del valor fijado para la válvula de desvío interna.

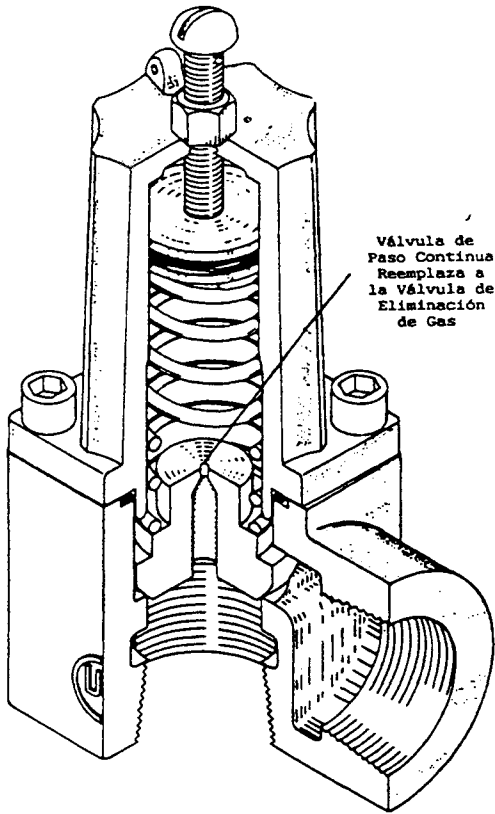
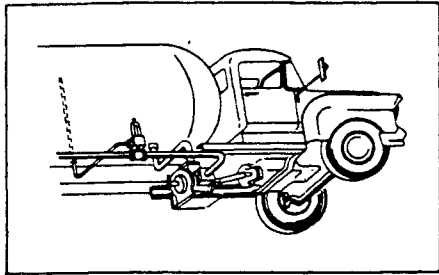
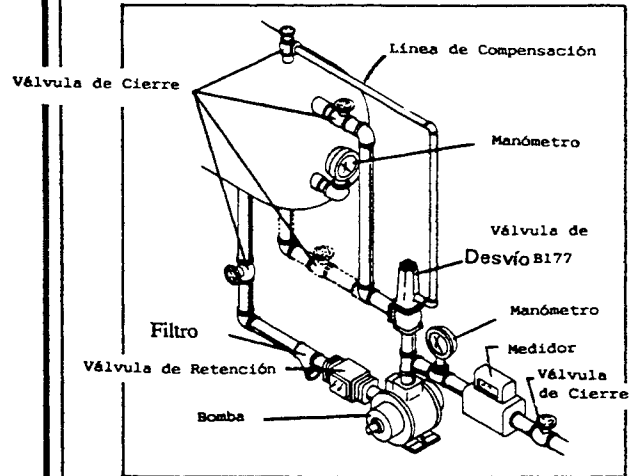


Figura 2.7C  
La Válvula de Desvío T166



Conectar a la Sección del Vapor del Tanque de Almacenamiento Por Medio de Una Línea Independiente Para Aliviar el Vapor Que Se Encuentra Detrás del Pistón

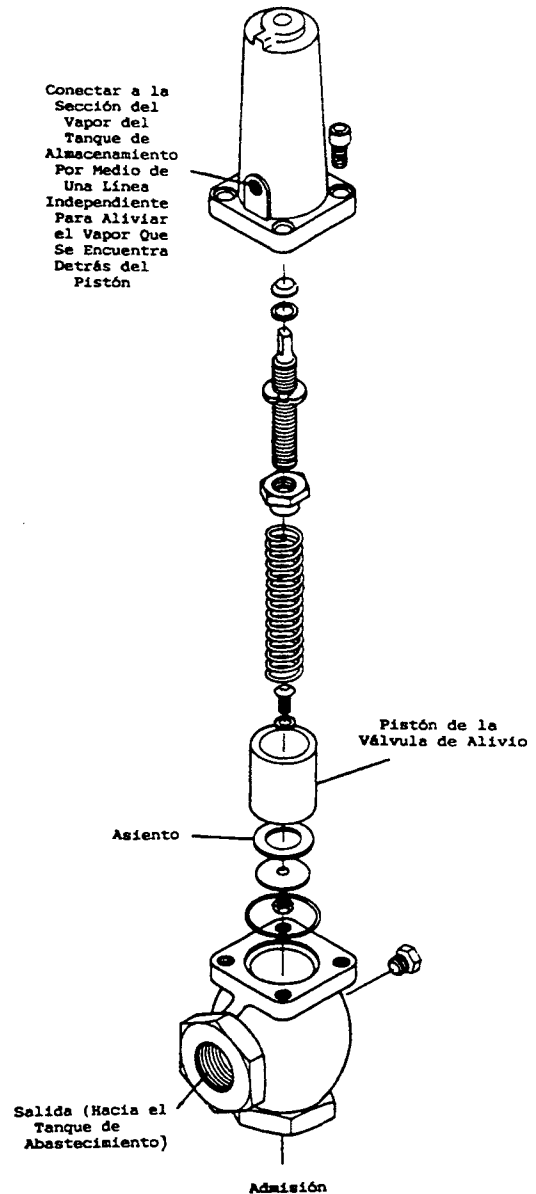


Figura 2.7D  
Válvula de Desvío CORKEN B177

La Válvula de Desvío B177

La B177 ha sido diseñada para instalaciones de bombas estacionarias Coro-Vane y para las bombas Coro-Vane para camiones de mayor capacidad (la 1022 y la 1522). El casquete de la B177 está separado de la línea de retorno, por lo que se tiene que conectar una "línea de detección de la presión del vapor" por separado desde el casquete de la B177 hasta la sección de vapor del tanque de alimentación. Esta conexión es vital para garantizar que la válvula de desvío funcione de acuerdo con la verdadera diferencia de presión a través de la bomba. La descarga de la válvula de desvío puede enviarse a la sección del líquido en el tanque de succión ya que no se requiere que la línea de descarga detecte la diferencia de presión, como es el caso con la B166 y la T166. Sin embargo, siempre que sea posible, se recomienda que la línea de retorno vaya dirigida hacia la sección de vapor del tanque de almacenamiento. Cuando el líquido que va por la línea es descargado mediante atomizador en la sección de vapor, una porción del mismo se evaporará, lo cual contribuye a mantener la presión del tanque a medida que éste se vacía.

El tornillo de ajuste de la B177 disminuye la presión fijada cuando se gira hacia adentro (esto es lo opuesto de lo que sucede con la B166 y la T166). En un camión, se puede ajustar la B177 de la misma forma que se ajusta una T166 (recordando que las direcciones del tornillo de ajuste son opuestas). En instalaciones de bombas Coro-Vane accionadas por motores eléctricos, generalmente se ajusta la válvula de desvío de acuerdo con el amperaje del motor. Esto le permite a la bomba generar la máxima cantidad de presión sin sobrecargar el motor. Para este tipo de ajuste, coloque un amperímetro a uno de los terminales del motor y reduzca la fuerza que se ejerce sobre el resorte (girando el tornillo de ajuste hacia adentro). Después, mientras opera la bomba solamente con la línea de retorno (descarga cerrada), gire el tornillo de ajuste hacia afuera hasta que el motor esté funcionando ligeramente por debajo del amperaje de carga plena. Nunca ajuste la válvula de desvío a una presión mayor a 125 PSIG.

La B177 viene en dos tamaños básicos. El tamaño pequeño se puede adquirir con conexiones de 1 1/4" o de 1 1/2" mientras que el tamaño grande se puede adquirir con conexiones de 2" o de 2 1/2". Las características de funcionamiento de todas las válvulas de desvío Corken se muestran en la Figura 2.7E.

Es muy importante seleccionar apropiadamente los resortes, a fin de obtener un funcionamiento óptimo. Se pueden seleccionar los resortes de la tabla que se muestra en la Figura 2.7F. Siempre seleccione el resorte más fuerte posible. Los resortes más fuertes se abren y se cierran más despacio y reducen la posibilidad de que haya "traqueteo de la válvula" (apertura y cierre rápidos de la válvula).

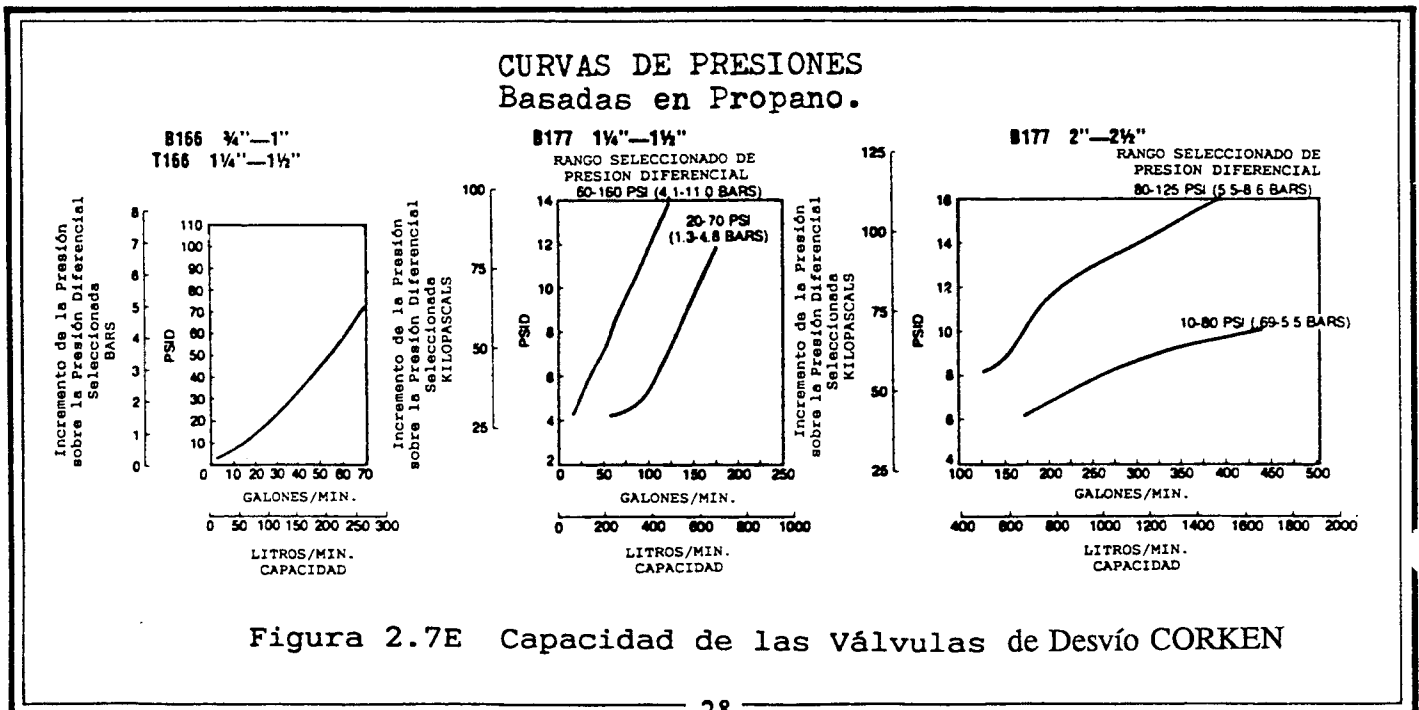




TABLA DE SELECCION DE RESORTE					
B166 & T166		B177 (1¼"-1½")		B177 (2"-2½")	
RESORTE NO.	RANGO DIFERENCIAL PSID(BARS)	RESORTE NO.	RANGO DIFERENCIAL PSID(BARS)	RESORTE NO.	RANGO DIFERENCIAL PSID(BARS)
1138	25-60 (1.7-4.1)	1817	20-70 (1.3-4.8)	1783	10-40 (.69-2.8)
1193	50-150 (3.4-10.3)	1818	60-100 (4.1-6.9)	1785	30-80 (2.1-5.5)
1193 & 1313	100-225 (6.9-15.5)	1819	80-160 (5.5-11.0)	1786	80-110 (5.5-7.6)
				1786-1	100-125 (6.9-8.6)

Fig 2.7F. Selección del resorte, Válvula de Desvío CORKEN

## 2.8 Instalación de Bombas de Gas LP

CORKEN ha publicado un manual fácil de usar sobre la instalación de bombas de gas LP (Folleto Z400). CORKEN recomienda enfáticamente que se utilicen estos procedimientos al instalarse cualquier bomba de gas LP. Las gráficas del Folleto Z400 pueden resumirse a los siguientes nueve puntos básicos.

- 1) Reduzca al mínimo la caída de presión en la línea de succión. Esto da por resultado en que la formación de vapor sea la menor posible hasta el punto de succión de la bomba. Para reducir al mínimo la caída de presión, haga lo siguiente: utilice la línea más corta que pueda, utilice el menor número de válvulas y de accesorios posible, tenga el menor número posible de codos en las líneas, utilice una línea de succión cuyo diámetro sea mayor al de la succión de la bomba.
- 2) Siempre que sea posible, suministre hasta cuatro pies de carga positiva de succión. La presión estática del líquido ayuda a compensar la caída de presión en la línea de succión.
- 3) Reduzca al mínimo la turbulencia en la succión de la bomba. Ubique los accesorios que producen turbulencia, tales como los filtros y los codos, alejados de la succión de la bomba por lo menos a una distancia igual a diez veces el diámetro de la línea.
- 4) Instale la línea de tal forma que las fuerzas de flotación ayuden a regresar el vapor al tanque de alimentación. Hay dos tipos de fuerzas que actúan sobre las burbujas de vapor. Las fuerzas de flotación tienden a dirigir las burbujas hacia arriba mientras que la fricción tiende a dirigir las burbujas en la dirección en que fluye el líquido. Un sistema de líneas bien diseñado aumenta al máximo el efecto de las fuerzas de flotación y reduce al mínimo el efecto de las fuerzas de fricción. Esto permite que parte del vapor regrese al espacio de vapor en el tanque de alimentación, en vez de ser llevado a la succión de la bomba. Instale la bomba directamente debajo del tanque, ponga líneas horizontales que tengan una inclinación hacia abajo en dirección a la bomba, utilice una línea de succión grande y mantenga las restricciones al mínimo.
- 5) Utilice un reductor excéntrico con la porción plana hacia arriba para reducir desde el diámetro de la línea de succión hasta la boca de succión. El vapor se puede acumular en la parte superior de un reductor concéntrico, lo que puede ocasionar "flujo taponado". El flujo taponado ocurre cuando fluyen porciones de líquido y de vapor de manera alternada.
- 6) Quando se instalen dos bombas en paralelo, asegúrese de que una de las bombas no le quite todo el suministro a la otra. La mejor forma de hacer esto es conectando una línea por separado para cada bomba desde el tanque de alimentación.
- 7) Utilice procedimientos especiales de instalación cuando instale bombas en la superficie, para tanques subterráneos. Ubique la bomba tan cerca del tanque como sea posible para reducir al mínimo la caída de presión y la formación de vapor. Utilice una línea con un diámetro menor al de la succión de la bomba (que es lo opuesto de lo que se recomienda para las bombas que se usan en la superficie). Esto le ayuda a la bomba a mantener una

---

mayor capacidad de succión, para poder impedir que haya bloqueo por vapor. Utilice una válvula de retención para sellar el fondo del tubo de inmersión cuando la bomba no esté funcionando. Esto mantiene el líquido dentro del tubo y reduce el tiempo de cebado de la bomba. Elimine todos los accesorios en el punto de succión de la bomba y entierre el tanque lo más cercano posible a la superficie.

8) Cuando la línea de descarga de la bomba es larga, instale una válvula de retención, de asiento suave, inmediatamente después de la válvula de desvío. Cuando la bomba no está en funcionamiento, se forma vapor en la línea de descarga. La válvula de retención aísla la bomba de este vapor de manera que el interior de la bomba permanece lleno de líquido. Cuando una bomba llena de líquido entra en funcionamiento, el cebado de la misma es rápido. Por otro lado, cuando una bomba llena de vapor entra en funcionamiento, se produce un gran desgaste en el interior de la misma, pues para poder cebarla, debe purgar todo el vapor en el sistema. La válvula Flo-Chek de Corken es una excelente válvula de retención para esta aplicación (ver Sección 4.2, para mayores detalles). Se recomienda no utilizar válvulas de asiento duro, pues permiten escape de vapor de vuelta a la bomba.

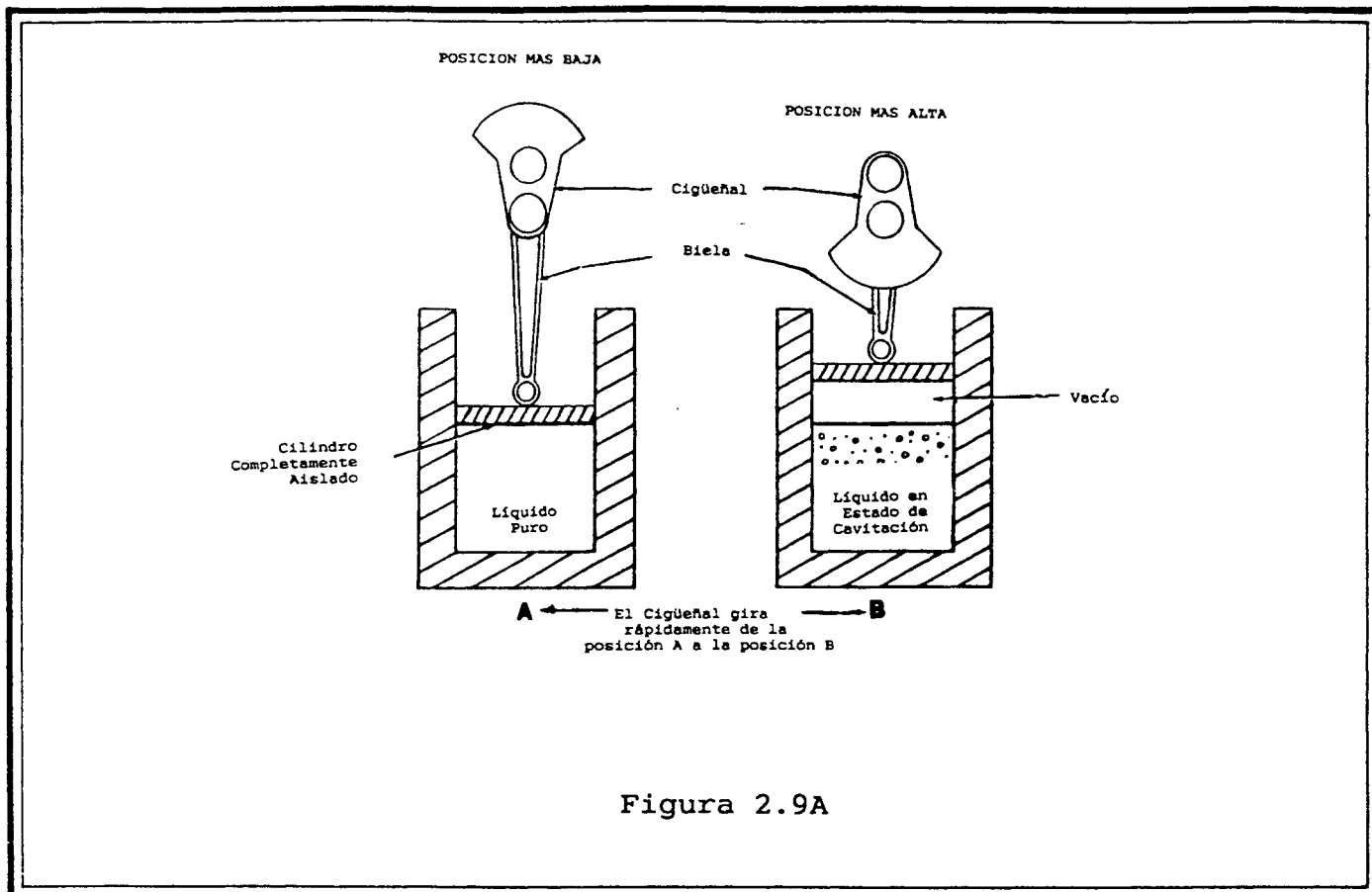
9) Conecte siempre la línea del eliminador de vapor, de el medidor de líquido, de vuelta hacia el espacio de vapor del tanque de alimentación. Si se conecta esta línea a la línea retorno, esto puede causar que el líquido bloquee al eliminador de vapor.

## 2.9 Cavitación

La preocupación principal durante el diseño de sistemas de bombeo, para líquidos de baja presión de vapor, tal como el agua, es evitar la cavitación. La cavitación en líquidos de baja presión de vapor puede evitarse si se sigue una serie más o menos precisa de procedimientos de ingeniería (Puesto que estos procedimientos no son relevantes al diseño de sistemas de GLP, no los revisaremos aquí. El lector interesado podrá hallar información completa al respecto, en cualquier manual para bombas convencionales). Estos procedimientos determinan cuánta presión (Carga Neta de Succión Positiva Requerida, ó NPSHR, por sus siglas en inglés), se requiere en la succión de la bomba para evitar que el líquido hierva en el interior de la bomba. Desafortunadamente, estos métodos son extremadamente imprecisos cuando se trata de líquidos de alta presión de vapor, como es el caso de GLP. En vez de centrar su atención únicamente en la cavitación en bombas de GLP, los ingenieros deberían dedicar una buena parte de este tiempo examinando los temas que hemos visto hasta ahora en este folleto, especialmente la reducción al mínimo de la ebullición en la línea de succión.

La discusión de la cavitación se complica aún más, debido a que no existe una definición aceptada universalmente. Para los fines de esta discusión, la ebullición y la cavitación se definirán como fenómenos opuestos. Ebullición es la formación de vapor a partir del líquido. Definiremos cavitación como el colapso violento de burbujas de vapor, cuando el fluido es comprimido rápidamente. La cavitación requiere que haya una ebullición previa, pero la ocurrencia de la ebullición no significa necesariamente que se producirá la cavitación. Para que se produzca la cavitación, debe hervirse el líquido bajo condiciones en donde las burbujas de vapor que se formen, se colapsen violentamente.

Es posible hacer hervir cualquier líquido, independientemente de su presión de vapor o su temperatura, tan sólo con someterlo a una presión lo suficientemente baja. Podemos hacer hervir agua fría, sin necesidad de calentarla, tan sólo sometiéndola a un vacío extremo. Este tipo de ebullición provoca una cavitación muy seria cuando el líquido es comprimido nuevamente. La Figura 2.9A muestra el proceso. En la posición "A", se llena el cilindro con agua fría, y se le comprime mediante un pistón guiado por el cigüeñal. Si el cigüeñal gira rápidamente hacia la posición "B", se produce un vacío que hará hervir al agua fría. Las burbujas de vapor que se forman están compuestas de vapor de muy baja densidad. De hecho, podría decirse que las burbujas están más cerca de ser "bolsas de vacío" que "bolsas de vapor". Este tipo de burbujas, ó "espacios vacíos" son los que crean una cavitación muy seria. Si el cigüeñal en la Figura 2.9A es girado rápidamente y de manera continua, las burbujas se formarán y colapsarán alternativamente. Mientras más rápida sea la rotación, más violento será el colapso. La cavitación violenta produce esfuerzos debido al alto impacto cuando las burbujas colapsan. Cuando son lo suficientemente fuertes, estos esfuerzos pueden erosionar la superficie del metal.



El proceso de cavitación recién descrito se produce en bombas para líquidos de baja presión de vapor, cuando son alimentadas con líquido a la presión de ebullición, o por debajo de ellas. La caída de presión en la boquilla de succión produce burbujas, de manera similar a la posición "B" en la Figura 2.9A. Cuando las burbujas se vuelven a colapsar en la descarga de la bomba, producen ruido, vibración y un rápido desgaste y erosión en las superficies en contacto con el líquido.

Desde un punto de vista puramente teórico, puede decirse que las bombas de aspas deslizantes y de turbina regeneradora, pueden cavitarse cuando son alimentadas con GLP a la presión de ebullición, o por debajo de ella. Sin embargo, el colapso de las burbujas de vapor en la descarga de la bomba, no posee la violencia destructiva que se produce con líquidos de baja presión de vapor. La caída de presión en el interior de estas bombas es muy baja, de manera que se forma muy poco vapor adicional. La caída de presión en la boquilla de succión y el incremento de presión en la cámara de bombeo son relativamente graduales, de manera que cualquier colapso que ocurra es menos violento. Probablemente, el factor más importante es que las burbujas de vapor en el GLP son relativamente densas, de manera que si acaso se colapsan, lo hacen más lentamente que las burbujas en los líquidos de baja presión de vapor.

Para los fines prácticos, puede decirse que las bombas de aspas deslizantes y de turbina regeneradora no cavitan, pues la experiencia práctica nos indica que las fallas en estas bombas no se deben al colapso de las burbujas de vapor. Las fallas en estas bombas se deben principalmente a la fricción excesiva que se produce cuando la alimentación a la bomba contiene un porcentaje muy alto de vapor. Es imposible que en el interior de la bomba se produzca suficiente ebullición de GLP como para causar daños. Cuando se produce suficiente vapor como para causar daños, es porque se ha producido en la línea de succión, y no en la bomba.

La idea central de todo esto es que el diseño de sistemas de bombeo para GLP debe hacerse de acuerdo a los métodos que se discuten en este manual. Las técnicas convencionales para analizar sistemas de bombeo están diseñadas para manipular líquidos que están por sobre su presión de ebullición. Las bombas para GLP, y sus correspondientes técnicas de instalación, están diseñadas para líquidos de presión de vapor alta, que están a su presión de ebullición, o por debajo de ella.

---

## 2.10 Selección de Bombas para Gas LP.

La selección de bombas CORKEN para gas LP y para NH<sub>3</sub> es simple. La única información que se necesita para hacer la selección es el flujo y la diferencia de presión requeridos. En la mayoría de las aplicaciones con gas LP, la diferencia de presión requerida está determinada principalmente por las pérdidas por fricción y las elevaciones en la tubería. Para más información sobre el cálculo de caídas de presión en tuberías con gas LP, consulte a su Distribuidor CORKEN.

### Bombas Coro-Flo.

Las bombas Coro-Flo son adecuadas para flujos tan altos como 35 GPM, bajo ciertas condiciones de presión. Usualmente, la bomba Coro-Flo es accionada directamente por un motor a 3600 RPM en países con red eléctrica de 60 ciclos, ó a 2880 RPM en países con electricidad de 50 ciclos. A pesar de que la bomba de turbina regeneradora Coro-Flo tiene las características de operación de una bomba de desplazamiento positivo, la bomba también se comporta en muchos aspectos como las bombas centrífugas. Dichos aspectos son: 1) El flujo es proporcional a las RPM; 2) La presión que genera es proporcional al cuadrado de las RPM. En países de 50 ciclos, en muchos casos es deseable accionar la bomba mediante una correa en "V", de manera que la bomba pueda operar a 3600 RPM, para producir una mayor presión.

Las bombas Coro-Flo pueden seleccionarse, ya sea mediante la Figura 2.10A ó la 2.10B, dependiendo de la velocidad. Para determinar el desempeño de una bomba específica, localice la máxima diferencia de presión que se desea (presión a la salida menos presión a la entrada) en el eje "y" (eje vertical), a la izquierda del gráfico. El ejemplo para el F9 en la Figura 2.10A nos muestra cómo determinar el flujo (GPM) y la potencia requerida (HP), (eje "x"), y requerirá 0.75 HP (eje "y", a la derecha). La potencia se determina mediante la intersección del flujo (línea vertical) con la línea de HP.

En muy raras ocasiones se podrá seleccionar una bomba que produzca precisamente el flujo y la presión que deseamos. Por este motivo, debemos utilizar la diferencia de presión exacta que deseamos, para leer en el gráfico, y luego seleccionar una bomba que produzca un flujo mayor que el deseado. La mejor manera de hacer esto es comenzando con el F9, y verificar el flujo para cada tamaño, hasta encontrar una bomba lo suficientemente grande. Para obtener el flujo que se desea, puede ajustarse la válvula de desvío, para retornar al tanque de alimentación cualquier flujo en exceso por sobre el deseado.

Si no hay disponible una bomba Coro-Flo lo suficientemente grande, utilice en su lugar una bomba Coro-Vane.

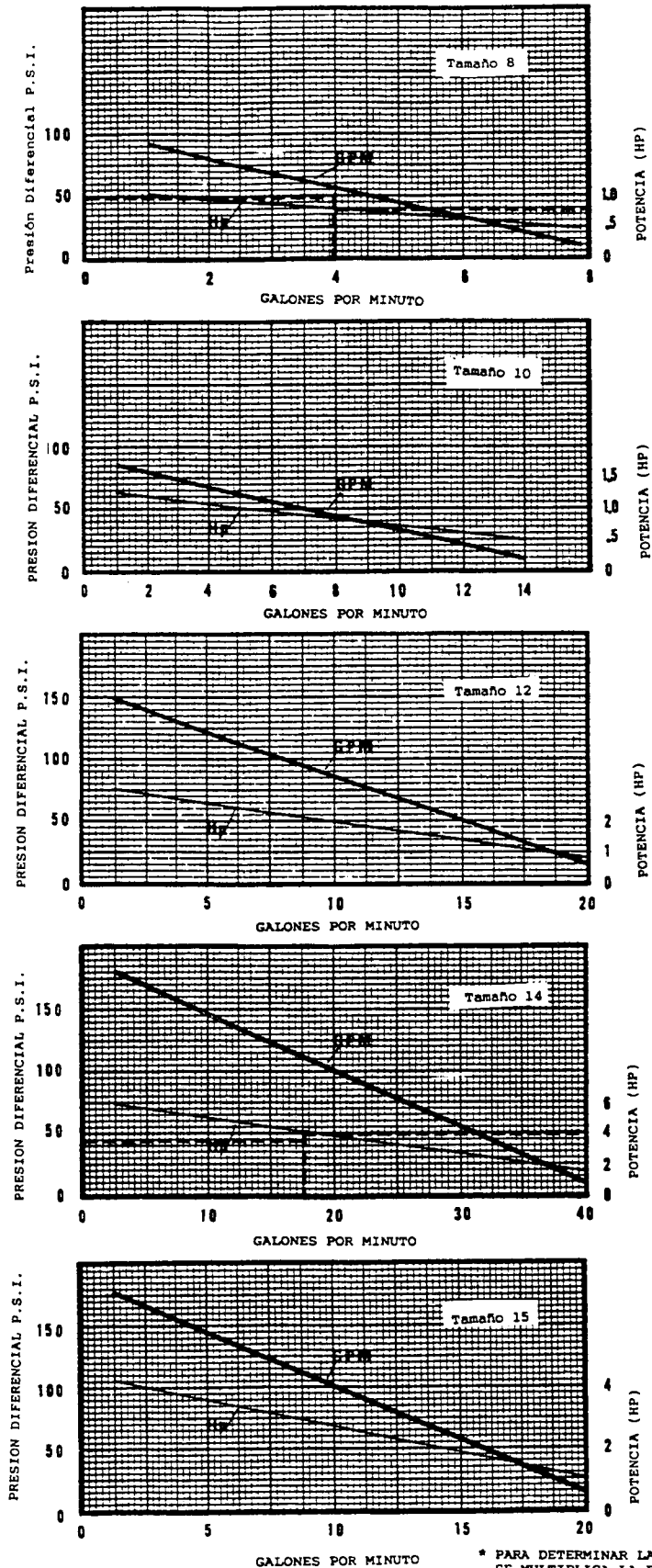
### Bombas Coro-Vane.

Las bombas Coro-Vane pueden generar flujos de hasta 350 GPM. Las bombas de aspas deslizantes son verdaderas bombas de desplazamiento positivo, de manera que la bomba puede producir hasta un máximo de 125 PSI de diferencia de presión, a cualquier velocidad (RPM). Es decir, la capacidad de la bomba para producir diferencias de presión es completamente independiente de la velocidad de operación (RPM).

Las bombas Coro-Vane pueden ser operadas a velocidades entre 400 y 1000 RPM. Las combinaciones más prácticas de tamaños de la polea y de la correa en "V" para este rango de velocidades son a 420, 520, 640, 780 y 950 RPM (velocidades recomendadas). Las Figuras 2.10C, D y E muestran el desempeño de las bombas 521, 1021 y 1521 para cada una de las velocidades recomendadas. Para seleccionar la velocidad de operación para una bomba en particular, comience con la velocidad más baja, y determine el flujo y la potencia requeridas, para la diferencia de presión que se desea. Por ejemplo, para una diferencia de presión de 60 PSI en la bomba modelo 521 a una velocidad de 420 RPM, requerirá 2.5 BHP (BHP: brake horsepower, potencia al freno, en HP). Si el flujo no es lo suficientemente alto, pase a la velocidad inmediatamente superior, 520 RPM. Continúe pasando a la velocidad inmediatamente superior hasta llegar a una velocidad para la cual se obtenga un flujo mayor al requerido. El flujo en exceso se retorna al tanque de alimentación mediante la válvula de desvío.

Curvas Basadas en GLP, Amoniaco y Productos Similares

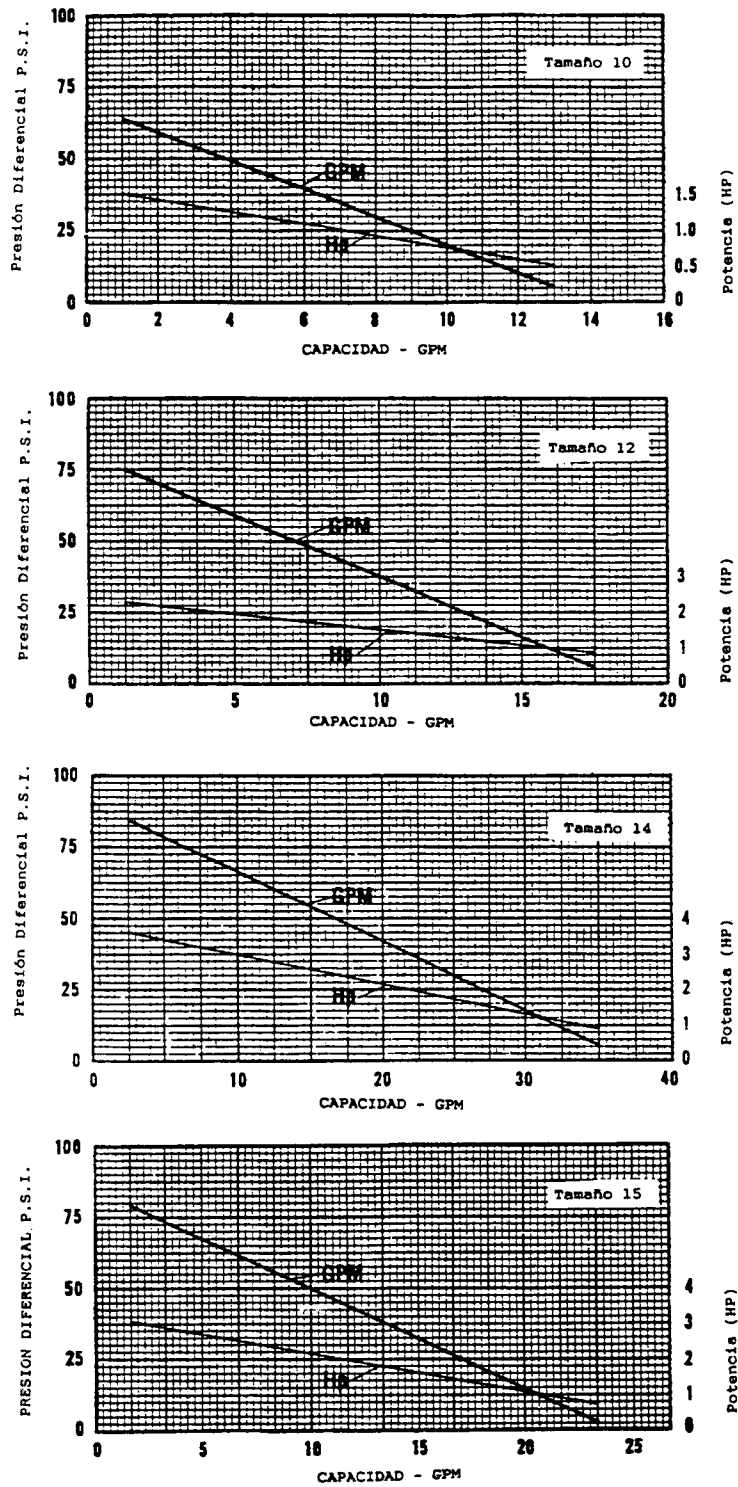
3450 RPM



\* PARA DETERMINAR LA POTENCIA (HP) AL BOMBLEAR AMONIACO SE MULTIPLICA LA POTENCIA (HP) INDICADA EN LA CURVA POR 1.2.

Figura 2.10A Curvas Características de Bombas Coro-Flo

## Curvas Basadas en GLP, Amoniaco y Productos Similares



\* PARA DETERMINAR LA POTENCIA (HP) AL BOMBEAR AMONIACO SE MULTIPLICA LA POTENCIA (HP) INDICADA EN LA CURVA POR 1.2

Figura 2.10B Curvas Características de Bombas Coro-Flo  
2880 RPM

Curvas Basadas en GLP, Amoniaco y Productos Similares

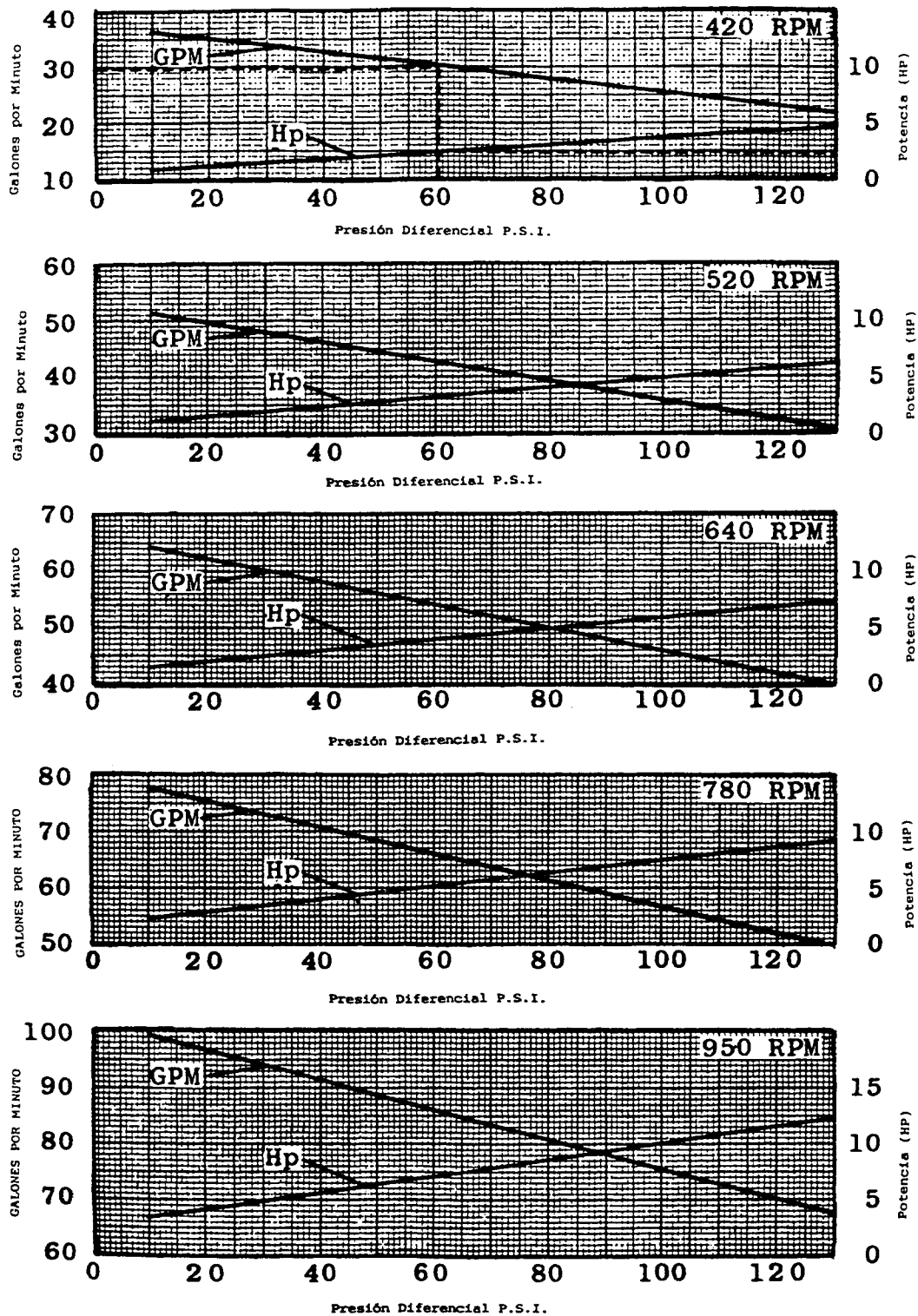


Figura 2.10C Curvas Características de Bombas Estacionarias Coro-Vane Modelo 521

Curvas Basadas en GLP, Amoniaco y Productos Similares

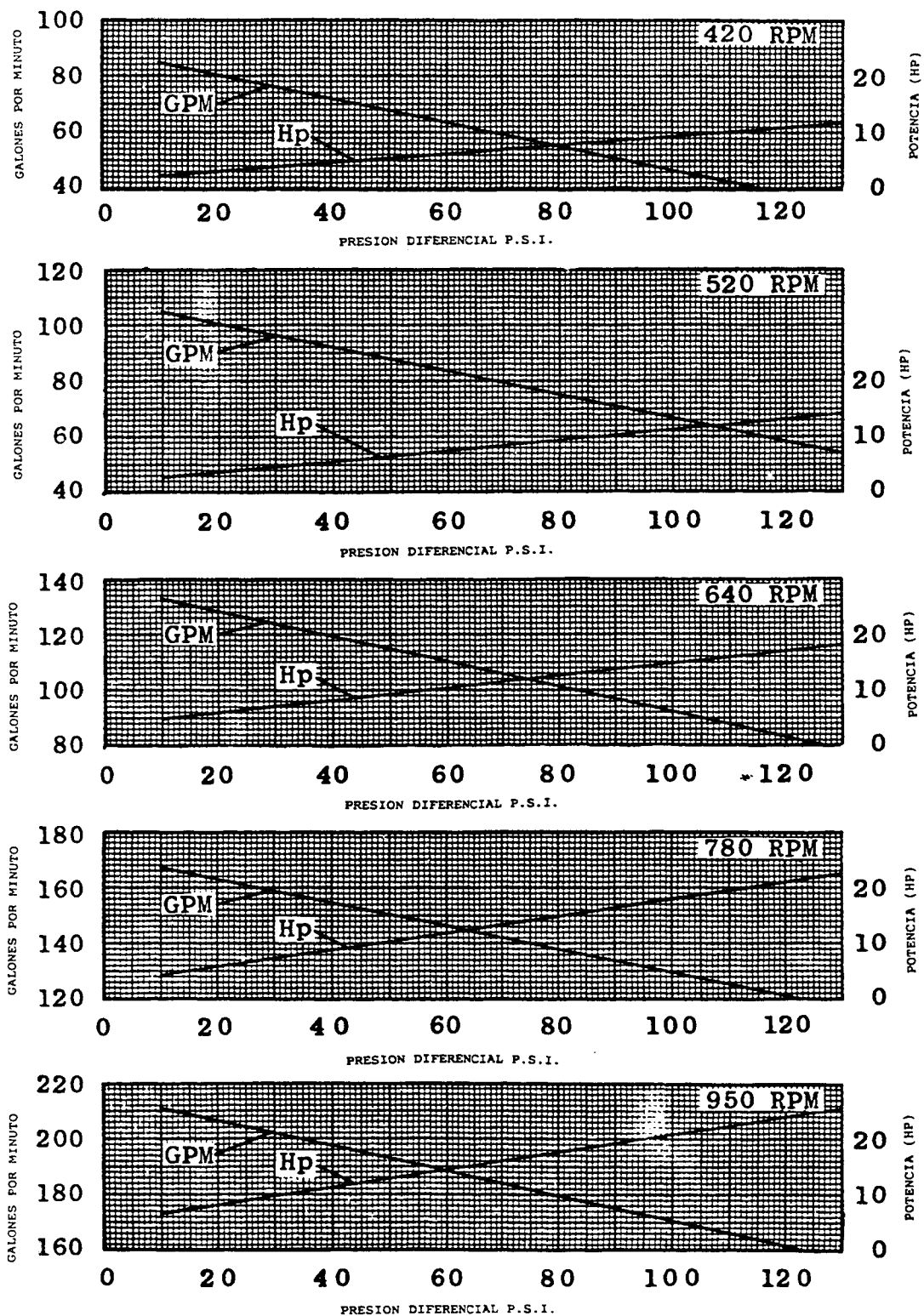


Figura 2.10D Curvas Características de Bombas Estacionarias Coro-Vane Modelo 1021



Curvas Basadas en GLP, Amoniaco y Productos Similares

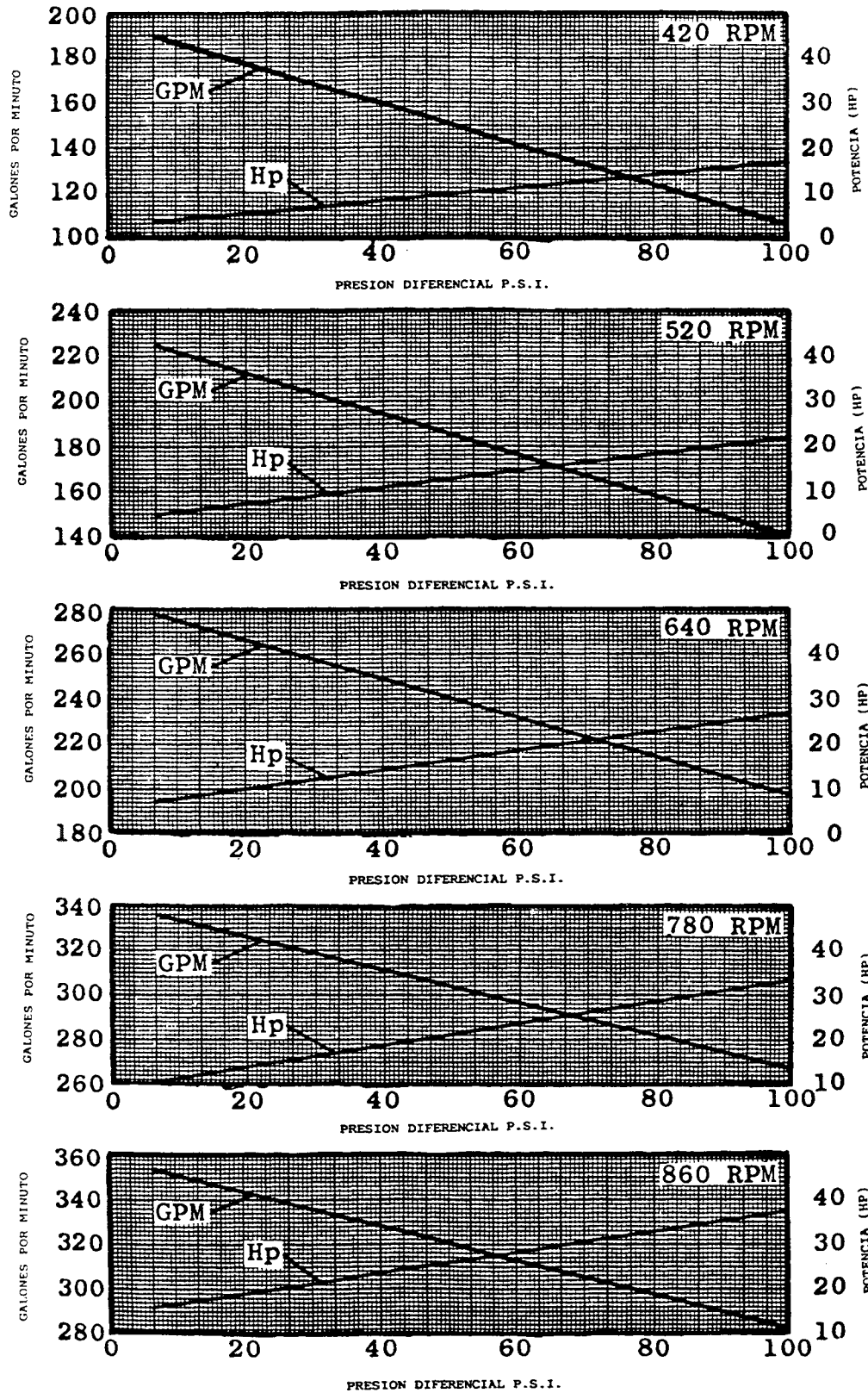


Figura 2.10E Curvas Características de Bombas Estacionarias Coro-Vane Modelo 1521

---

---

## CAPITULO 3

### Compresores para Gas LP

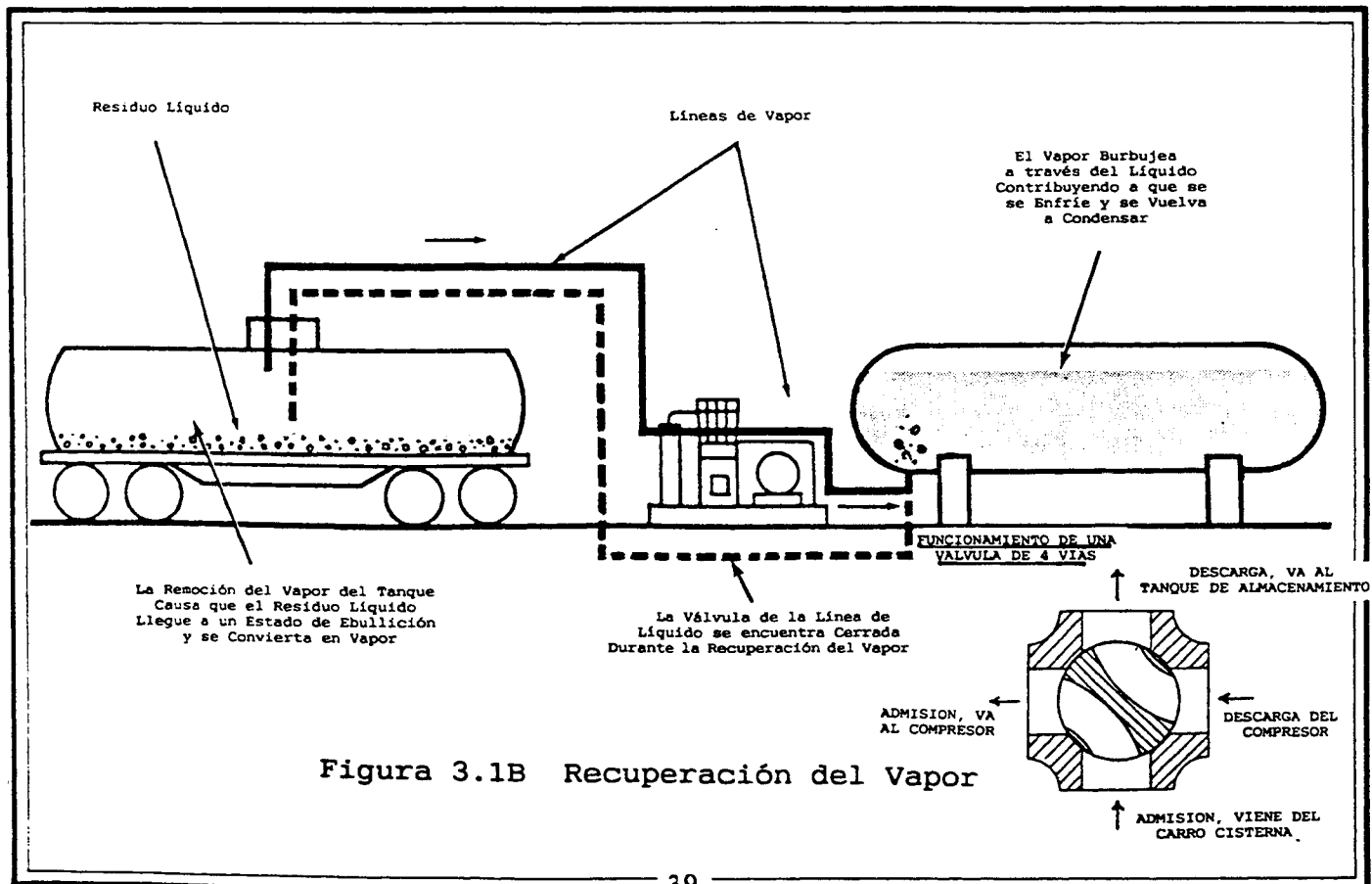
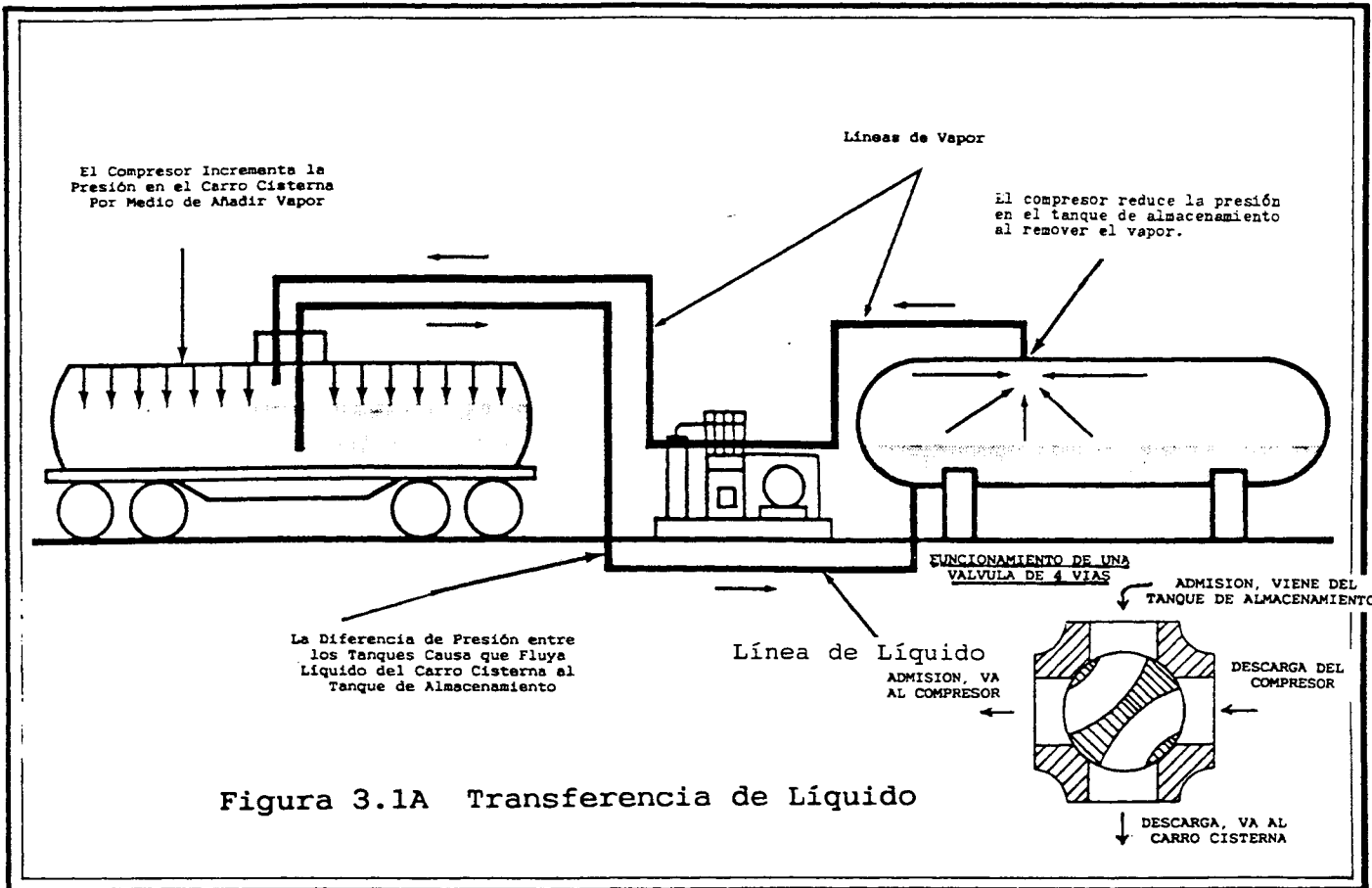
#### 3.1 Bombeo de Líquidos, Mediante el Vapor

El método más flexible para bombear propano líquido es con un compresor, que es un dispositivo diseñado para manipular vapor, y solamente vapor. ¿Cómo se logra esto? Del primer capítulo, recordaremos que se puede mover cualquier fluido, ya sea vapor o líquido, si creamos una diferencia de presión entre dos puntos. Podemos utilizar un compresor para crear una diferencia de presión entre los espacios de vapor de dos tanques. Si la sección de líquido de dichos tanques está conectada, la diferencia de presión ejercida por el vapor ocasionará que el líquido comience a fluir desde el tanque de alta presión hacia el de baja presión. (Vea la Figura 3.1A).

También vimos que los cambios en la presión interna en un tanque de propano pueden producir ya sea condensación ó ebullición. La condensación y la ebullición tienden a oponerse a la diferencia de presión creada por el compresor. El trasiego de líquidos mediante un compresor, es posible debido a que el mismo mueve el vapor más rápidamente que la evaporación y condensación que ocurren en el sistema. El flujo inducido es igual al volumen de gas descargado del compresor, si se escoge un compresor lo suficientemente grande como para que puedan obviarse los efectos de ebullición y condensación. El aumento de presión a través del compresor será igual a la disminución de presión debido a la fricción del líquido contra la tubería. La experiencia a través de los años, ha demostrado que las tuberías diseñadas para que se produzca una caída de presión de 30 PSI ó menos, dan mejores resultados. Una caída de presión más alta, ocasiona una mayor condensación y ebullición, y disminuye el flujo, debido a que el volumen descargado por el compresor será menor.

Los compresores también pueden utilizarse para evacuar tanques. El vapor de propano a una presión alta, contenido en un tanque grande, tiene un valor económico lo suficientemente alto como para hacer rentable su recuperación. Los tanques que deben descargarse mediante un tubo de inmersión (tal como en la mayoría de los carros tanque de ferrocarril), dejan un pequeño residuo en el tanque, cuando se ha completado el trasiego del líquido. Puede utilizarse un compresor para reducir la presión en el tanque, con el fin de hacer hervir el residuo líquido, y convertirlo en vapor recuperable. El vapor se vuelve a condensar cuando se le hace pasar a través de la sección líquida de otro tanque de propano (Vea la Figura 3.1B).

Los compresores CORKEN para el trasiego de gas LP, son los de uso corriente en la industria. Los modelos 91, 290 y 490, son populares para la descarga de camiones y para descargar carros de ferrocarril pequeños. El modelo 690 es adecuado para la descarga de carros tanque de ferrocarril grandes. Los compresores horizontales CORKEN, y los compresores verticales 891, se utilizan para descargar barcasas o lanchones, o varios carros tanque de ferrocarril al mismo tiempo.



---

La selección del tamaño y velocidad del compresor es un proceso sumamente inexacto, debido a las interacciones complejas de diferentes variables tales como la temperatura ambiental, las caídas de presión en la línea de los líquidos y en la línea de succión del vapor, radiación solar, precipitación de lluvia, tamaño de los tanques y el área de la superficie del tanque y la tubería. Con todas estas variables, no es posible calcular con exactitud el desempeño del compresor. Las Tablas de Selección para Compresores CORKEN (VE200, VE201 y VE202) son un método fácil y rápido para hacer una selección aproximada de compresores para butano, propano y amoníaco. Estas tablas muestran el flujo para diferentes compresores CORKEN, operando a distintas velocidades, con temperatura máximas en el tanque de 100°F y 80°F, y con una caída de presión en la línea de 30 PSI. La temperatura en el tanque excede los 100°F únicamente bajo las condiciones de temperatura ambiental más extremas. Un tanque grande se calienta y se enfría mucho más lentamente que el aire que lo rodea. A pesar de que durante los días más cálidos de verano la temperatura ambiental puede exceder con frecuencia los 100°F, las temperaturas en el interior del tanque rara vez llegan a estos niveles. Por lo tanto, los valores de la potencia (HP) que se muestran en las tablas son muy conservadores, y deben disminuirse para climas menos cálidos. Usualmente, su distribuidor local de CORKEN es quien mejor puede informarle acerca del tamaño ideal de motor a usar para el clima en su región. CORKEN también puede proporcionar un análisis por computadora, que muestra la potencia requerida para diferentes temperaturas en el tanque.

En aquellos casos en que las operaciones de descarga deban completarse dentro de un cierto período de tiempo, se requiere un análisis más complejo. Cuando se requiera un análisis de este tipo, contáctese con CORKEN, para que uno de nuestros ingenieros especializados en aplicaciones, pueda revisar a fondo el problema. Para determinar el desempeño de la máquina para un amplio rango de temperaturas, con una precisión razonable, los ingenieros de aplicaciones de CORKEN suministran a un programa especial de computación los datos de tamaño del tanque, caídas de presión, modelo del compresor, velocidad(RPM), y tipo de gas. La Figura 3.1C muestra un análisis de este tipo. Este análisis se divide en tres partes, que muestran claramente como la temperatura afecta los flujos y el tiempo de recuperación del vapor.

Los mayores flujos de líquido se obtienen en días cálidos (Figura 3.1D). Esto se debe a que la caída de presión en la tubería permanece relativamente constante frente a los cambios de temperatura, mientras que la presión de vapor aumenta en gran medida. La presión de vapor del propano a 0°F es de 38 PSIA, mientras que a 110°F es de 215 PSIA. La presión de descarga, P2, es igual a la presión de vapor del producto más la diferencia de presión en el sistema. En la Figura 3.1C, la caída de presión de 30 PSI se suma a la presión de vapor (P.V.), para obtener la presión de descarga que se muestra en la columna P2. Nótese que la razón de compresión (la presión absoluta del vapor en la descarga dividido por la presión absoluta en la entrada) aumenta a medida que la temperatura disminuye. Debido a que la razón de compresión aumenta cuando la temperatura disminuye, el compresor rinde (en la descarga) un volumen cada vez menor, y por lo tanto, también disminuye la cantidad de líquido desplazado por el vapor.

Cuando el líquido en un tanque se descarga usando un tubo de inmersión, el trasiego del líquido finaliza cuando el nivel del líquido cae por debajo del nivel del tubo de inmersión. Queda un residuo de líquido en el interior del tanque. Si se invierte la dirección del flujo de vapor, y se bloquea la línea del líquido como se muestra en la Figura 3.1B, puede recuperarse este residuo líquido. Al extraer el vapor del tanque, el líquido comenzará a hervir, para reemplazar el vapor que está siendo removido. Este proceso se denomina "evacuación por ebullición". La evacuación por ebullición se realiza más rápidamente en días cálidos (vea la Figura 3.1E). La mayor presión de vapor en los días cálidos causa que el gas tenga mayor densidad que en los días fríos. Se obtiene una mayor cantidad de líquido al extraer un pie cúbico de vapor de alta densidad, que cuando el vapor es de baja densidad.

Cuando finaliza la evacuación por ebullición, aún queda en el tanque una cantidad significativa de propano, en el estado de vapor. En la industria de gas LP, la práctica usual es evacuar los carros tanque de propano hasta los 40 PSIA. O también, una presión final de evacuación del 25 al 30% de la presión original en el carro tanque, es un buen valor para la mayoría de los gases licuados. Las presiones de evacuación menores que estas no compensan el costo de la energía requerida para el funcionamiento del compresor, y por lo general no deben tomarse en cuenta, a menos que se consideren otros factores, aparte del económico. Los procedimientos para la recuperación del vapor consumen más tiempo en días cálidos, debido a que la presión de vapor inicial, que es más alta, toma más tiempo para ser reducida (vea la Figura 3.1F). El vapor recuperado debe insuflarse a través de la sección líquida del tanque de recepción, para condensar el vapor nuevamente a su forma líquida. El máximo requerimiento de potencia para el compresor ocurre cuando el tanque ha sido evacuado hasta aproximadamente el 50% de la presión de vapor original (vea la Figura 3.1G). Para climas cálidos, se requieren motores más grandes para la recuperación del vapor.

TABLA DE SELECCION DE COMPRESORES DE PROPANO

MARZO 1986  
REEMPLAZA VE 200G.

SERVICIO	CAPACIDAD GPM(1)	DESPLAZAMIENTO ( Pie <sup>3</sup> /Min)	COMPRESOR		TAMAÑO DE POLEA DE MOTOR DP " (2)		POTENCIA DEL MOTOR				TAMAÑO DE TUBERÍA (3)	
							TRANSFERENCIA DEL LIQUIDO Y RECUPERACION DEL VAPOR RESIDUAL		TRANSFERENCIA DEL LIQUIDO DEL LIQUIDO SIN RECUPERACION DEL VAPOR RESIDUAL			
							100°F	80°F	100°F	80°F		
PLANTAS DE TAMAÑO PEQUEÑO	23	4	91	400	A 3.0	A 3.6	5	3	3	3	3/4	1-1/4
	29	5	91	505	A 3.8	B 4.6	5	5	5	5	3/4	1-1/4
	34	6	91	590	B 4.6	B 5.6	5	5	5	5	1	1-1/4
	40	7	91	695	B 5.4	B 6.6	5	5	5	5	1	1-1/2
	39	7	290,291	345	A 3.0	A 3.6	3	3	3	3	1	1-1/2
DESCARGA DE UN SOLO CARGO TANQUE O TRANSPORTE	45	8	91	795	B 6.2	B 7.4	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1	1-1/2
	44	8	290,291	390	A 3.4	B 4.0	5	3	3	3	1	1-1/2
	50	9	290,291	435	A 3.8	B 4.6	5	5	3	3	1	1-1/2
	56	10	290,291	490	B 4.4	B 5.2	5	5	5	5	1	2
	61	11	290,291	535	B 4.8	B 5.8	5	5	5	5	1	2
	66	12	290,291	580	B 5.2	B 6.2	7-1/2	5	5	5	1	2
	71	13	290,291	625	B 5.6	B 6.6	7-1/2	5	7-1/2	5	1-1/4	2
	79	14	290,291	695	B 6.2	B 7.4	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	2
	84	15	290,291	735	B 6.6	B 8.0	10	7-1/2	10	7-1/2	1-1/4	2-1/2
	84	15	490,491	345	A 3.0	A 3.6	7-1/2	7-1/2	5	5	1-1/4	2-1/2
	89	16	290,291	780	B 7.0	B 8.6	10	10	10	10	1-1/4	2-1/2
	89	16	490,491	370	A 3.2	A 3.8	7-1/2	7-1/2	7-1/2	5	1-1/4	2-1/2
	DESCARGA DE DOS O MAS CARROS TANQUES A LA VEZ, O UN TRANSPORTE GRANDE, CON VALVULAS DE EXCESO DE FLUJO DE ADECUADA CAPACIDAD	95	17	490,491	390	A 3.4	B 4.0	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4
101		18	490,491	415	A 3.6	B 4.4	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
106		19	490,491	435	A 3.8	B 4.6	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
108		20	490,491	445	B 4.0	B 4.8	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
114		21	490,491	470	B 4.2	B 5.0	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
119		22	490,491	490	B 4.4	B 5.2	10	10	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
125		23	490,491	515	B 4.6	B 5.6	10	10	10	7-1/2	1-1/4	3
130		24	490,491	535	B 4.8	B 5.8	15	10	10	10	1-1/4	3
136		25	490,491	560	B 5.0	B 6.0	15	10	10	10	1-1/4	3
141		26	490,491	580	B 5.2	B 6.2	15	10	10	10	1-1/4	3
147		27	490,491	605	B 5.4	B 6.4	15	10	15	10	1-1/4	3
152		28	490,491	625	B 5.6	B 6.6	15	15	15	15	1-1/2	3
158		29	490,491	650	B 5.8	B 7.0	15	15	15	15	1-1/2	3
163		30	490,491	670	B 6.0	B 6.6	15	15	15	15	1-1/2	3
163		30	690,691	400	B 4.4	B 5.2	15	15	10	10	1-1/2	3
168		31	490,491	695	B 6.2	B 7.4	15	15	15	15	1-1/2	3
171		31	690,691	420	B 4.6	B 5.6	15	15	10	10	1-1/2	3
179		32	490,491	740	B 6.6	B 8.0	15	15	15	15	1-1/2	3
178	32	690,691	440	B 4.8	B 5.8	15	15	10	10	1-1/2	3	
186	34	690,691	455	B 5.0	B 6.0	15	15	15	10	1-1/2	3	
193	35	690,691	475	B 5.2	B 6.2	15	15	15	10	1-1/2	3	
200	36	690,691	495	B 5.4	B 6.4	15	15	15	15	1-1/2	3	
DESCARGA DE CARGOS TANQUES GRANDES, EMPARCA- CIONES VARIAS, LANCHONES O TERMINALES	208	38	690,691	510	B 5.6	B 6.8	20	15	15	15	1-1/2	4
	215	39	690,691	530	B 5.8	B 7.0	20	15	15	15	1-1/2	4
	223	41	690,691	550	B 6.0	A 7.0	20	15	15	15	1-1/2	4
	230	42	690,691	565	B 6.2	B 7.4	20	15	15	15	2	4
	237	43	690,691	585	B 6.4	A 7.4	20	15	15	15	2	4
	245	45	690,691	605	B 6.6	B 8.0	20	15	15	15	2	4
	252	46	690,691	620	B 6.8	B 8.2	20	20	15	15	2	4
	260	47	690,691	640	B 7.0	A 8.2	20	20	20	15	2	4
	275	48	690,691	675	B 7.4	B 8.6	25	20	20	20	2	4
	297	54	690,691	730	B 8.0	B 9.4	25	20	20	20	2	4
	319	58	690,691	785	B 8.6	B 9.4	25	20	25	20	2	4
334	60	690,691	820	TB9.0	A 10.6	30	25	25	20	2	4	

Consulte a la Fábrica para compresores de mayor capacidad.

NOTAS:

- (1)- Las capacidades indicadas son basadas en 70° F, pero variarán según la tubería, las conexiones empleadas, el producto a transferir y la temperatura. La Fábrica puede suministrar un análisis detallado, si se solicita.
- (2) Poleas del motor: 91- 2 correas; 290,291,490, 491- tres correas; 690,691- cuatro correas.
- (3) Los tamaños de tubería indicados son considerados como los mínimos. Si la longitud excede los 100 pies, utilice el tamaño inmediatamente superior.

TABLA DE SELECCION DE COMPRESORES DE N-BUTANO

MARZO 1988  
REEMPLAZA VE 201 G

SERVICIO	CAPACIDAD GPM(1)	DESPLAZAMIENTO (Pie <sup>3</sup> /Min)	COMPRESOR		TAMANO DE POLEA DE MOTOR D.O." (2)	DRIVER HORSEPOWER				TAMANO DE TUBERIA (3)		
						TRANSFERENCIA DEL LIQUIDO Y RECUPERACION DEL VAPOR RESIDUAL		TRANSFERENCIA DEL LIQUIDO SIN RECUPERACION DEL VAPOR RESI- DUAL				
						100° F	80° F	100° F	80° F			VAPOR
PLANTAS DE TAMANO PEQUEÑO	13	4	91	400	A 3.0	A 3.6	3	3	3	3	3/4	1-1/4
	17	5	91	505	A 3.8	B 4.6	3	3	3	3	3/4	1-1/4
	20	6	91	590	B 4.6	B 5.6	3	3	3	3	1	1-1/4
	24	7	91	695	B 5.4	B 6.6	5	5	5	5	1	1-1/2
DESCARGA DE UN SOLO CARRO TANQUE O TRANSPORTE	23	7	290,291	345	A 3.0	A 3.6	2	2	2	2	1	1-1/2
	27	8	91	795	B 6.2	B 7.4	5	5	5	5	1	1-1/2
	26	8	290,291	390	A 3.4	B 4.0	2	2	2	2	1	1-1/2
	30	9	290,291	435	A 3.8	B 4.6	3	3	3	3	1	1-1/2
	33	10	290,291	490	B 4.4	B 5.2	3	3	3	3	1	2
	36	11	290,291	535	B 4.8	B 5.8	3	3	3	3	1	2
	39	12	290,291	580	B 5.2	B 6.2	5	3	5	3	1	2
	42	13	290,291	625	B 5.6	B 6.6	5	5	5	5	1-1/4	2
	47	14	290,291	695	B 6.2	B 7.4	5	5	5	5	1-1/4	2
	50	15	290,291	735	B 6.6	B 8.0	5	5	5	5	1-1/4	2-1/2
	50	15	490,491	345	A 3.0	A 3.6	5	5	5	5	1-1/4	2-1/2
	53	16	290,291	780	B 7.0	B 8.6	7-1/2	5	7-1/2	5	1-1/4	2-1/2
	53	16	490,491	370	A 3.2	A 3.8	5	5	5	5	1-1/4	2-1/2
	DESCARGA DE DOS O MAS CA- RROS TANQUES A LA VEZ, O UN TRANSPORTE GRANDE, CON VALVULAS DE EXCESO DE FLU- JO DE ADECUADA CAPACIDAD	56	17	490,491	390	A 3.4	B 4.0	5	5	5	5	1-1/4
60		18	490,491	415	A 3.6	B 4.4	5	5	5	5	1-1/4	3
63		19	490,491	435	A 3.8	B 4.6	5	5	5	5	1-1/4	3
65		20	490,491	445	B 4.0	B 4.8	5	5	5	5	1-1/4	3
68		21	490,491	470	B 4.2	B 5.0	5	5	5	5	1-1/4	3
71		22	490,491	490	B 4.4	B 5.2	7-1/2	5	7-1/2	5	1-1/4	3
75		23	490,491	515	B 4.6	B 5.6	7-1/2	5	7-1/2	5	1-1/4	3
77		24	490,491	535	B 4.8	B 5.8	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
81		25	490,491	560	B 5.0	B 6.0	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
84		26	490,491	580	B 5.2	B 6.2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
87		27	490,491	605	B 5.4	B 6.4	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
91		28	490,491	625	B 5.6	B 6.6	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/2	3
94		29	490,491	650	B 5.8	B 7.0	10	7-1/2	10	7-1/2	1-1/2	3
97		30	490,491	670	B 6.0		10	7-1/2	10	7-1/2	1-1/2	3
94		30	690,691	400	B 4.4	B 5.2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/2	3
100		31	490,491	695	B 6.2	B 7.4	10	7-1/2	10	7-1/2	1-1/2	3
98		31	690,691	420	B 4.6	B 5.6	10	7-1/2	10	7-1/2	1-1/2	3
107	32	490,491	740	B 6.6	B 8.0	10	10	10	10	1-1/2	3	
103	32	690,691	440	B 4.8	B 5.8	10	7-1/2	10	7-1/2	1-1/2	3	
110	33	490,491	760	B 6.8	B 8.0	10	10	10	10	1-1/2	3	
113	34	490,491	780	B 7.0	B 8.6	10	10	10	10	1-1/2	3	
107	34	690,691	455	B 5.0	B 6.0	10	10	10	10	1-1/2	3	
111	35	690,691	475	B 5.2	B 6.2	10	10	10	10	1-1/2	3	
119	36	490,491	825	B 7.4	B 8.6	15	10	15	10	1-1/2	3	
116	36	690,691	495	B 5.4	A 6.4	10	10	10	10	1-1/2	3	
DESCARGA DE CARROS TANQUES GRANDES, EMBARCA- CIONES VARIAS, LANCHONES O TER- MINALES	120	38	690,691	510	B 5.6	B 6.8	10	10	10	10	1-1/2	4
	124	39	690,691	530	B 5.8	B 7.0	10	10	10	10	1-1/2	4
	129	41	690,691	550	B 6.0	A 7.0	10	10	10	10	1-1/2	4
	133	42	690,691	565	B 6.2	B 7.4	10	10	10	10	2	4
	137	43	690,691	585	B 6.4	A 7.4	10	10	10	10	2	4
	142	45	690,691	605	B 6.6	B 8.0	15	10	15	10	2	4
	145	46	690,691	620	B 6.8		15	10	15	10	2	4
	150	47	690,691	640	B 7.0	A 8.2	15	10	15	10	2	4
	158	48	690,691	675	B 7.4	B 8.6	15	15	15	15	2	4
	171	54	690,691	730	B 8.0	B 9.4	15	15	15	15	2	4
	184	58	690,691	785	B 8.6		15	15	15	15	2	4
193	60	690,691	820	T89.0	A 10.6	15	15	15	15	2	4	

Consulte a la Fábrica para compresores de mayor capacidad.

NOTAS:

- Las capacidades indicadas son basadas en 70° F, pero variarán según la tubería, las conexiones empleadas, el producto a transferir y la temperatura. La Fábrica puede suministrar un análisis detallado, si se solicita.
- Poleas del motor: 91- 2 correas; 290,291,490, 491- tres correas; 690,691- cuatro correas.
- Los tamaños de tubería indicados son considerados como los mínimos. Si la longitud excede los 100 pies, utilice el tamaño inmediatamente superior.

TABLA DE SELECCION DE COMPRESORES DE AMONIACO

MARZO 1988  
REEMPLAZA VE 201 G

SERVICIO	CAPACIDAD GPM(1)	DESPLAZAMIENTO (Pie <sup>3</sup> /Min)	COMPRESOR		TAMAÑO DE POLEA DE MOTOR D.O." (2)		POTENCIA DEL MOTOR				TAMAÑO DE TUBERÍA (3)	
			MODELO	RPM	1750RPM	1460RPM	TRANSFERENCIA DEL LIQUIDO Y RECUPERACION DEL VAPOR RESIDUAL		TRANSFERENCIA DEL LIQUIDO SIN RECUPERACION DEL VAPOR RESI- DUAL		VAPOR	LIQUIDO
							100° F	80° F	100° F	80° F		
PLANTAS DE TAMAÑO PEQUEÑO	23	4	91	400	A 3.0	A 3.6	5	3	3	3	3/4	1-1/4
	29	5	91	505	A 3.8	B 4.6	5	5	5	3	3/4	1-1/4
	34	6	91	590	B 4.6	B 5.6	5	5	5	5	1	1-1/4
	40	7	91	695	B 5.4	B 6.6	5	5	5	5	1	1-1/2
	43	7	290,291	345	A 3.0	A 3.6	5	3	3	3	1	1-1/2
DESCARGA DE UN SOLO CARRO TANQUE O TRANSPORTE	46	8	91	795	B 6.2	B 7.4	7-1/2	5	5	5	1	1-1/2
	45	8	290,291	390	A 3.4	B 4.0	5	3	3	3	1	1-1/2
	50	9	290,291	435	A 3.8	B 4.6	5	5	3	3	1	1-1/2
	56	10	290,291	490	B 4.4	B 5.2	5	5	5	3	1	2
	62	11	290,291	535	B 4.8	B 5.8	7-1/2	5	5	5	1	2
	67	12	290,291	580	B 5.2	B 6.2	7-1/2	5	5	5	1	2
	72	13	290,291	625	B 5.6	B 6.6	7-1/2	5	5	5	1-1/4	2
	80	14	290,291	695	B 6.2	B 7.4	7-1/2	7-1/2	7-1/2	5	1-1/4	2
	85	15	290,291	735	B 6.6	B 8.0	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	2-1/2
	85	15	490,491	345	A 3.0	A 3.6	7-1/2	7-1/2	5	5	1-1/4	2-1/2
	90	16	290,291	780	B 7.0	B 8.6	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	2-1/2
90	16	490,491	370	A 3.2	A 3.8	10	7-1/2	5	5	1-1/4	2-1/2	
DESCARGA DE DOS O MAS CA- RROS TANQUES A LA VEZ, O UN TRANSPORTE GRANDE, CON VALVULAS DE EXCESO DE FLU- JO DE ADECUADA CAPACIDAD	96	17	490,491	390	A 3.4	B 4.0	10	7-1/2	5	5	1-1/4	3
	102	18	490,491	415	A 3.6	B 4.4	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	107	19	490,491	435	A 3.8	B 4.6	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	110	20	490,491	445	B 4.0	B 4.8	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	115	21	490,491	470	B 4.2	B 5.0	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	120	22	490,491	490	B 4.4	B 5.2	15	10	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	126	23	490,491	515	B 4.6	B 5.6	15	10	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	131	24	490,491	535	B 4.8	B 5.8	15	10	10	7-1/2	1-1/4	3
	138	25	490,491	560	B 5.0	B 6.0	15	10	10	7-1/2	1-1/4	3
	142	26	490,491	580	B 5.2	B 6.2	15	10	10	7-1/2	1-1/4	3
	148	27	490,491	605	B 5.4	B 6.4	15	10	10	10	1-1/4	3
	153	28	490,491	625	B 5.6	B 6.6	15	10	10	10	1-1/2	3
	160	29	490,491	650	B 5.8	B 7.0	15	15	10	10	1-1/2	3
	165	30	490,491	670	B 6.0	B 6.6	15	15	15	10	1-1/2	3
	165	30	690,691	400	B 4.4	B 5.2	15	15	10	10	1-1/2	3
	170	31	490,491	695	B 6.2	B 7.4	15	15	15	10	1-1/2	3
	173	31	690,691	420	B 4.6	B 5.6	15	15	10	10	1-1/2	3
	181	32	490,491	740	B 6.6	B 8.0	15	15	15	15	1-1/2	3
180	32	690,691	440	B 4.8	B 5.8	15	15	10	10	1-1/2	3	
188	34	690,691	455	B 5.0	B 6.0	20	15	10	10	1-1/2	3	
195	35	690,691	475	B 5.2	B 6.2	20	15	10	10	1-1/2	3	
203	36	690,691	495	B 5.4	B 6.4	20	15	15	10	1-1/2	3	
DESCARGA DE CARROS TANQUES GRANDES, EMBARCA- CIONES VARIAS, LANCHONES O TER- MINALES	211	38	690,691	510	B 5.6	B 6.8	20	15	15	10	1-1/2	4
	218	39	690,691	530	B 5.8	B 7.0	20	15	15	15	1-1/2	4
	226	41	690,691	550	B 6.0	A 7.0	20	15	15	15	1-1/2	4
	233	42	690,691	565	B 6.2	B 7.4	20	15	15	15	2	4
	240	43	690,691	585	B 6.4	A 7.4	20	20	15	15	2	4
	248	45	690,691	605	B 6.6	B 8.0	20	20	15	15	2	4
	255	46	690,691	620	B 6.8		25	20	15	15	2	4
	263	47	690,691	640	B 7.0	A 8.2	25	20	15	15	2	4
	278	48	690,691	675	B 7.4	B 8.6	25	20	15	15	2	4
	301	54	690,691	730	B 8.0	B 9.4	25	20	20	15	2	4
323	58	690,691	785	B 8.6		30	25	20	20	2	4	
338	60	690,691	820	TB9.0	A 10.6	30	25	20	20	2	4	

Consulte a la Fábrica para compresores de mayor capacidad.

NOTAS:

- (1)- Las capacidades indicadas son basadas en 70° F, pero variarían según la tubería, las conexiones empleadas, el producto a transferir y la temperatura. La Fábrica puede suministrar un análisis detallado, si se solicita.
- (2) Poleas del motor: 91- 2 correas; 290,291,490, 491- tres correas; 690,691- cuatro correas.
- (3) Los tamaños de tubería indicados son considerados como los mínimos. Si la longitud excede los 100 pies, utilice el tamaño inmediatamente superior.

**DATOS DE COMPRESORES PARA TRASIEGO DE GAS LICUADO CORKEN**

**PRUEBA , PROPANO.**

**Re.2.5.88 02.17.88**

NOMENCLATURA: CFM =(Pies<sup>3</sup>/min) Z= Factor compresibilidad N= Constante adiabática  
 RPM= Revoluciones por minuto CR= Razón Compresión MAWP= Presión máxima de trabajo  
 DEG.R = Grados Rankine (° R) GPM=Galones/min. PSIA=LB/PULG.<sup>2</sup> ABS  
 MW= Peso molecular BHP= Potencia freno HP. V.P.= Presión de vapor

690 N=1.13 RPM=825 PD=60.7CFM MAWP= 265 PSIA Presión Crítica =619 PSIA TEMP. CRITICA 666 Deg R  
 FASE LIQUIDA DE TRASIEGO VOL. TANQUE 33.000 GALS. CAIDA PRESION DEL SISTEMA TRASIEGO DE LIQUIDO 30 PSIA.  
 PESO MOLECULAR = 44.1 TOTAL LIQUIDO A TRANSFERIR 29618 GALS. O 89.9% DE VOLUMEN TOTAL TANQUE. TANQUE  
 TIENE 90% LLENO.

T1	V.P.	P2	T2	CR	VE	GPM	ACFM	ACFM	BHP	TIME	LB/HR	Z	Z
F	PSIA	PSIA	F		%		IN	OUT		MIN	LÍQUIDO	IN	OUT
0	38	68	32	1.8	85	216	51.8	28.9	12.3	137	55229	0.92	0.89
10	46	76	38	1.7	87	238	52.7	31.9	13.1	124	60864	0.91	0.88
20	55	85	45	1.5	88	258	53.4	34.5	13.9	115	65938	0.90	0.87
30	66	96	52	1.5	89	278	54.0	37.1	14.8	107	70841	0.89	0.86
40	78	108	59	1.4	90	294	54.4	39.3	15.6	101	75048	0.88	0.85
50	92	122	67	1.3	90	309	54.8	41.3	16.6	96	78903	0.86	0.83
60	107	137	75	1.3	91	322	55.1	43.0	17.5	92	82154	0.85	0.82
70	124	154	83	1.2	91	333	55.3	44.6	18.5	89	85064	0.83	0.80
80	144	174	92	1.2	91	344	55.5	46.0	19.6	86	87748	0.81	0.79
90	165	195	101	1.2	92	353	55.7	47.1	20.7	84	89966	0.81	0.77
100	189	219	110	1.2	92	360	55.8	48.2	21.9	82	91969	0.78	0.75
110	215	245	119	1.1	92	367	55.9	49.1	23.2	81	93687	0.76	0.73

FASE EBULLICION VOL. RESIDUOS 83 GALS. LIQ. 6.25% VOL. TANQUE. CAIDA PRESION RECUPERACION VAPOR 10 PSI.

T1	V.P					P2						
F	PSIA	PSIA	F	%	IN	VOLUME(FT3)	RATE(GPM)	MIN	IN	OUT		
0	38	48	13	1.3	92	9.4	55.8	955	5	17	0.92	0.91
10	46	56	21	1.2	92	10.0	56.0	797	6	14	0.91	0.91
20	55	65	29	1.2	93	10.5	56.2	673	7	12	0.90	0.89
30	66	76	38	1.2	93	11.2	56.4	564	8	10	0.89	0.88
40	78	88	47	1.1	93	11.9	56.5	480	10	8	0.88	0.87
50	92	102	56	1.1	93	12.7	56.6	408	11	7	0.86	0.85
60	107	117	65	1.1	93	13.5	56.7	352	13	6	0.85	0.84
70	124	134	75	1.1	93	14.4	56.7	304	15	5	0.83	0.82
80	144	154	84	1.1	93	15.4	56.8	261	18	5	0.81	0.81
90	165	175	94	1.1	94	16.5	56.8	227	21	4	0.80	0.79
100	189	199	103	1.1	94	17.6	56.8	197	24	3	0.78	0.77
110	215	225	113	1.0	94	18.9	56.8	171	27	3	0.76	0.75

FASE RECUPERACION VAPOR PRESION EVACUACION DESEADA 30 PSIA. CAIDA PRESION SISTEMA RECUPERACION VAPOR 10 PSI.

T1	V.P.	P2	T2	VE(%)	VE(%)	ACFM	ACFM	Z	IN	Z	IN	BHP	P1 @	P1 @	TIME	LIQ. EQUIVALENTE (GALS)	TIEMPO TOTAL			
F	PSIA	PSIA	F	INIT	FINAL	INIT	FINAL	INIT	FINAL	INIT	FINAL	MAX	VE=0	MAX	BHP	MIN	ACTUAL	RECOBRADO	RECUPERABLE	HRS.
0	38	48	20	92	90	55	54	.92	.93	10.2	5	26	19	381	89	337	2.9			
10	46	56	42	92	86	56	52	.91	.94	11.1	6	32	35	456	185	405	2.9			
20	55	65	64	93	82	56	49	.90	.95	12.1	6	34	50	540	288	482	2.9			
30	66	76	80	93	80	56	48	.89	.95	13.4	8	41	67	645	377	578	3.1			
40	78	88	103	93	75	56	45	.88	.95	14.8	9	48	84	758	506	682	3.2			
50	92	102	126	93	69	56	41	.86	.96	16.4	10	57	101	891	650	803	3.4			
60	107	117	143	93	66	56	40	.85	.96	18.1	12	60	118	1034	781	937	3.6			
70	124	134	166	93	60	56	36	.83	.96	20.0	13	70	137	1197	953	1088	3.9			
80	144	154	188	93	53	56	32	.81	.96	22.3	15	82	158	1395	1153	1272	4.1			
90	165	175	209	94	47	56	28	.80	.97	24.6	17	95	180	1604	1364	1466	4.5			
100	189	199	234	94	37	56	22	.78	.97	27.3	20	99	206	1850	1619	1695	4.0			
110	215	225	256	94	29	56	17	.76	.97	30.2	23	114	237	2123	1894	1948	5.3			

BASES DE CALCULO 1) LAS CAIDAS DE PRESION PERMANENCEN CONSTANTES. 2) EL FLUJO INDUCIDO BASADO EN COMPRESION ISOTERMICA. 3) POTENCIA DE FRENO (BHP) BASADA EN COMPRESION ADIABATICA. 4) EFECTOS COMPRESIBILIDAD INCLUIDOS EN CALCULOS. 5) TRANSFERENCIA DE CALOR SUFICIENTE PARA MANTENER TEMPERATURA CONSTANTE EN EL TANQUE DURANT EBULLICION.

**FIG 3.1C .Ejemplo de Análisis de Funcionamiento de Compresor CORKEN para trasiego de líquido.**



Fase de transferencia del líquido

Propano  
690 a 825 RPM  
Caída de presión=30 PSI

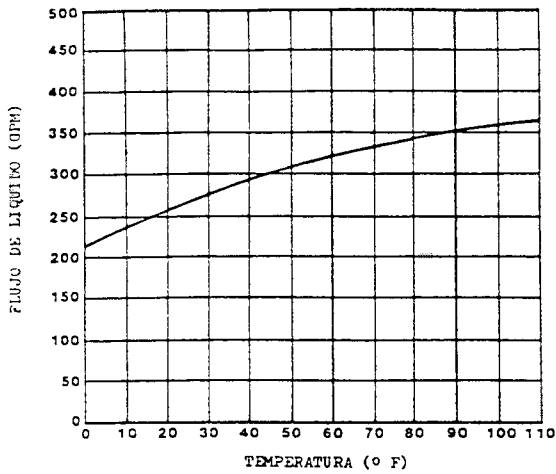


Figura 3.1 D

En los días más cálidos los compresores producen mayores flujos de líquido

Evacuación por Ebullición

Propano  
690 a 825 RPM  
Caída de presión = 10 PSI

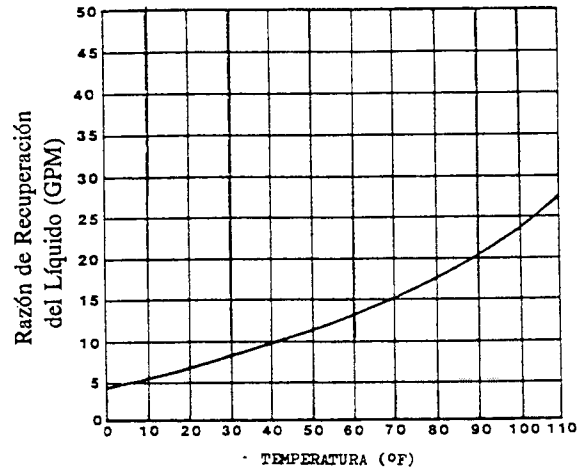


Figura 3.1 E

En los días más cálidos, el "Residuo Líquido" puede ser expulsado por ebullición más rápidamente.

Fase de recuperación del vapor

Propano  
690 a 825 RPM  
Volúmen del tanque:  
33.000 gals.

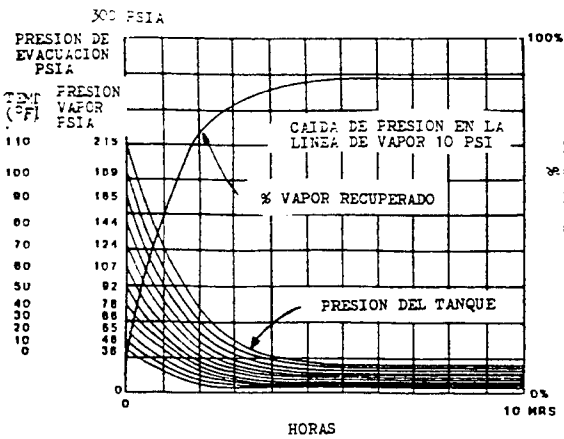


Figura 3.1 F

En los días fríos, la recuperación de vapor puede realizarse más rápidamente, ya que la presión inicial del vapor es menor.

Fase de recuperación de vapor

Propano  
690 a 825 RPM.

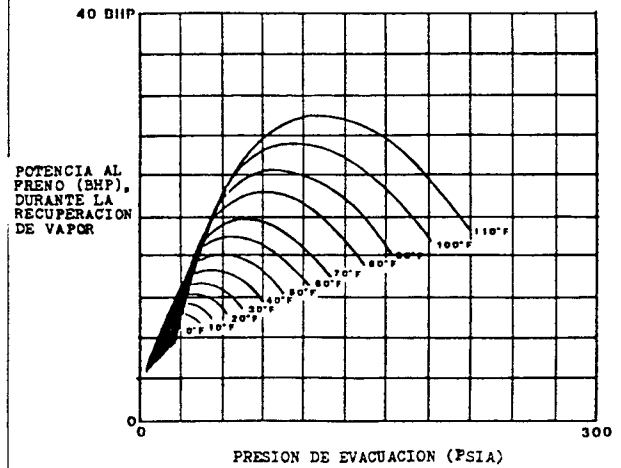


Figura 3.1 G

En climas calientes, se requieren motores más grandes para la recuperación de vapor.

---

---

### 3.2 Bombas vs. Compresores

Independientemente del tipo de bomba, es virtualmente imposible eliminar totalmente la formación de vapor en la línea de succión, para bombas de gas LP. Este problema se torna más difícil aun cuando la bomba es alimentada mediante una carga de succión negativa.

Las reglamentaciones de seguridad para el transporte y almacenamiento de gas LP han creado situaciones en donde debe trasegarse el gas LP con cargas de succión negativa. El ejemplo más importante al respecto es el carro tanque de ferrocarril, para gas LP. Todas las conexiones de entrada y salida en estos tanques deben estar en la parte superior. Este diseño reduce la posibilidad de ruptura debido al desprendimiento de las boquillas durante un descarrilamiento. Algunas reglamentos locales exigen que los tanques para gas LP se instalen bajo tierra. En los carros tanques de ferrocarril, y en los tanques bajo tierra, no es posible alimentar la bomba por gravedad. Por este motivo, las bombas no son el método más confiable para descargar este tipo de tanques.

En la gran mayoría de los casos, se utilizan compresores para la descarga de carros tanque de ferrocarril, y también se utilizan frecuentemente para la descarga de tanques subterráneos. Debido a su flexibilidad y su capacidad para la recuperación de vapor, también son usados en lugar de las bombas, en muchas operaciones de carga y descarga de camiones.

Los principales criterios para decidir entre una bomba y un compresor se resumen de la siguiente manera:

Utilice un compresor cuando -

- 1) No es posible alimentar el líquido a la bomba de descarga por gravedad (carga de succión negativa).

Principales aplicaciones: carros tanque de ferrocarril, y tanques bajo tierra.

- 2) Se requiere o desea recuperar el vapor.
- 3) Cuando la planta tiene un solo dispositivo para el trasiego.

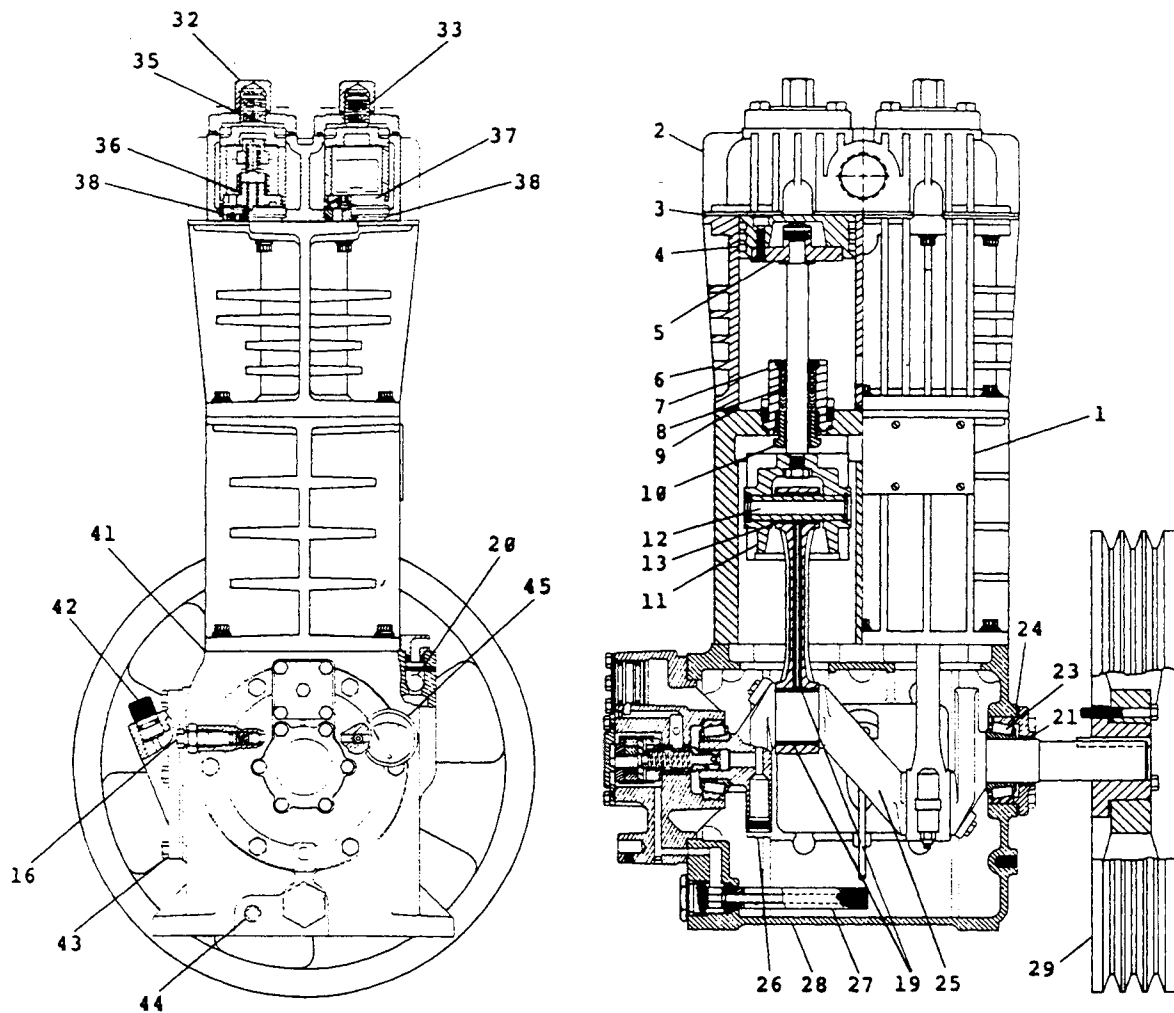
Utilice una bomba para líquidos cuando -

- 1) Es posible alimentar la bomba por gravedad, de manera que el líquido inunde toda la línea de succión.
- 2) No se requiere recuperar el vapor.
- 3) Se requieren diferencias de presión por sobre 30 PSI.
- 4) Hay que medir la cantidad de líquido trasegado.
- 5) Se requiere una instalación de bajo costo inicial.

### 3.3 Diseño de Compresores para Gas LP

Los compresores para gas LP son parte de la familia de compresores de movimiento alternativo. Los compresores de movimiento alternativo succionan vapor hacia el interior de un cilindro, a través de una válvula de succión, mediante el movimiento en retroceso del pistón. Esto produce una disminución de la presión en el cilindro. El gas se comprime cuando el pistón se mueve de vuelta hacia el interior del cilindro, forzándolo a salir a través de la válvula de descarga. La Figura 3.3A muestra una vista en corte de un compresor de gas LP.

Una válvula de compresor está compuesta de cuatro partes: asiento, tope, disco y resorte. El resorte se apoya contra el tope, y empuja al disco contra el asiento. Cuando la presión en el lado del asiento se eleva por sobre la presión en el lado del tope, el disco es forzado a retirarse del asiento, y el gas fluye a través de la válvula (ver Figura 3.3B).

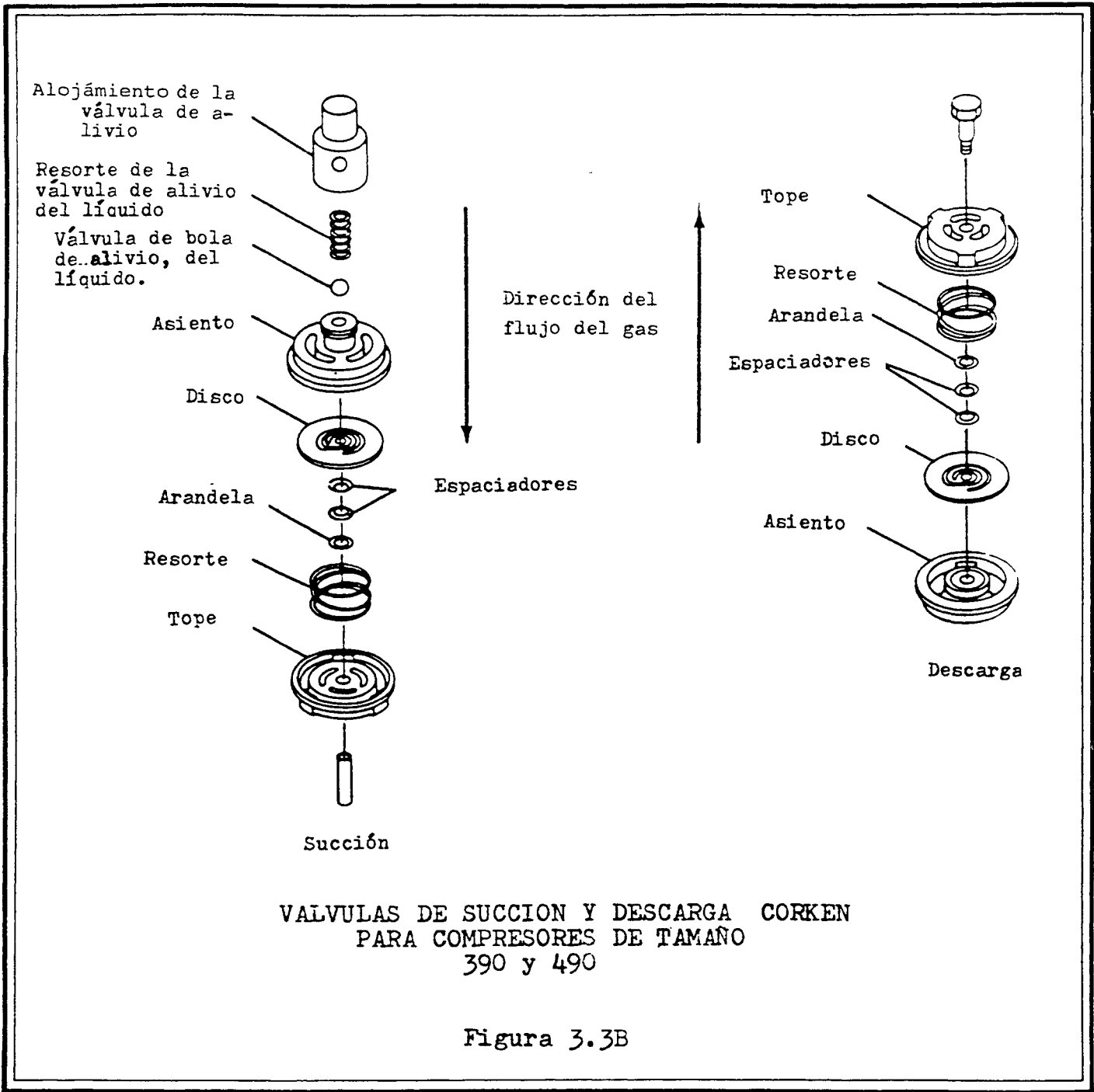


Núm. de Ref.	Nombre de La Pieza	Núm. de Ref.	Nombre de La Pieza
1	Placa de Inspección de la Guía de la Cruzeta	25	Cigüeñal
2	Cabezota del Cilindro	26	Tapón del Cigüeñal
3	Empaque del Cabezota del Cilindro	27	Malla de Filtración
4	Juego de Anillos del Pistón	28	Cárter ó Caja del Cigüeñal
5	Unidad del Pistón	29	Volante
6	Cilindro	30	Tuerca de la Válvula
7	Unidad de La Caja de Empaque	31	Placa de la Cubierta de la Válvula
8	Juego de Empaques	32	Tapa de la Válvula
9	Junta del Cilindro	33	Tornillo de Sujeción de la Válvula
10	Tornillo de Ajuste del Empaque	34	Junta de la Placa de Cubierta de la Válvula
11	Unidad Biela-Cruzeta	35	Junta de la Tapa de la Válvula
12	Bulón	36	Unidad de la Válvula de Succión
13	Cojinetes del Bulón	37	Unidad de la Válvula de Descarga
14	Caja de la Cruzeta	38	Junta de la Válvula
15	Unidad de la Biela	39	Bride de la Entrada
16	Tornillo de Ajuste, Alivio de Aceite	40	Bride de la Salida
17	Válvula de Alivio de Aceite	41	Junta del Cárter
18	Unidad de la Bomba de Aceite	42	Casquillo del Nivel de Aceite
19	Cojinetes de la Biela	43	Placa de Inspección del Cárter
20	Unidad de la Válvula de Alivio	44	Tapón del Drenaje de Aceite
21	Sello de Aceite	45	Medidor de la Presión de Aceite
22	Anillo de Circulación del Aceite	46	Tornillo de Sujeción
23	Cojinetes Principales	47	Válvula de Alivio del Pistón
24	Calzas de Ajuste del Cojinete		

Nota:

Estos números son únicamente como referencia general, y no deben usarse para los pedidos de piezas. Para el número correcto de las piezas en su Modelo de Compresor, consulte el Manual de Servicio, Sección I.

Figura 3.3A Compresor de Gas Licuado CORKEN



Las válvulas de succión también están equipadas con una pequeña válvula de alivio, del tipo bola y resorte (ver Figura 3.3 B), la cual está diseñada para aliviar al sistema de cualquier condensación que ocurra dentro del cilindro del compresor. La válvula de alivio de líquidos no ha sido diseñada para aliviar al sistema de líquidos que entren al cilindro a través de la válvula de succión (más adelante veremos esto).

El gas fluye hacia abajo desde el cilindro

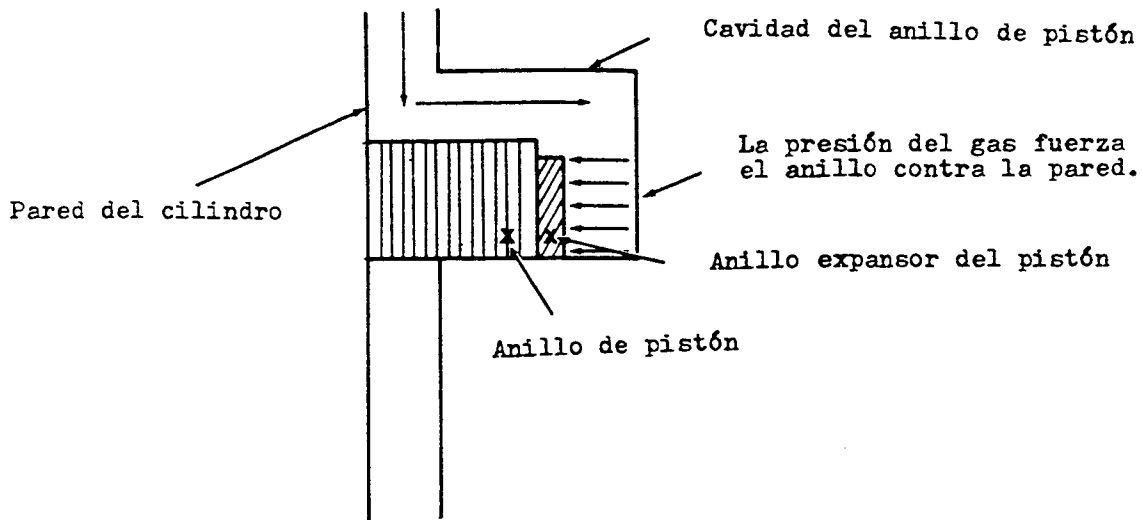


Figura 3.3C  
(No está a escala)

Para que la compresión pueda realizarse, se requiere sellar el pistón contra la pared. Este sello se logra mediante varios anillos de pistón. Los anillos del pistón deben ser de un material auto-lubricado, pues los compresores de gas LP no deben contaminarse con aceites lubricantes. Normalmente, los anillos de pistón CORKEN son hechos de Teflón relleno con lana de vidrio. La presión del gas en el cilindro se utiliza para presionar los anillos del pistón contra la pared (ver Figura 3.3C). Los expansores del anillo se utilizan para empujar los anillos hacia la pared del cilindro, de manera que el gas pueda fluir detrás de los anillos.

Los anillos del pistón forman un buen sello dinámico, pero no están lo suficientemente apretados como para sellar contra la elevada presión del gas; se requiere otro sello para realizar este trabajo. Este sello es el empaque del vástago del pistón. El empaque del vástago del pistón es un sello que está ubicado al fondo del cilindro. Está compuesto de varias partes, siendo la más importante los anillos de Teflón en "V", auto-lubricados, que sellan firmemente contra el vástago del pistón. La unidad de empaque incluye un resorte, el cual permite una leve separación, para reducir la fricción. El empaque del vástago también sella el aceite de la caja del cigüeñal, impidiendo que llegue a la cámara del compresor, lo cual evita la contaminación del gas.

La mayoría de los compresores de gas LP y amoníaco contienen un juego de empaque de vástago de pistón por cada vástago. Un solo juego de empaque controla el escape de vapor (y también la contaminación del vapor con aceite) a un nivel satisfactorio para la mayoría de las aplicaciones comerciales de gas LP y amoníaco. Cuando el escape de vapor y la contaminación deben mantenerse a niveles bajísimos, deben utilizarse dos juegos de empaque, espaciados entre sí mediante un separador. CORKEN fabrica compresores verticales, ya sea de uno o dos juegos de empaques.

La caja del cigüeñal convierte el movimiento rotatorio del motor en el movimiento alternativo del pistón. Todos los compresores CORKEN, excepto el 91, utilizan una bomba de aceite para lubricar a presión los cojinetes y el eje del émbolo, con el fin de asegurar una mayor vida útil. La bomba de aceite es del tipo de engranajes, que puede funcionar en ambas direcciones. Los compresores verticales CORKEN para gas LP están diseñados para funcionar entre 400 y 825 RPM.

---

---

### 3.4 Trampas de Líquido y Montaje de Compresores

Los compresores están diseñados para el trasiego de vapor, y únicamente vapor. Mientras que las bombas de gas LP están diseñadas para el trasiego de líquidos con pequeñas cantidades de vapor, pequeñas cantidades de líquido en un compresor usualmente produce un daño muy serio a la unidad.

"Taponamiento por líquido" es el término usado para describir un compresor cuando se convierte accidentalmente en una bomba de líquidos. El "tapón líquido" ocurre cuando el pistón ha empujado todo el vapor fuera del cilindro, y encuentra una pared de líquido incompresible. En la mayoría de los casos, esto ocasiona una destrucción inmediata de la unidad, de manera similar a cuando un carro a alta velocidad se estrella contra una pared de concreto.

Para evitar el peligro del taponamiento por líquido, en todos los compresores de gas LP debe usarse algún tipo de dispositivo para remover líquidos. El gas LP está comprimido a una temperatura cercana a la de condensación, y frecuentemente arrastra diminutas partículas de líquido. Si extraemos a través de una tubería fría el vapor proveniente de un tanque tibio, dicho vapor está propenso a condensarse antes de llegar al compresor.

Las gotitas de líquido suspendidas en el vapor de la succión están sujetas a dos tipos de fuerza: 1) Gravedad y 2) Fricción. Mientras más rápido viaje la corriente de vapor, desarrolla una mayor fricción contra las paredes, y esto levanta las gotitas de líquido. Si se disminuye la velocidad de la corriente, es más fácil decantar las gotitas de líquido por gravedad, y separarlas del vapor. Las trampas de líquido se basan en el principio de disminuir la velocidad de la corriente de vapor. La trampa tiene un diámetro mayor que el de la tubería de succión, lo cual disminuye la velocidad del vapor. El líquido que se forma se acumula en el fondo de la trampa. En la mayoría de los casos, este líquido vuelve a evaporarse, cuando el sistema se calienta. Sin embargo, si el nivel del líquido aumenta demasiado, la trampa debe bloquear el líquido del resto del sistema, o bien detener el compresor, para poder drenar la trampa.

Para instalar un compresor de gas LP se requieren menos precauciones que para una bomba de gas LP. Sin embargo, deben seguirse algunas reglas al momento de la instalación.<sup>1</sup>

- 1) Cuando el compresor está detenido, con frecuencia se produce condensación en las líneas de succión y de descarga. Instale las tuberías de manera que este líquido que se forma no se escurra hacia el interior del compresor.
- 2) Instale el compresor lo más cerca posible del tanque a descargar, usando tuberías del tamaño adecuado (ver Figura 3.1C, para los tamaños de tubería que se recomiendan). Esto reduce al mínimo el enfriamiento del gas en la línea de descarga, con lo cual se obtiene el mayor volumen posible de gas en el tanque de recepción.
- 3) Use tuberías del tamaño adecuado para la línea líquida, de manera que la caída de presión total en el sistema no exceda los 30 PSI (ver Figura 3.1C).
- 4) Atornille firmemente la base del compresor a la fundación, para reducir al mínimo la vibración.

<sup>1</sup> VER manual VE100, "Instrucciones Importantes", para más información sobre la instalación correcta de compresores.

CORKEN ofrece tres tipos de trampas de líquido para remover el líquido arrastrado en la corriente de vapor. El más simple es una trampa de flotadores de bola. Si el nivel de líquido aumenta por sobre la entrada, los flotadores de bola suben y taponan la línea de succión del compresor. El compresor crea un vacío en el tramo entre la trampa y la admisión del compresor, y continúa operando hasta ser desconectado manualmente por el operador. Antes de poner el compresor nuevamente en funcionamiento, hay que drenar la trampa y abrir la válvula para la ruptura del vacío, lo cual permite que los flotadores de bola caigan al fondo de la trampa.

Este tipo de trampa es adecuada únicamente si el operador supervisa muy atentamente el funcionamiento del compresor. Normalmente esta trampa se usa únicamente en las empresas de gas LP y de amoníaco para la agricultura; y se incluye en los montajes 109 y 107.

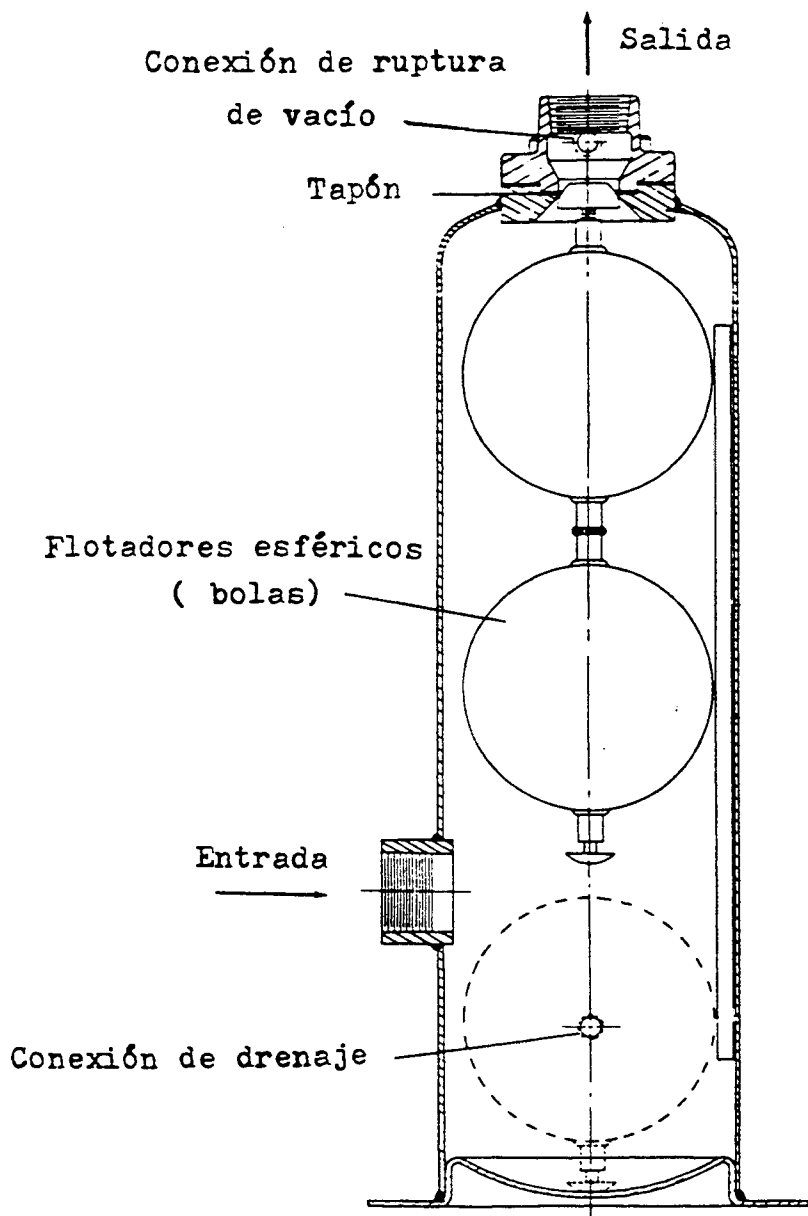


Figura 3.4A. Trampa de bolas

Cuando se requiera una protección más segura, debido a que la unidad no está siendo supervisada continuamente, se recomienda usar una trampa automática. En la trampa automática, los flotadores de bola son reemplazados por interruptores eléctricos de flotación. Si el nivel de líquido aumenta demasiado, el interruptor de flotación se abre, para desconectar el arrancador magnético del motor, lo cual detiene el compresor. Este diseño nos permite proteger la máquina, aun cuando no esté bajo una continua supervisión. Esta trampa se incluye en los montajes 109A y 107A.

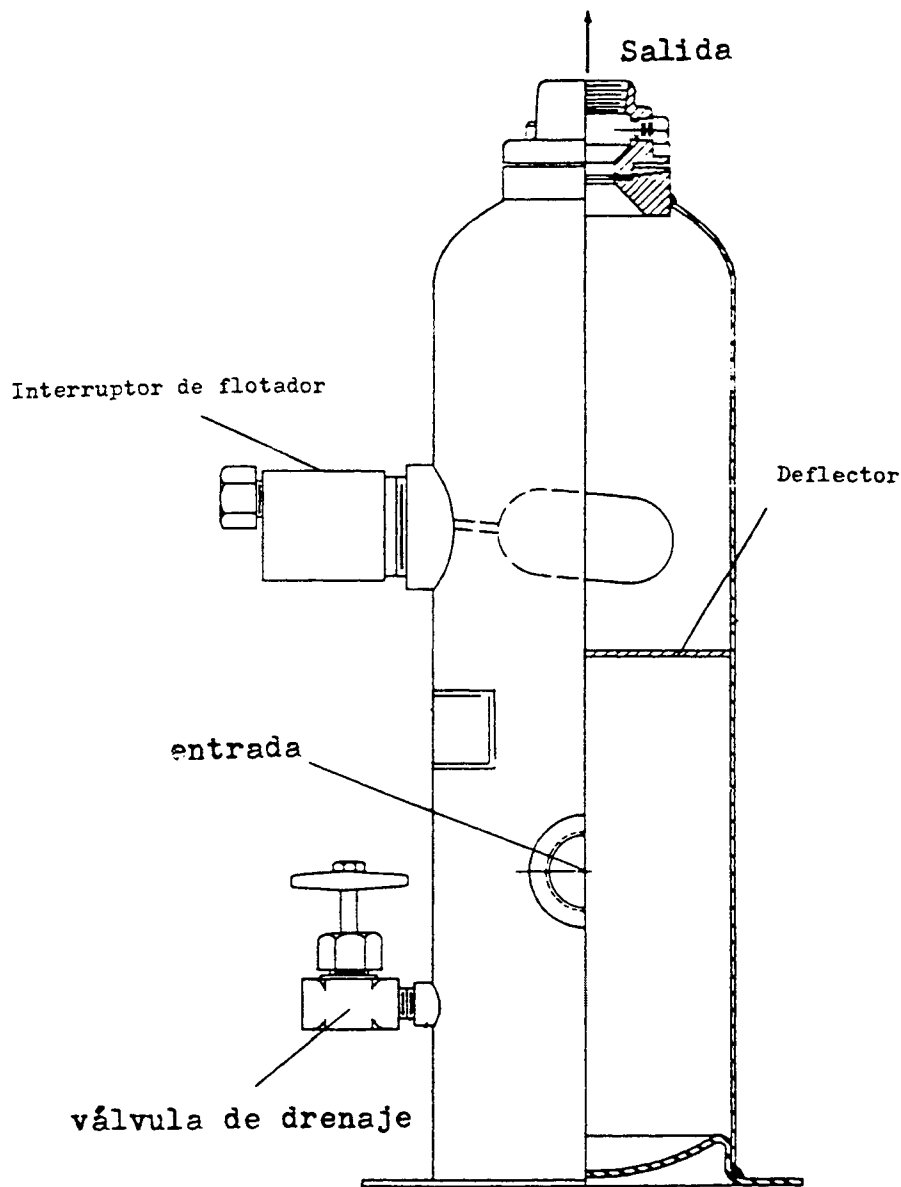
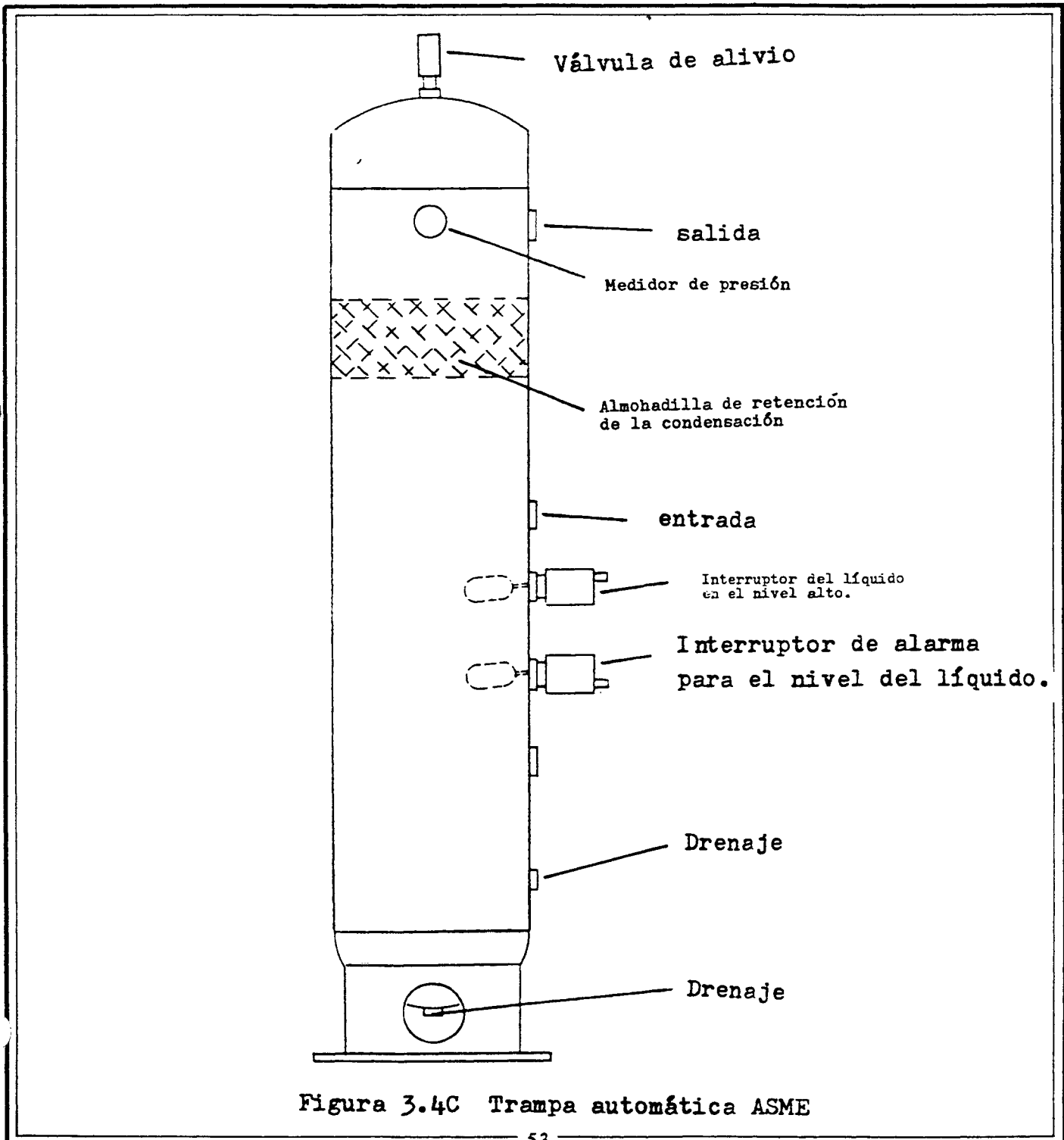


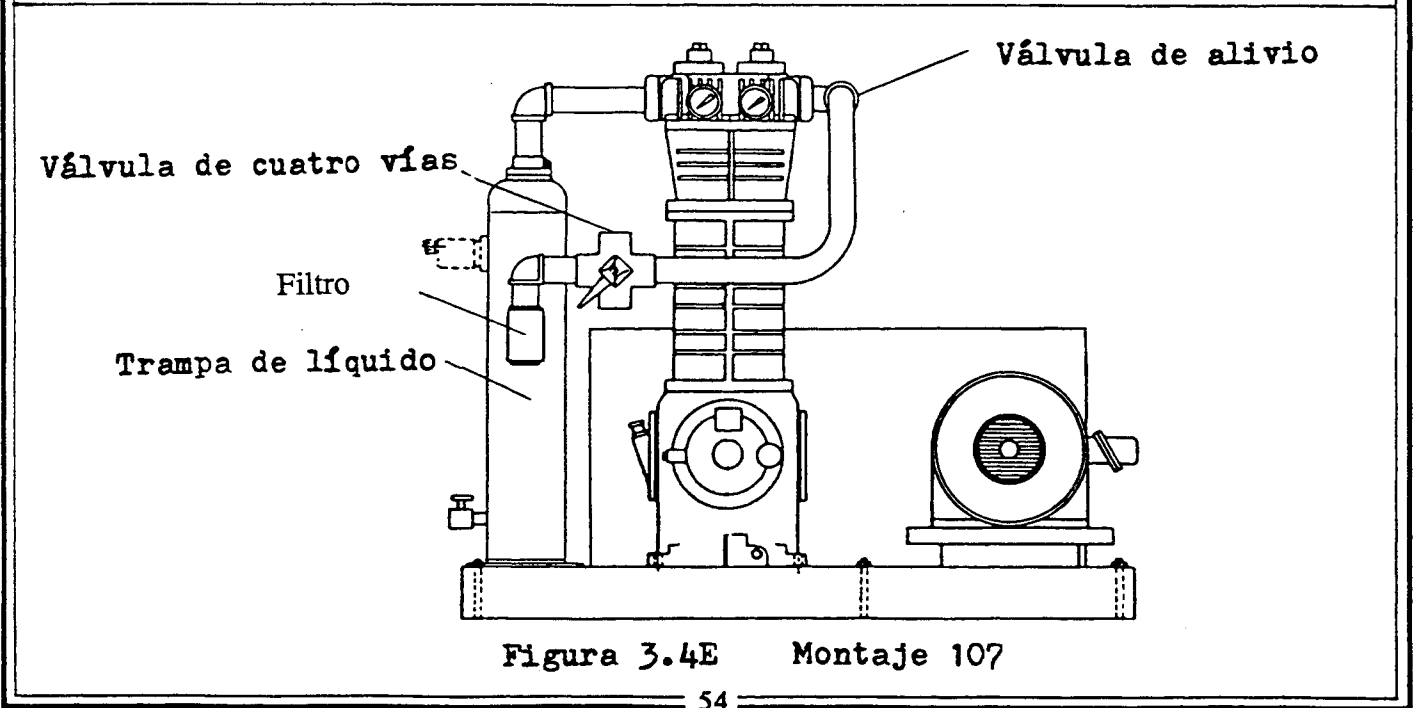
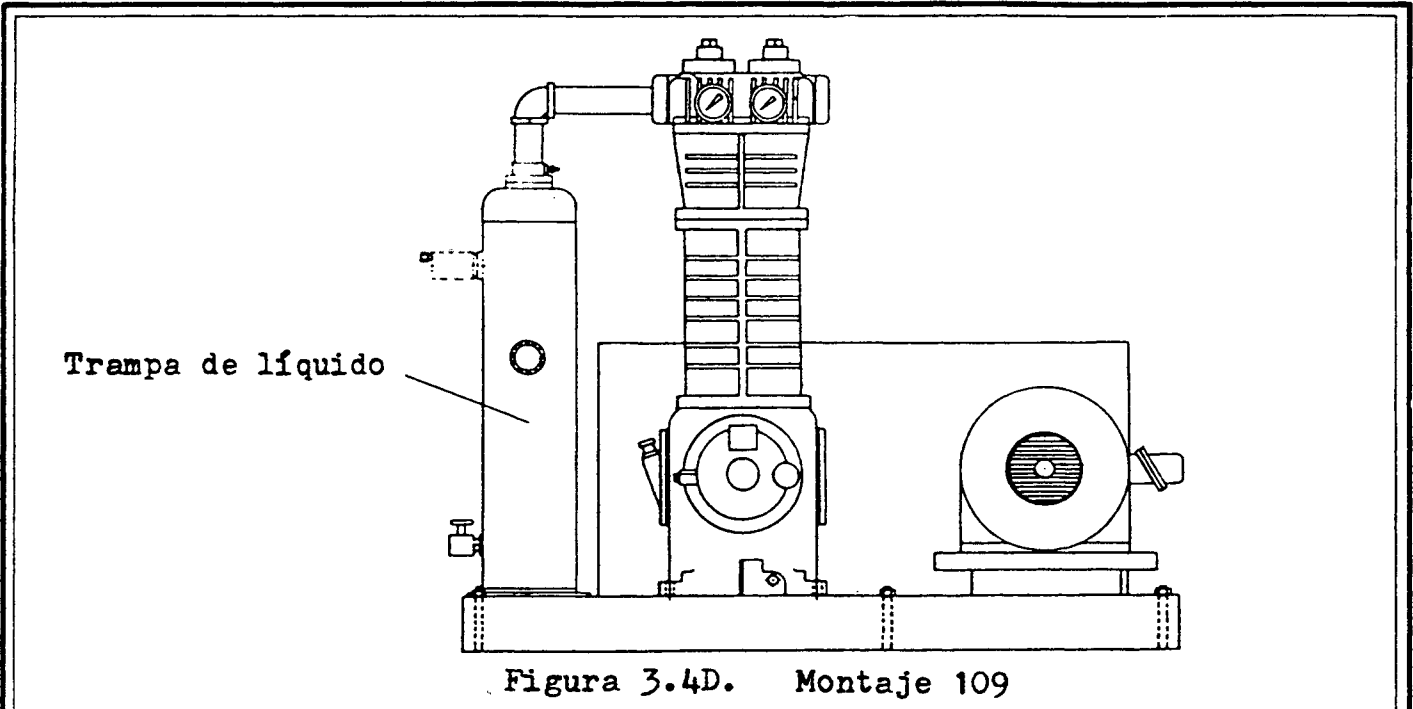
Figura 3.4B Trampa automática de líquido



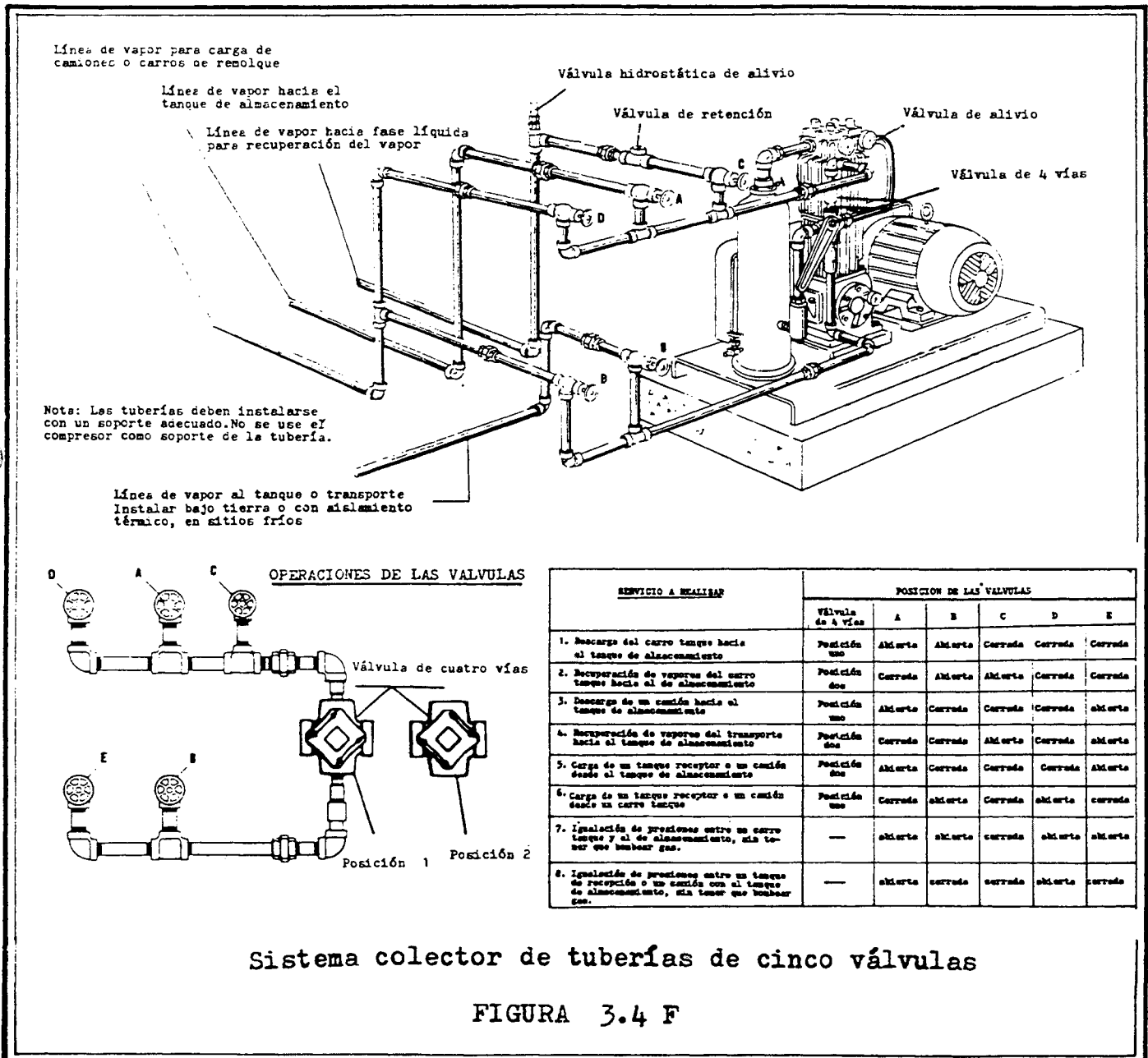
La trampa más sofisticada de CORKEN permite una separación más eficiente del líquido. Esta trampa es más grande que las otras dos trampas, y está certificada por la ASME. Contiene dos interruptores de flotación, uno para el interruptor de la alarma y el otro para desconexión. En algunos casos el interruptor de alarma se usa para activar una válvula de drenaje del líquido (no se incluye con la trampa), o bien suena una alarma para que la trampa sea drenada manualmente por el operador. Esta trampa también contiene una malla de retención de la condensación, la cual consiste en una almohadilla formada por un tejido intrincado de alambres, que es extremadamente efectivo para atrapar partículas de líquido arrastradas en la corriente de gas. La trampa automática ASME se incluye en los montajes 109B y 107B.



Cualquiera de los tres tipos de trampa de líquidos puede adquirirse como parte del paquete 109 ó 107. El paquete 109 incluye el compresor montado sobre una base de acero, con medidores de presión, correa en "V", protector de la correa, la base del motor, tubería de interconexión, y una de las tres trampas de líquido que hemos descrito. El montaje 109 utiliza la trampa de bolas (Figura 3.4A); el 109A incluye la trampa automática (Figura 3.4B); y el 109B incluye la trampa automática ASME (Figura 3.4C). El paquete 107 incluye todo lo descrito para el paquete 109, más un filtro, una válvula de alivio, y la tubería para conectar la succión y la descarga a una válvula de 4 vías. La válvula de 4 vías permite revertir la dirección del flujo en las líneas de succión y de descarga, cuando se cambia de la fase de trasiego de líquidos a la de recuperación de vapor. Los montajes 107 y 107A son los más utilizados para gas LP. El montaje 109 es únicamente para trasiego de líquidos.



Normalmente, la unidad de compresión en un montaje 107 es instalada ya sea usando el colector de cinco válvulas ó el de tres válvulas, mostrados en las figuras 3.4F y 3.4G. El colector de tres válvulas puede usarse ya sea para carga o descarga. Normalmente, el colector de cinco válvulas se utiliza para descargar carros tanque de ferrocarril hacia el tanque de almacenamiento propio, y también para cargar desde este tanque de almacenamiento hacia cisternas. Asegúrese siempre de instalar una válvula de retención en cualquier línea de vapor que conduzca hacia una sección de líquidos. Esto evitará que el líquido se introduzca por la línea hacia el compresor, cuando el mismo no esté funcionando.



Líneas de vapor hacia sección de almacenamiento

Línea de vapor hacia la fase líquida, para recuperación del vapor

Válvula hidrostática de alivio  
Válvula de retención

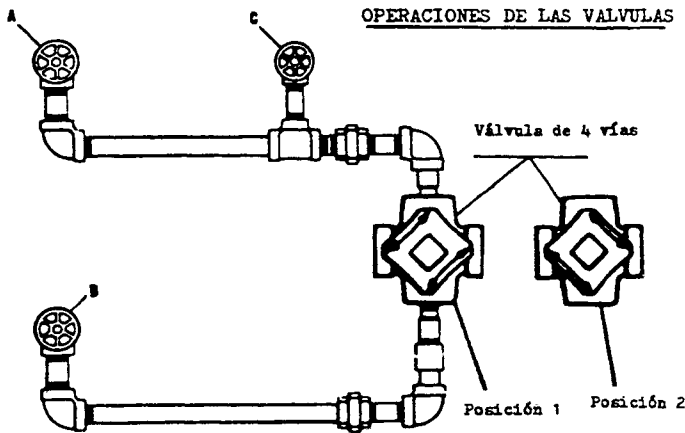
Válvula de alivio

Válvula de 4 vías

NOTA: Provea adecuado soporte para las tuberías. No use el compresor como soporte.

Línea de vapor para el carro tanque o transporte. Entierre o aisle las tuberías en sitios fríos

OPERACIONES DE LAS VALVULAS



SERVICIO A PRESTAR	POSICIÓN DE LA VALVULA			
	4 vías	A	B	C
1. Desaguar el carro tanque en el tanque de almacenamiento.	Posición 1	abierto	abierto	cerrado
2. Recuperar el vapor del carro tanque hacia el tanque de almacenamiento	Posición 2	cerrado	abierto	abierto

Sistema de tuberías de tres válvulas

FIGURA 3.4 G

---

---

### 3.5 Sistemas de Evacuación

Los sistemas de evacuación son cada vez más populares, a medida que hay mayor toma de conciencia en relación a seguridad, reducción de la contaminación, reducción de costos, y conservación de energía. Un sistema de evacuación es útil cuando el gas LP (o cualquier otro gas licuado) debe evacuarse completamente de las mangueras, tanques, cilindros o tuberías. Sin un sistema de evacuación, normalmente esto se realizaría abriendo las llaves, para permitir que el gas escape a la atmósfera. Esto aumenta los riesgos de incendio, aumenta la contaminación, y constituye un desperdicio de energía.

El diseño de un sistema de evacuación es muy simple. Se utiliza un compresor conectado a un tanque especial de recepción, en donde se mantiene una presión ligeramente superior a la presión atmosférica. Cualquier equipo o accesorio de la planta que requiera ser evacuado, se conecta a este tanque de recepción. El compresor extrae vapor del tanque de recepción, lo cual permite mantener una presión relativamente baja (que como hemos señalado, es ligeramente superior a la atmosférica), lo cual a su vez succiona líquido y vapor LP de cualquier equipo o accesorio de la planta que esté conectado al tanque.

Para extraer el vapor del tanque de recepción y mantenerlo a una presión relativamente baja, se utiliza un compresor de dos etapas. El compresor está controlado mediante un interruptor de presión, el cual acciona la unidad cuando la presión en la succión del compresor se eleva por sobre un valor pre-establecido (normalmente alrededor de 5 PSIG).

En la mayoría de los casos se utiliza un compresor de dos etapas porque así se puede obtener una mayor razón de compresión que con las unidades de una sola etapa que se utilizan para trasegar líquidos. Durante los meses de verano, es vital que el compresor funcione adecuadamente con razones de compresión altas debido a que las altas presiones de vapor en el tanque de almacenamiento, hacen necesario que el compresor de evacuación funcione a razones de compresión altas (10 ó más), o sea, la presión en la descarga del compresor puede variar entre la presión atmosférica y 200 PSIG o más. Si se utilizara un compresor de una sola etapa para las operaciones de evacuación, esto ocasionaría frecuentes sobrecalentamientos de la unidad, y una eficiencia volumétrica extremadamente pobre.

CORKEN ha diseñado una unidad de evacuación compacta, para plantas pequeñas (ver Figura 3.5A). Este diseño utiliza el compresor de dos etapas CORKEN, modelo 190, en un montaje 109, sobre un tanque de 60 galones. De esta manera, el gas caliente en la descarga del compresor puede utilizarse para ayudar a evaporar cualquier residuo de propano líquido que quede en el fondo del tanque (ver Figura 3.5A). Visto de otra manera, esta tubería en el fondo del tanque de recepción enfría el vapor en la línea de descarga del compresor, y de aquí dicho vapor pasa al tanque principal de almacenamiento de la planta, en donde se le hace burbujear en el interior del líquido del tanque de almacenamiento, para que se produzca su condensación.

Para plantas grandes, CORKEN puede diseñar sistemas de evacuación específicos para las necesidades de cada cliente, con mayores capacidades, y con compresores CORKEN de mayor tamaño.

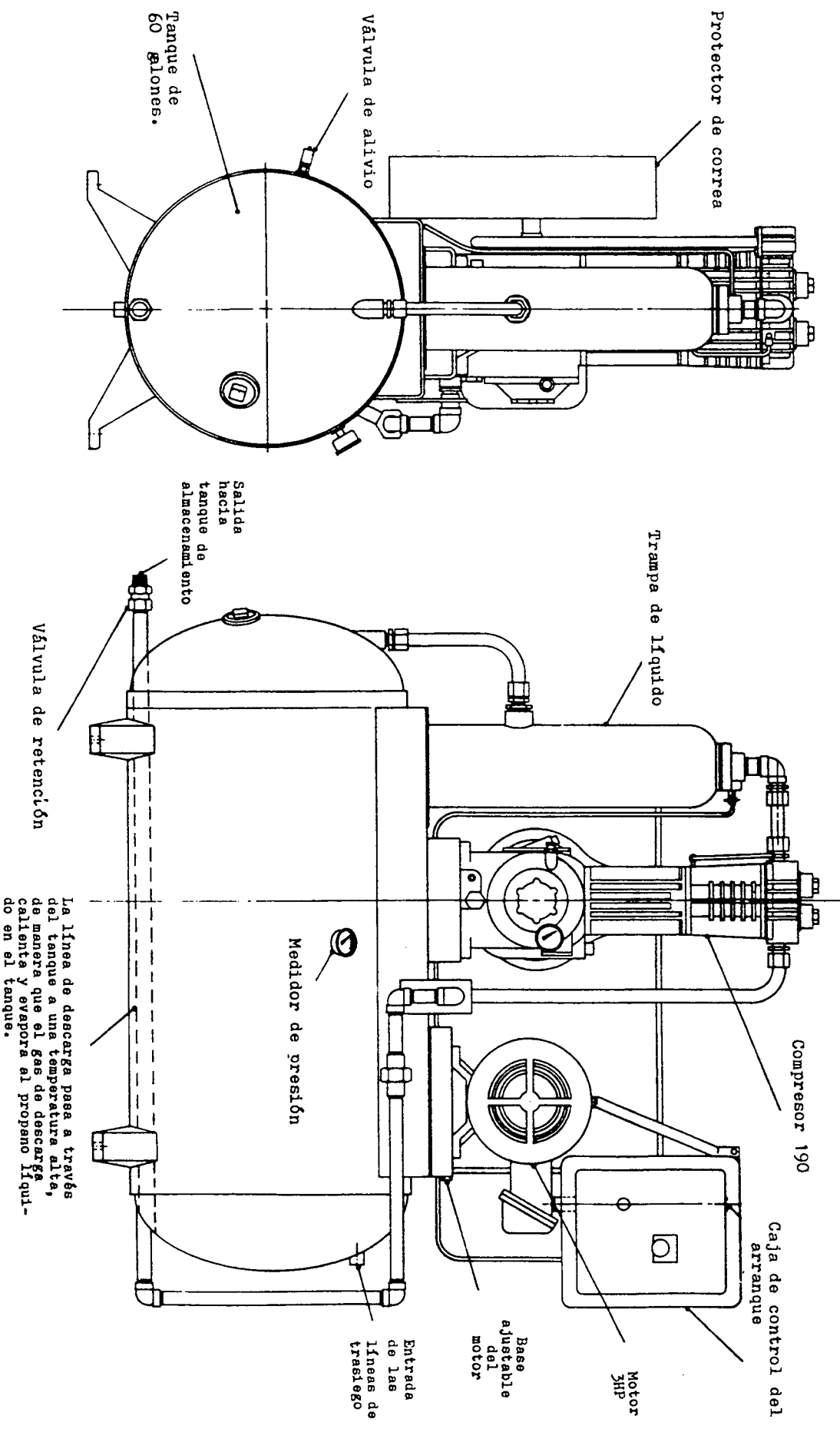


FIGURA 3.5A Evacuador de Gas CORKEN

CAPITULO 4  
Accesorios

4.1 El Eductor Coro-Jet

El Eductor Coro-Jet<sup>1</sup> es el miembro más reciente de la familia CORKEN, de equipos para gas LP. Antes del Coro-Jet, la evacuación de tanques estacionarios de tamaño pequeño, con camiones sistema, era un problema. Una alternativa era vaciar el tanque con la admisión auxiliar de la bomba del camión. El resultado de esto es que la bomba funcionaría en seco (sin líquido), lo que ocasionaría un desgaste considerable. Otra alternativa era simplemente quemar los residuo gaseoso del tanque. El resultado de esto sería la pérdida económica que representa botar el propano. La única solución realmente buena, equipar el camión con un compresor para crear una diferencia de presión entre los tanques, era demasiado costosa.

El Eductor Coro-Jet ofrece una solución económica a este problema. El Coro-Jet trabaja en combinación con la bomba del camión, para crear una baja presión, adecuada para vaciar el tanque. En todo momento durante la operación de evacuación, la bomba del camión opera en condición "mojada", es decir, con líquido.

El Eductor utiliza un venturi, para convertir parte de la energía potencial del fluido (energía de presión) en energía cinética (energía de velocidad), mediante la aceleración del fluido.

Como resultado de esta conversión de energía, la presión del fluido disminuye. Esta menor presión puede utilizarse para crear una diferencia de presión entre dos puntos, para inducir un flujo. La velocidad del flujo creada por el Coro-Jet varía usualmente entre 5 y 10 GPM, dependiendo de la tubería y la capacidad de flujo de la bomba (GPM).

La construcción del Coro-Jet es extremadamente simple, y de gran confiabilidad. El propano es bombeado hacia el orificio A, y forzado a través de la boquilla. La boquilla acelera el líquido, y produce una presión baja en el colector, lo que ocasiona que el líquido del tanque que está siendo evacuado, sea succionado a través del orificio B (ver Figura 4.1B). El orificio C está conectado al tanque del camión. La bomba simplemente hace circular el propano a través del Eductor, y en ningún momento funciona en condición "seca".

<sup>1</sup> Patente en trámite

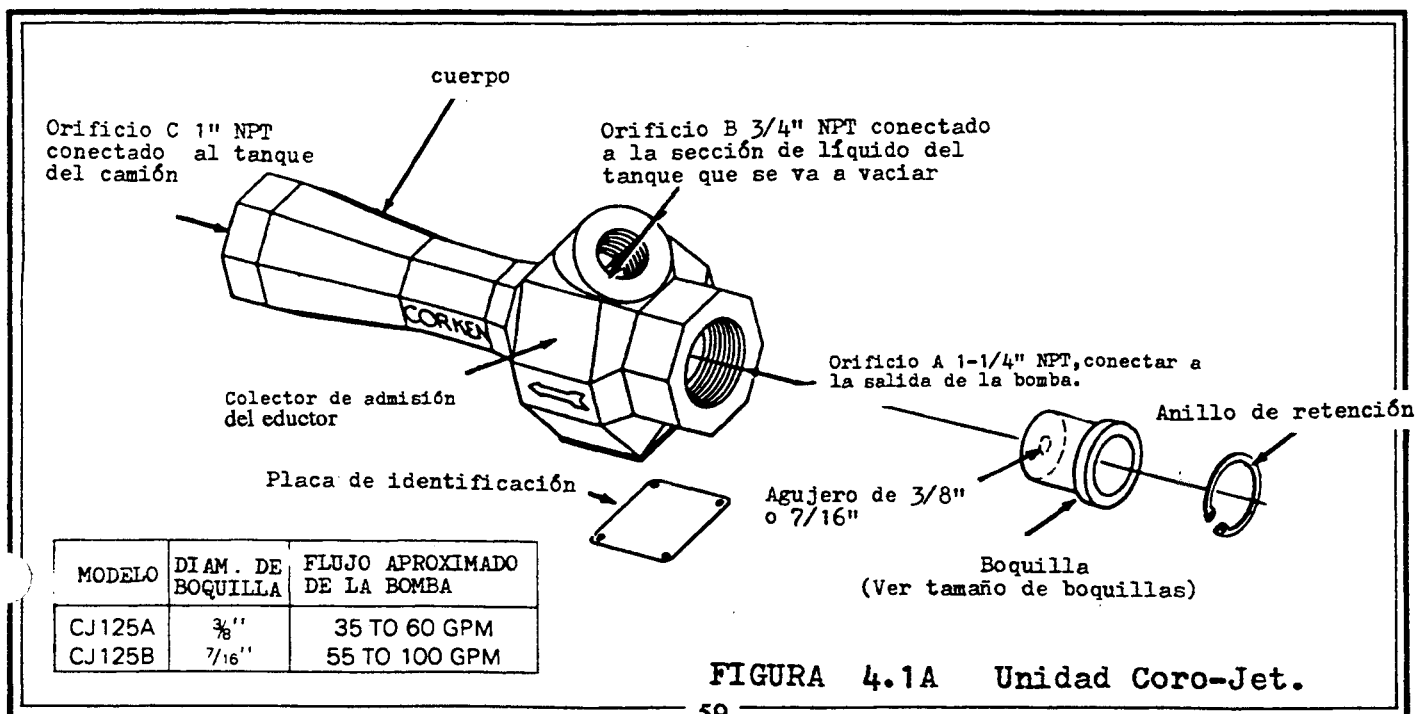
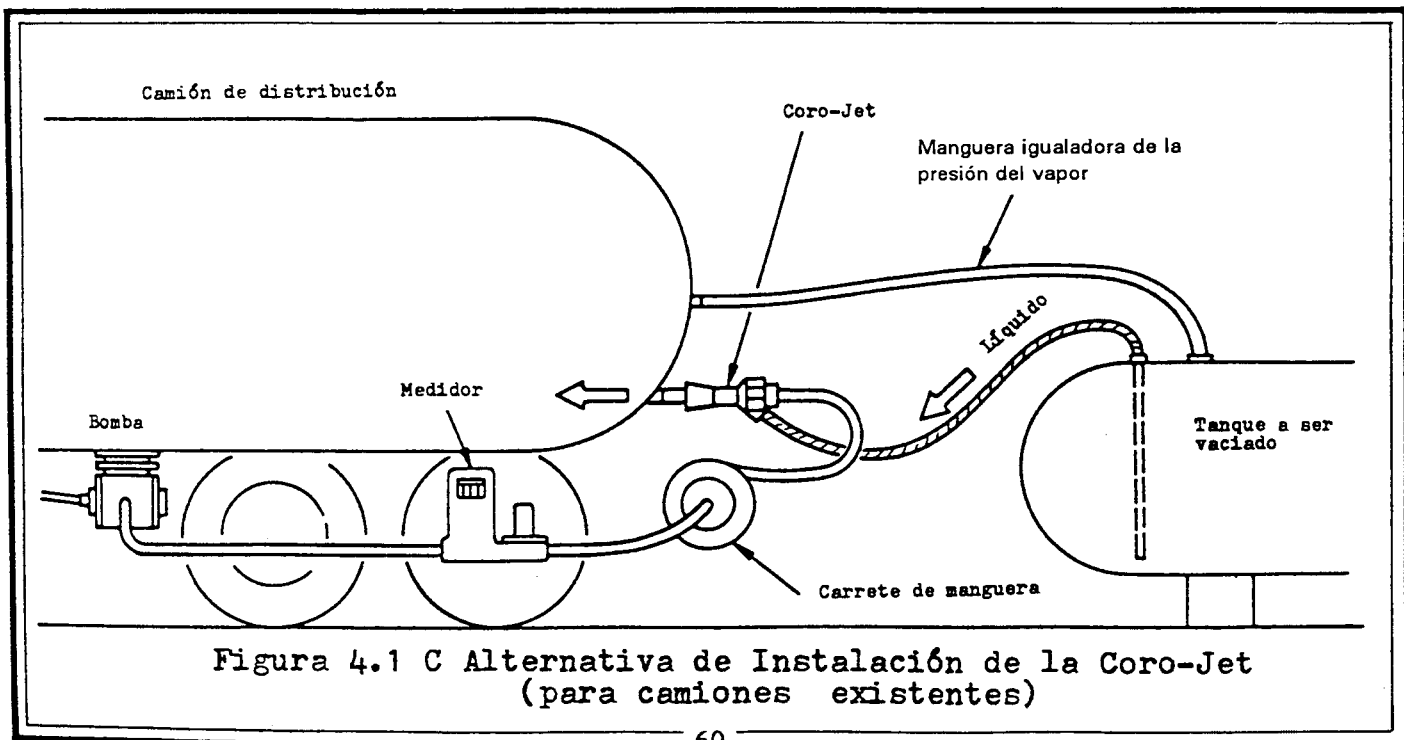
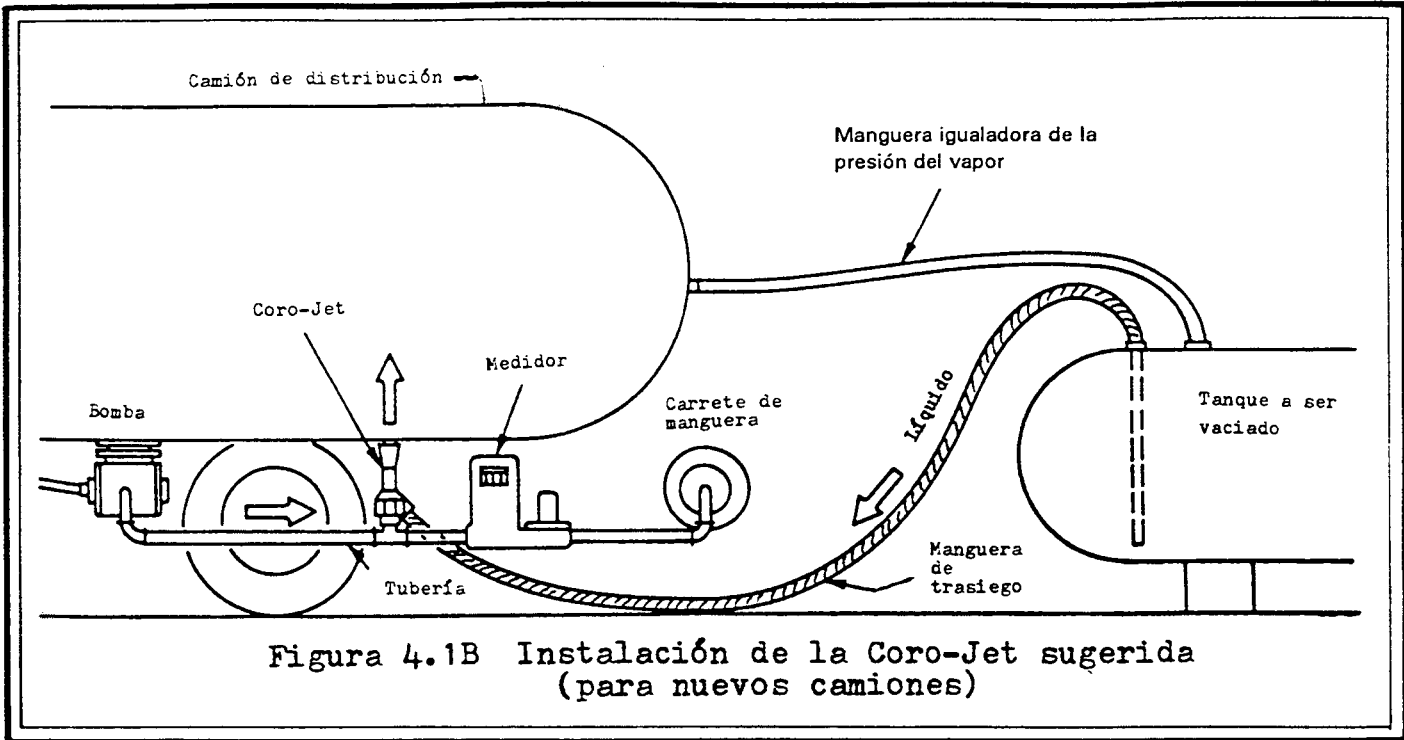


FIGURA 4.1A Unidad Coro-Jet.

Para camiones nuevos, CORKEN recomienda la instalación mostrada en la Figura 4.1B. En este diseño, el Coro-Jet se coloca delante del medidor de flujo y del carrete de la manguera, de manera que la bomba pueda suministrar una mayor presión al Coro-Jet. En camiones adquiridos previamente, en donde el tanque no tenga una abertura especial para el jet, puede utilizarse el diseño de la Figura 4.1C. Este diseño utiliza las aberturas de descarga convencionales en los camiones cisterna.





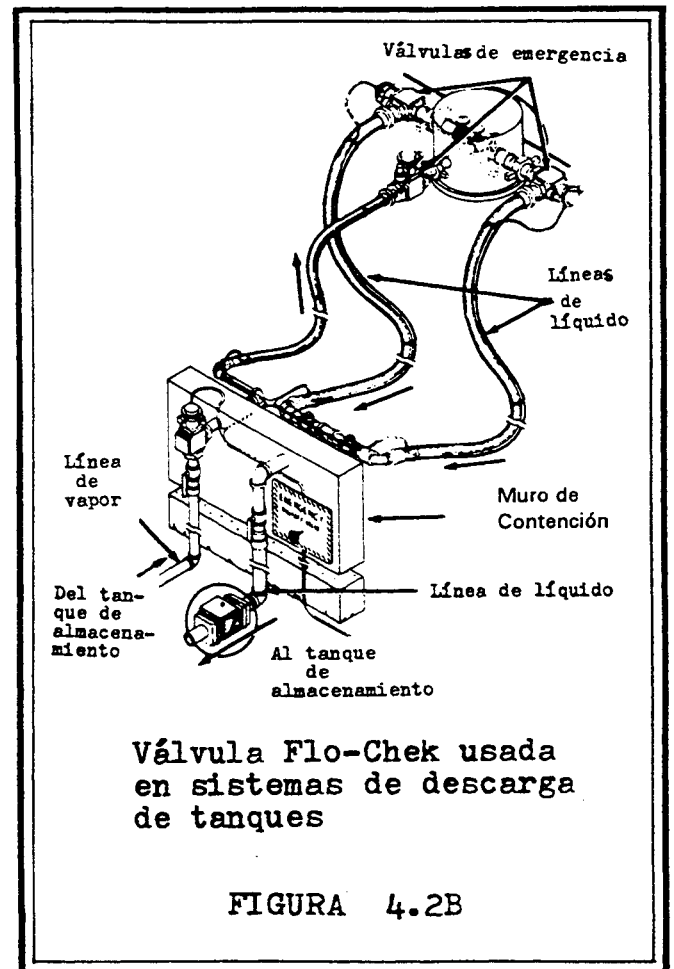
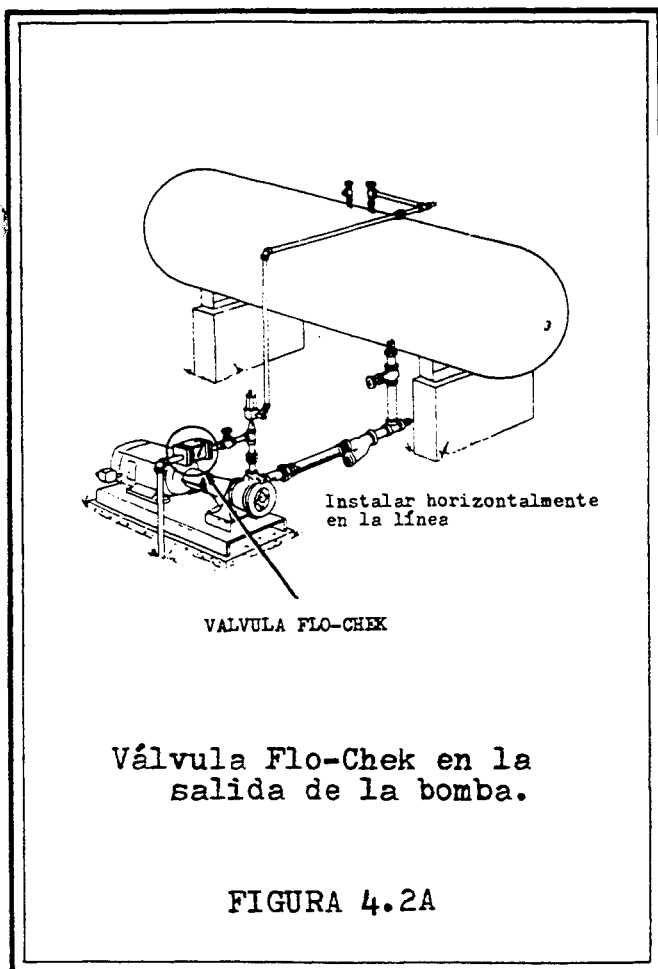
## 4.2 Válvulas Flo-Chek

Las válvulas de retención son parte indispensable en muchos sistemas de bombeo de gas LP. Una válvula de retención es un dispositivo que permite el flujo de líquido en una sola dirección. La mayoría de estas válvulas se utilizan en dos tipos de aplicación en los sistemas de bombeo de gas LP.

1) En bombas con largas líneas de descarga, debe instalarse una válvula de retención, como se muestra en la Figura 4.2A. Esto evita que el vapor formado en dicha línea desplace al líquido de la bomba. La bomba se ceba más rápidamente cuando está llena con líquido que cuando lo está con vapor.

2) En sistemas de descarga de carros tanque, debe usarse una válvula de retención en la línea de entrada de líquido cerca del muro de contención (ver Figura 4.2B). Si la manguera en dichas líneas de líquido se rompe, la dirección del flujo se invierte. Ante un cambio en la dirección del flujo, la válvula de retención se cierra, y detiene el flujo de gas desde el tanque de almacenamiento hacia la atmósfera.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Para más información sobre válvulas de emergencia, ver el capítulo 9 de "LP-Gas Transfer Systems and Equipment", publicado por la National LP Gas Association, 1301 West 22nd St., Oakbrook, Ill. 60521.

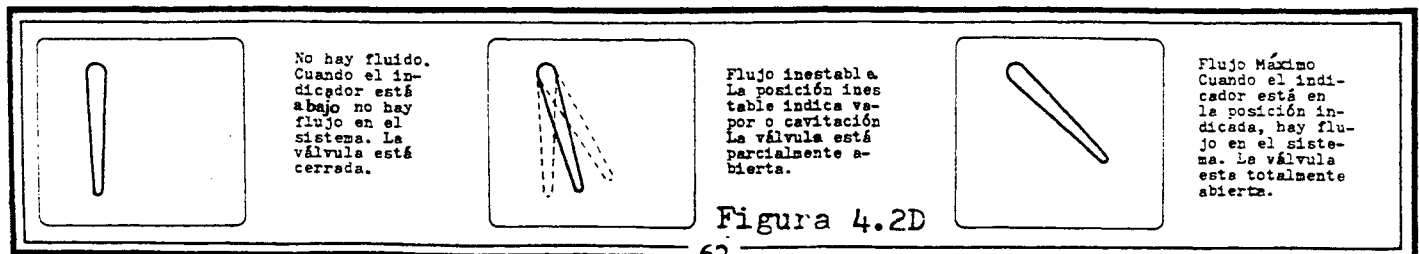
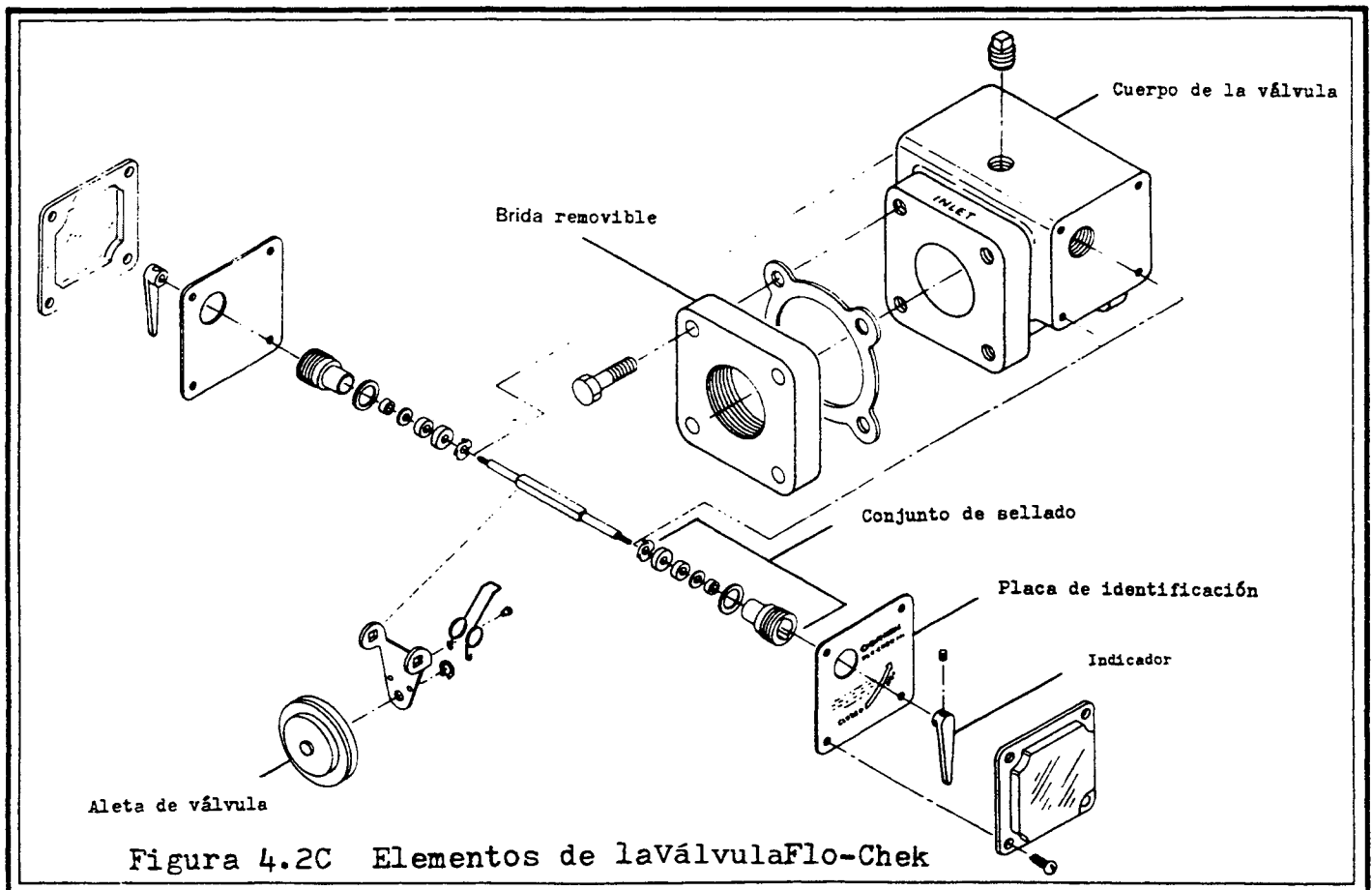


La válvula de retención fabricada por CORKEN, denominada Flo-Chek, contiene además un dispositivo indicador de flujo. La Figura 4.2C muestra los detalles de la válvula. El indicador externo está conectado a la aleta de la válvula, a través de una unidad de sellado. La posición del indicador le permite al operador determinar las condiciones del flujo. Si el indicador apunta verticalmente hacia abajo, la válvula está cerrada y no hay flujo. Si el indicador oscila, la válvula está parcialmente abierta, y el flujo es errático. Si el indicador está a 45° a la derecha y no está oscilando, la válvula está totalmente abierta.

La válvula Flo-Chek tiene dos ventajas importantes sobre las demás válvulas de retención:

- 1) El operador puede darse cuenta cuando la operación de trasiego ha finalizado, tan sólo con observar el indicador.
- 2) Las condiciones del flujo señaladas por el indicador pueden ser muy útiles para detectar y resolver problemas con el sistema de trasiego.

CORKEN fabrica la válvula Flo-Chek en tamaños que van desde 1-1/4" hasta 4". Estos tamaños corresponden al rango total de las bombas CORKEN.



**APENDICE "A"**  
**DATOS DEL GAS LICUADO**

GAS <small>N=Constante adiabática MW= Peso Molecular CP= Centi poises</small>	'N'	MW	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL LIQUIDO (Agua= 1)	VISCOSIDAD DEL LIQUIDO CP @ F	MATERIAL A USAR HCA ENVT
Amoniaco anhidro NH <sub>3</sub>	1.31	17.0	0.62	.2 @86	AXA AXAA
Butadieno C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	1.12	54.1	0.63	.15@60	AAA ABAA
1- Buteno C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	1.10	56.1	0.60		
N-Butano C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1.09	58.1	0.58	.2 @60	AAA ABAA
Bióxido de Carbono CO <sub>2</sub>	1.28	44.0	0.82	.13@0	AAA ABXA
Cloro CL <sub>2</sub>	1.36	70.8	1.40	.4 @32	AXX XXXA
Dimetilamina DMA	1.15	45.1	0.65	.19@77	AXX XBBA
Eter Dimetilico EDM	1.11	46.1	0.63	.3@100	AAA XXAA
Etano C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1.19	30.1	0.37		AAA AAAA
Cloruro de etilo C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CL	1.19	64.5	0.92	.8 @60	AAA AXAA
Etileno/Eteno C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.22	28.1	0.57		AXX XXXA
Óxido de etileno C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	1.20	44.1	0.87	.3 @32	BXX XXXA
Cloruro de hidrógeno HCl *	1.40	36.5	1.05		AXX XXXA
Sulfuro de hidrógeno H <sub>2</sub> S	1.32	34.1	0.99		AXB XXXA
Isobutano	1.09	58.1	0.56	.2 @60	AA ABXA
Isobutileno	1.10	56.1	0.60		AX XXAA
Isopentano	1.07	72.2	0.72	.2 @68	AX XXA
Metil-Acetileno-			0.56	.1 @77	AXA XBAA
Propadieno MAPP					
Cloruro de metilo CH <sub>3</sub> CL *	1.28	50.5	0.94	.2 @86	AAX XXAA
Monoetilamina		45.1	0.68		AXX XXXA
Monometilamina MMA	1.20	31.1	0.66		AXX XXXA
N-Pentano C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1.07	75.2	0.63	.2 @68	AXX AXAA
Propano C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.13	44.1	0.51	.1 @68	AAA AAAA
Propileno/Propeno C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1.15	42.1	0.52		AXX XXAA
Gases refrigerantes :					
R11 (MF)	1.11	137.4	1.50	.4 @86	AAA AXAA
R12	1.14	120.9	1.35	.2 @86	AAA AXAA
R13	1.17	104.5	0.94	.4 @95	AAA AAAA
R21	1.18	102.9	1.42	.4 @77	
R22	1.18	86.5	1.23	.2 @86	AAA XAXA
R112 (BF)		204.0	1.59	1.2@77	AAA A AA
R113 (TF)	1.09	187.4	1.59	.6 @86	AAA AXAA
R114	1.08	107.9	1.49	.4 @86	AAA AAAA
R115	1.08	154.5	1.25	.3 @77	AAA BAAA
R1301/R13B1 Halon	1.18	149.0	1.42	.2 @77	AAA AXAA
R502	1.13	111.6	1.24	.2 @80	AAA AXAA
Bióxido de azufre SO <sub>2</sub> **	1.29	64.1	1.39	.3 @86	ABB BBBA
Hexafluoruro de azufre SF <sub>6</sub>	1.07	146.1	1.37	.35@70	AAA AXAA
Trimetilamina TMA	1.18	59.1	0.62	.2 @77	
Cloruro de vinilo VCM CH <sub>2</sub> CHCl	1.18	62.5	0.91	.2	AXX XBAA

\* Debe considerarse el uso de vástago del pistón de óxido de cromo  
\*\* Deben usarse anillos "O" de Etileno-Propileno

H- Hierro  
C- Cobre  
A- Aluminio

B- Buna N  
N- Neopreno  
V- Vitón  
T- Teflón

A- Bueno  
B- Aceptable  
X- No usar

APENDICE B  
Presión del vapor aproximada (PSIA)

TEMPERATURA		°C	-29	-23	-18	-12	-7	-1	4	10	16	21	27	32	38	43	
		°F	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Amoníaco Anhidro	NH <sub>3</sub>		18	24	30	39	48	60	73	89	108	129	153	181	212	247	
Butadieno	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>		5	7	9	11	13	17	20	25	30	36	43	51	59	69	
1-Buteno	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>						15	18	22	27	32	38	45	53	62	72	
N-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>						15	17	21	26	31	37	44	52	61		
Bióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>		215	257	306	360	422	491									
Cloro	Cl <sub>2</sub>		18	23	29	35	43	51	61	73	85	100	117	135	157	178	
Dimetilamina	DMA							10	13	17	21	26	31	38	45	52	
Eter dimetilico	DME		12	16	20	25	30	37	46	55	65	77	90	105	121	140	
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>		160	188	220	255	294	337	385	438	494						
Cloruro de etilo	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl							8	11	13	17	21	25	30	36	42	
Etileno/ eteno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>		290	335	385	445	510										
Oxide de Etileno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O									15	18	22	27	32	39	46	
Cloruro de Hidrógeno	HCl		155	186	221	260	304	358	407	475							
Sulfuro de Hidrógeno	H <sub>2</sub> S		54	66	80	96	116	138	162	172	223	258	278	340	385	438	
Isobutano					12	15	18	22	27	32	38	45	53	62	73	84	
Isobutileno				9	12	15	18	22	27	33	39	46	54	64	74		
Isopentano													15		20		
Metil-Acetileno- Propadieno	MAPP											109					
Cloruro de metilo	CH <sub>3</sub> Cl		12	15	19	24	29	36	43	52	62	73	86	100	117	135	
Monoetilamina									9	11	14	17	21	26	33	39	
Monometilamina	MMA		5	6	9	11	15	19	24	29	36	44	53	64	76	90	
N- Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>																
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>		25	31	38	46	55	66	78	92	107	124	144	165	189	215	
Propileno/propeno	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>		32	39	48	58	73	82	97	113	131	152	175	200	228	258	
Gases refrigerantes:																	
R11	(MF)								7	9	11	13	16	20	24	28	
R12			15	19	24	29	36	43	52	61	72	85	99	114	132	151	
R13			126	149	177	205	240	278	320	366	417	473					
R21							8	10	12	15	19	23	28	34	40	47	
R22			25	31	39	48	58	70	84	99	117	137	160	185	213	243	
R112	(BF)	Bulle a 199° F (93° C)															
R113	(TF)													7	9	11	13
R114					8	10	12	15	19	23	28	33	39	46	54		
R115			22	28	34	42	51	61	73	86	101	118	137	155	181	210	
R1301/R13B1	HALON		49	59	71	84	100	117	137	160	185	211	242	275	312	355	
R502			30	36	46	56	67	80	95	112	130	152	175	200	230	260	
Bióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>		6	8	10	13	17	21	27	33	40	49	59	71	84	99	
Hexafluoruro de Azufre	SF <sub>6</sub>		79	97	110	130	150	180	208	245	288	325	370	410	465	505	
Trimetilamina	TMA							12	16	19	23	28	33	39	46	54	
Cloruro de Vinilo	VCM																
CH <sub>2</sub> :CHCl					16	19	23	28	34	40	48	56	65	76	88		

---

---

CONSEJOS PRACTICOS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE  
LAS BOMBAS CORO-FLO INSTALADAS SOBRE TANQUES BAJO TIERRA, O  
EN TANQUES CON FUNDACIONES BAJAS

La Bomba de Turbina Regeneradora Coro-Flo, de CORKEN tiene una reconocida reputación entre las bombas para llenado de cilindros. Sin embargo, en algunas aplicaciones de bombeo bajo tierra, ha adquirido una innmerecida reputación de bloquearse debido a la presencia de vapor, en sistemas en donde las bombas de aspas deslizantes no se bloquean.

La Bomba de Turbina Regeneradora Coro-Flo ofrece varias ventajas sobre las bombas de aspas deslizantes, en líneas bajo tierra. El líquido del gas LP bombeado desde un tanque bajo tierra, está ya en ebullición al momento de entrar a la bomba. De hecho, la bomba debe tratar con una mezcla líquido-vapor aún antes de cebarla. El vapor posee pobres características como fluido de enfriamiento y de lubricación si se le compara con el líquido. De manera que más vapor significa que habrá mayor desgaste en las superficies de fricción de la bomba. La Bomba Coro-Flo reduce estas superficies de fricción a un simple sello mecánico, lo cual le da una ventaja decisiva sobre las bombas de aspas deslizantes. Además, la Bomba Coro-Flo es más silenciosa que las bombas de aspas en la mayoría de las frecuencias audibles.

La principal ventaja de una bomba de aspas deslizantes sobre una de turbina regeneradora es su capacidad para evacuar vapor de la línea de succión, aun contra una presión relativamente alta en la línea de descarga (de hecho, las bombas de aspas deslizantes pueden emplearse como compresores). Las bombas de turbina regeneradora sólo pueden mover vapor en contra de diferencias de presión relativamente bajas.

Afortunadamente, no hay absolutamente ninguna razón que determine que una bomba para gas LP, sobre un tanque bajo tierra, deba funcionar además como un compresor de gas. De hecho, cualquier aplicación que obligue a la bomba a funcionar como compresor, dará por resultado un daño innecesario a la bomba.

Cada vez que un sistema de bombeo bajo tierra comienza a funcionar debe cebarse la bomba. O sea, debe evacuarse el vapor en la succión, desde el nivel del líquido en el tanque, hasta la entrada de la bomba. Un sistema bien diseñado sólo requerirá que la bomba establezca una leve presión sobre el vapor, para empujarlo de vuelta hacia el espacio de vapor del tanque bajo tierra. En sistemas bien diseñados, la bomba Coro-Flo tiene un desempeño superior. Los consejos prácticos para mejorar al máximo el desempeño de los sistemas de bombeo bajo tierra pueden dividirse en dos grupos:

- Consejos para reducir al mínimo el volumen de vapor que debe evacuarse, para lograr un cebado rápido.
- Consejos para reducir al mínimo la diferencia de presión que debe vencer la bomba, a fin de empujar el vapor en la línea de succión, de vuelta hacia el espacio de vapor del tanque bajo tierra.

Los consejos para reducir al mínimo el volumen de vapor que debe evacuarse son:

- A) La línea de succión debe ser lo más corta posible (alrededor de 5 pies para tanques de 1000 gals., y de 10 pies para tanques de 6000 gals.). Para tanques de 1000 gals., use los modelos 9, 10, 12 ó 15 para tanques de 6000 gals., use los modelos 13 ó 14.<sup>1</sup> Esto no solamente reduce el volumen de vapor que debe evacuarse, sino que además mantiene en un rango razonable la cantidad de vapor que la bomba debe manipular después del cebado.

---

<sup>1</sup> Estos datos están basados en ensayos en el campo, efectuados en instalaciones de nuestros clientes.

---

---

A pesar de que las bombas de aspas deslizantes tienden a generar mayor succión que las bombas de turbina, a medida que aumenta la profundidad, estas operan man tiempo como compresores que como bombas de líquido. Si se opera cualquier bomba para líquido de gas LP como un compresor de vapor, el resultado será una menor capacidad, un desgaste acelerado, y una vida útil muy corta. En aquellos casos en donde pueda utilizarse una línea de retorno de vapor, pueden usarse compresores de gas LP en vez de las bombas, para permitir el trasiego de líquido desde mayores profundidades.

- B) No entierre el tanque a más de 1 pie de profundidad.
- C) Ubique la bomba directamente sobre el tanque, y lo más cercano posible al suelo. Para mejores resultados, gire la bomba 90° (acuéstela) de manera que no haya codos en la línea de succión (ver Figura A).
- D) Use tubería de succión de 3/4" para los modelos 9, 10 y 15; 1" para el modelo 12; y 1-1/4" para los modelos 13 y 14.
- E) Elimine el filtro de succión (la gravedad puede encargarse de este trabajo). El filtro produce una caída de presión, lo cual causa una expansión del vapor antes de llegar a la bomba. También causa una mayor formación de vapor durante la operación normal, después del cebado de la bomba.

Consejos para reducir al mínimo la diferencia de presión que se requiere para evacuar la línea de succión:

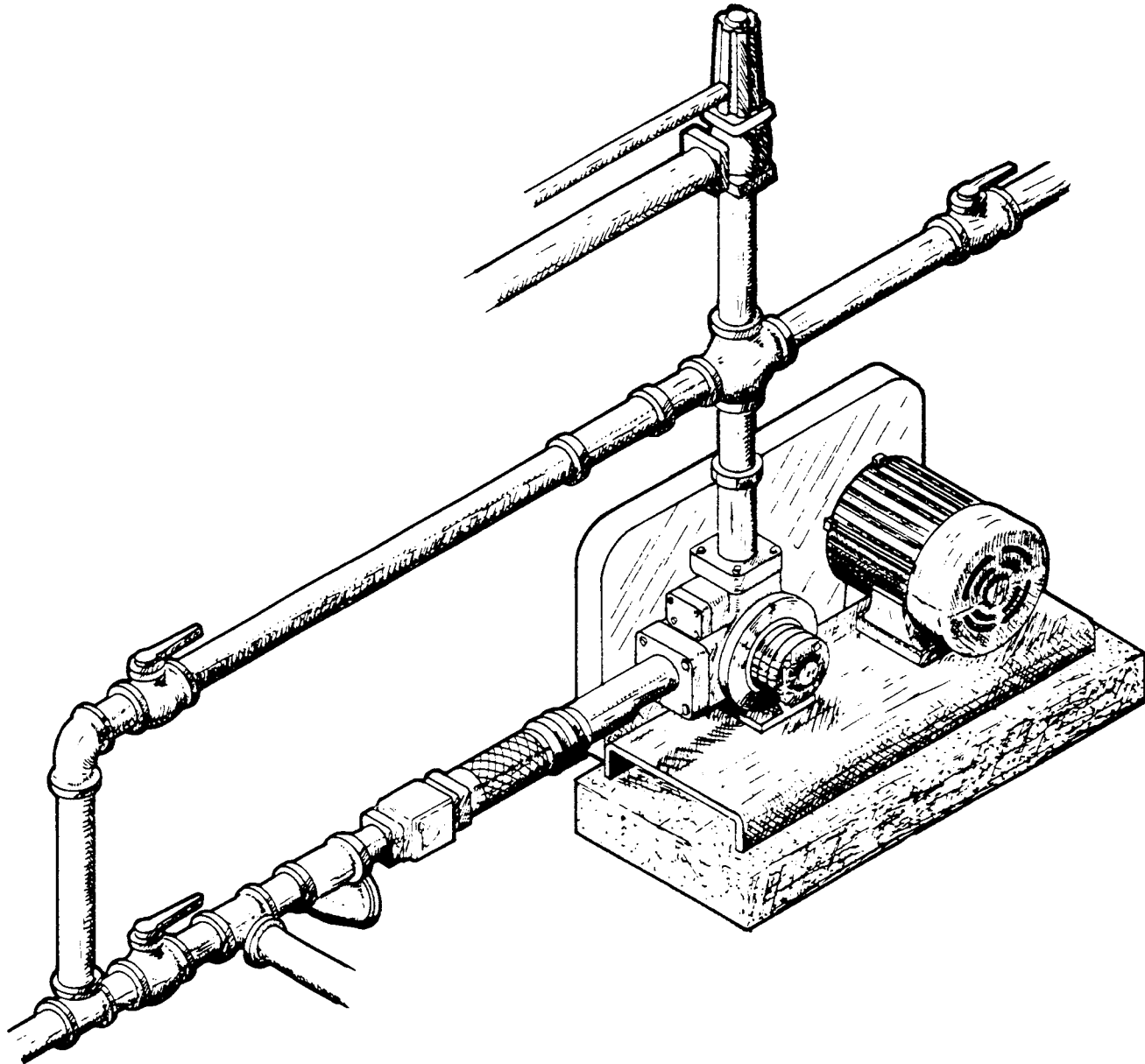
- F) Instale una válvula de retención en la línea de descarga como se indica en la Figura A. Esto es especialmente importante si la línea de descarga tiene más de 20 pies. La válvula de retención aísla la descarga, durante el cebado. En los días cálidos, la presión en la tubería sobre el nivel del suelo, cuando no está aislada, puede exceder grandemente a la presión en la tubería subterránea. La válvula de retención, como ya hemos señalado, permite aislar esta zona de alta presión, **para que no interfiera con el cebado de la bomba y a la vez evita que la bomba tenga que actuar además como un compresor de gas.** Asegúrese de usar una válvula de retención de asiento suave, que forme un sello hermético al cerrar (tal como la válvula Flo-Chek, de CORKEN).
- G) Instale una válvula de exceso de flujo, como se muestra en la Figura A (Rego 901H5 o equivalente). Esto le proporciona al vapor, durante el cebado, una línea de retorno corta al tanque, con una baja caída de presión. La válvula se cierra tan pronto como el flujo de líquido exceda los 3 GPM.
- H) Use una válvula de desvío continuo del tipo B166. Esta válvula dirige de vuelta hacia el tanque a la mayor parte del vapor presente en la línea de descarga después que ha finalizado la operación de cebado. Esto reduce la posibilidad de que el vapor presente en la línea de descarga cree un flujo inestable.
- I) Dirija el vapor proveniente del eliminador de vapor (del medidor de líquidos) directamente de vuelta hacia el tanque, no hacia las líneas de retorno. En las líneas de retorno, la presión tiene un cierto valor, que puede ser mayor al del eliminador de vapor. Esto obstruiría la operación correcta del eliminador de vapor.
- J) Reduzca al mínimo el número de codos y accesorios en las líneas de succión y de retorno. También en dichas líneas use únicamente válvulas de bola, de flujo completo.
- K) Use una válvula de exceso de flujo en vez de una válvula de retención en la entrada de la línea de retorno hacia el tanque subterráneo (esta es una buena práctica en cualquier sistema, pero es de particular importancia en sistemas bajo tierra).

Los consejos desde F hasta K también pueden aplicarse a tanques sobre el nivel del suelo, en donde la carga de succión sea cero o muy baja, con el fin de evitar el bloqueo en la bomba debido al vapor. También, algunos sistemas tienen una válvula de interrupción automática del flujo entre la bomba y el tanque de alimentación. Estas bombas deberán estar controladas, de manera que las válvulas de interrupción automática de flujo se abran unos 15 segundos



MANUAL DE DISEÑO  
INSTALACION DE BOMBAS PARA GAS LICUADO

Noviembre 1983  
Replaza 2400



# **CORKEN**

**CORKEN, INC. Una Unidad de la Corporación IDEX**

P. O. Box 12338, Oklahoma City, OK. 73157  
3805 N.W. 36th St., 73112 • Fax (405) 948-7343  
Phone (405) 946-5576 • Telex 262513 Corkn Ur



## UTILIZACION DE BOMBAS PARA TRASEGAR GAS LP

De entre los cientos de fabricantes de bombas en los Estados Unidos, tan sólo un puñado recomienda sus equipos para el trasiego de gas licuado. Hay varias razones para esto, pero el problema básico tiene que ver con las características del gas licuado. Lo peculiar del gas licuado es que usualmente, es almacenado en su punto de ebullición...¡exactamente en su punto de ebullición! Esto significa que cualquier disminución en la presión, no importa que tan leve sea, o cualquier incremento en la temperatura, no importa que tan pequeño sea, ocasiona que el líquido comience a hervir. El desempeño de la bomba se verá seriamente afectado si cualquiera de estas dos cosas sucede en la tubería de entrada a la bomba. La capacidad de la bomba podría disminuir drásticamente, podría ocurrir un severo desgaste en el interior de la bomba, y el sello mecánico y la bomba misma podrían funcionar completamente en seco, produciendo un desgaste y escape de gas sumamente peligrosos.

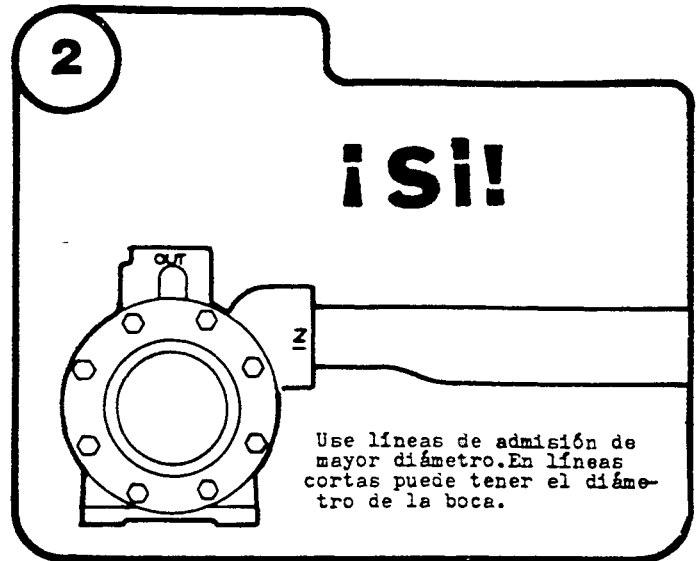
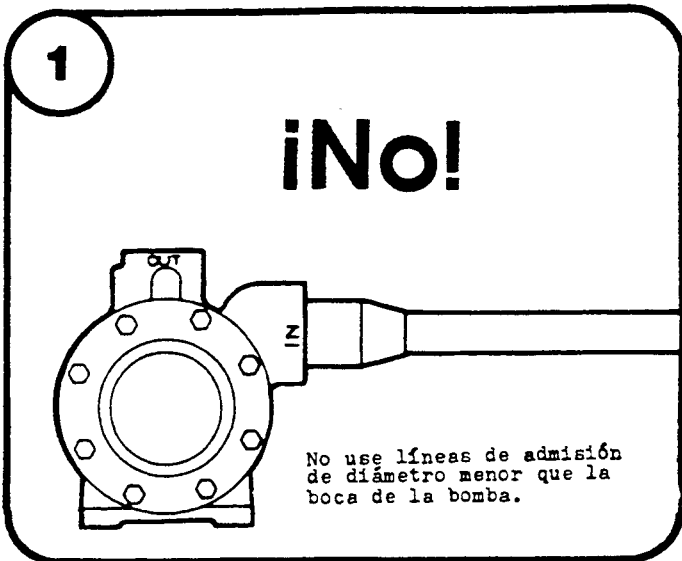
Aun cuando no podemos cambiar la naturaleza del gas licuado, hay muchas cosas que podemos y debemos hacer, para diseñar un sistema aceptable para el bombeo de gas licuado.

En las ilustraciones que veremos a continuación se han incorporado muchos de estos detalles de diseño. Ud. notará que cada dibujo está simplificado al máximo, e ilustran un solo principio. Los accesorios normales, filtros, uniones, líneas flexibles, válvulas, etc., se han omitido, de manera que sólo se muestra la porción de la instalación que corresponde al problema que se está analizando. ¡NO INSTALE LA TUBERIA DE UNA PLANTA, BASADO EN ESTAS ILUSTRACIONES INCOMPLETAS! Ud. también notará que todas estas reglas pueden ser infringidas hasta cierto grado, y aún así, tener un sistema de bombeo que funcione. También podría Ud. ver muchos lugares en su planta que difieren de algunas de las ilustraciones en este folleto. Sin embargo, es conveniente que Ud. sepa que cada violación a estas normas reduce la eficiencia del bombeo, y aumenta el costo de mantenimiento de la bomba. Estos principios se aplican a todos los estilos de bombas de gas licuado, de cualquier fabricante ... rotatoria de desplazamiento positivo, turbina regeneradora, y también las centrífugas.

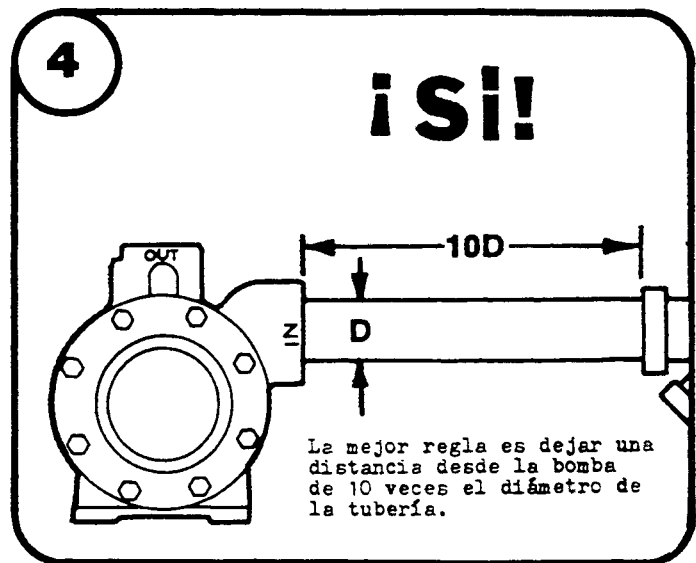
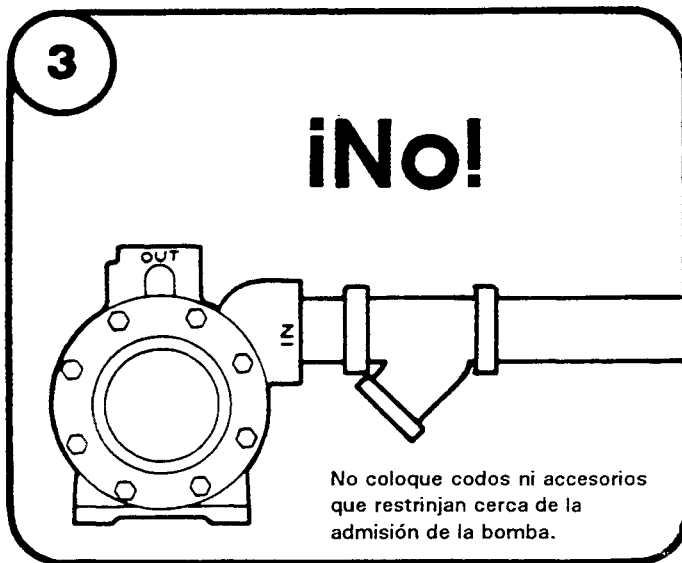
Este folleto se utiliza en CORKEN TRAINING SCHOOLS (Escuelas de Capacitación CORKEN). CORKEN coopera con los distribuidores de gas, asociaciones del ramo, y otros grupos, conduciendo programas de capacitación completos, para personas involucradas en el trasiego de gas licuado. Estas presentaciones incluyen información de los productos, seguridad, diseño de plantas, y mantenimiento y servicio de equipos. CORKEN también dispone de diapositivas y cassettes. En varias secciones de su catálogo CORKEN, se dispone de más información al respecto.

### ADVERTENCIA

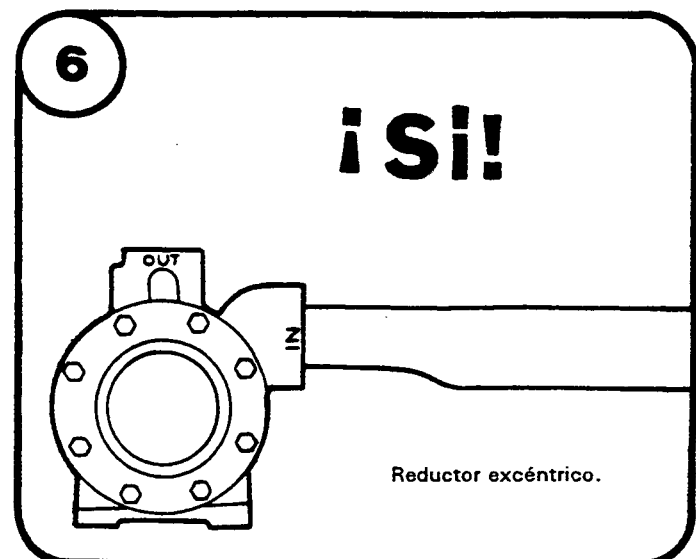
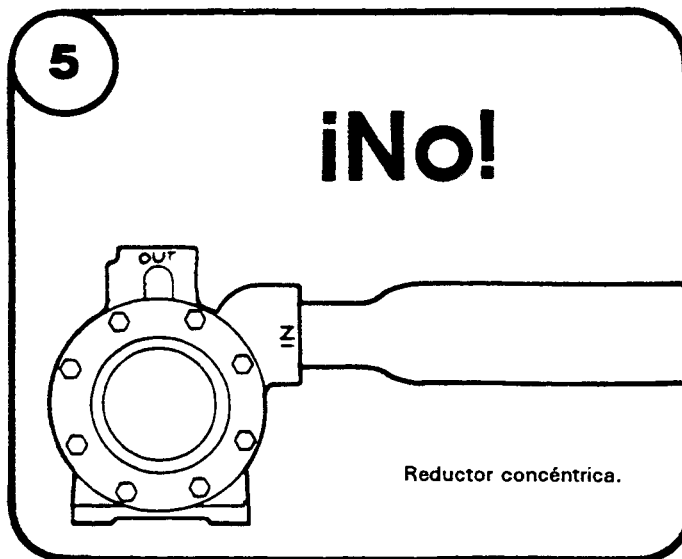
(1) Es esencial la inspección periódica y mantenimiento de los productos CORKEN. (2) La inspección, mantenimiento e instalación de los productos CORKEN deben ser realizadas únicamente por personal experimentado, calificado, y con la debida capacitación. (3) El mantenimiento, uso e instalación de los productos CORKEN debe cumplir con las instrucciones de CORKEN, las leyes aplicables y los reglamentos de seguridad (tales como el folleto Núm. 58 del NFPA para gas LP, y el ANSI K 61.1 - 1972 para Amoníaco Anhidro). (4) El trasiego de sustancias tóxicas, peligrosas, inflamables o explosivas, utilizando productos CORKEN, es a riesgo del usuario, y el equipo debe ser operado únicamente por personal calificado, y de acuerdo a las leyes aplicables y a los reglamentos de seguridad.



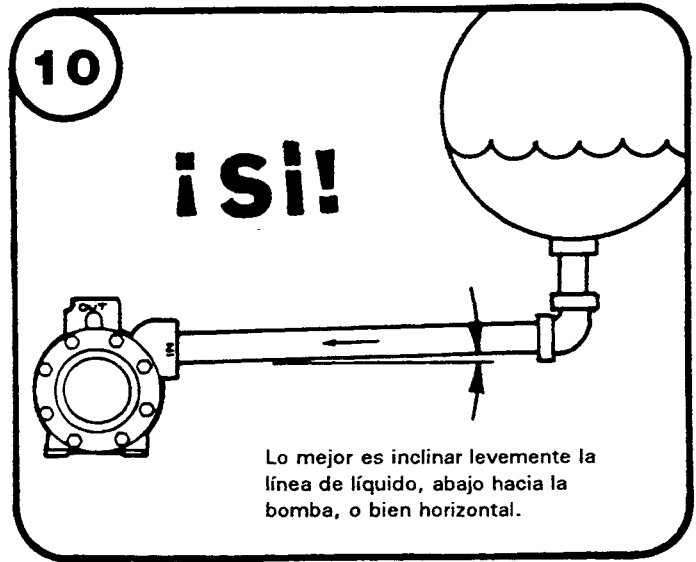
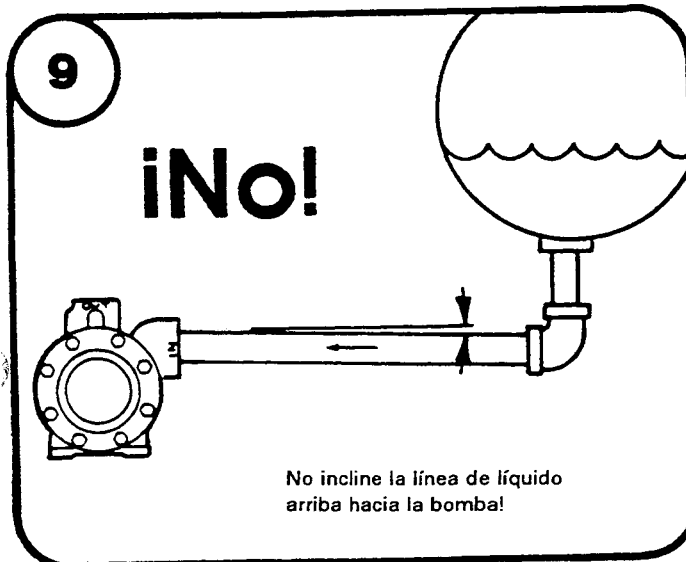
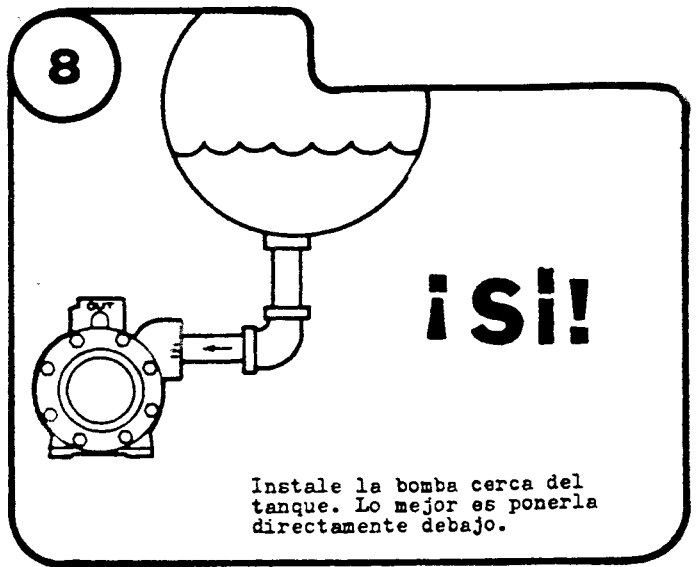
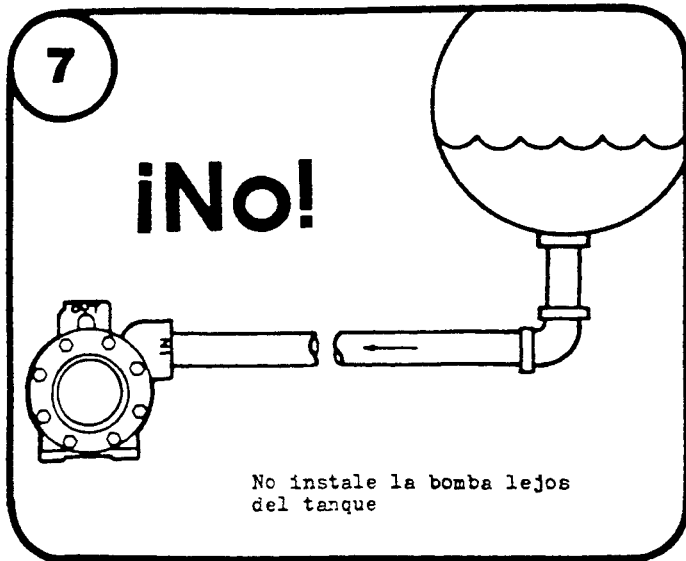
La caída de presión por restricciones en la línea de succión, produce evaporación y cavitación



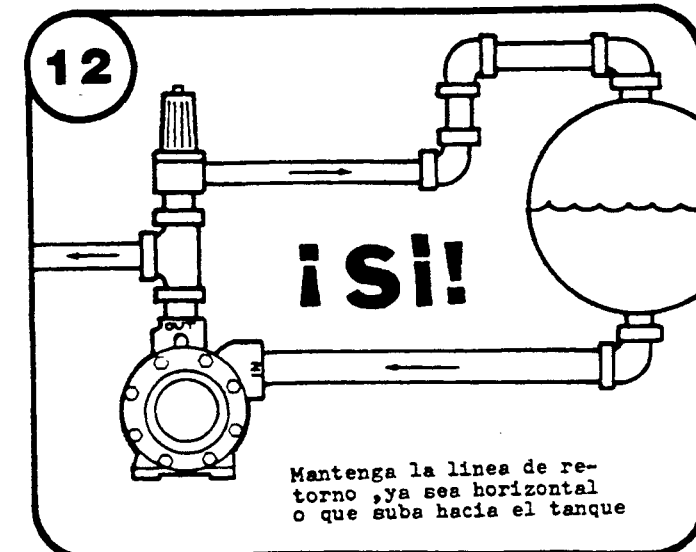
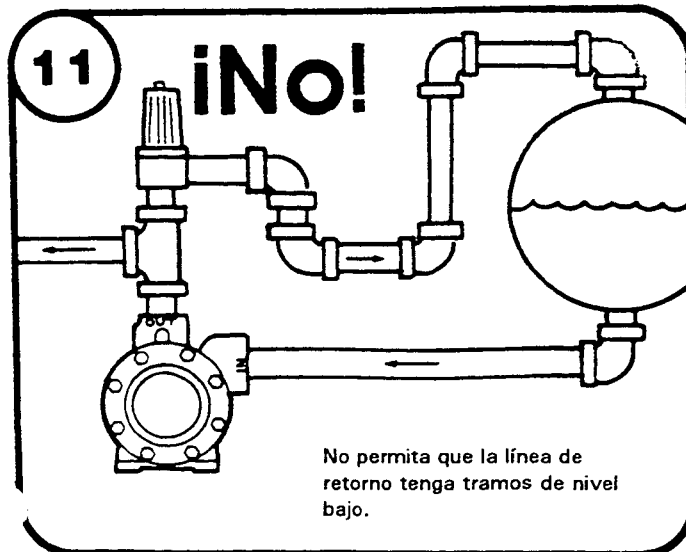
La turbulencia debida a interferencias en el flujo cerca de la bomba, acentúa la incipiente cavitación



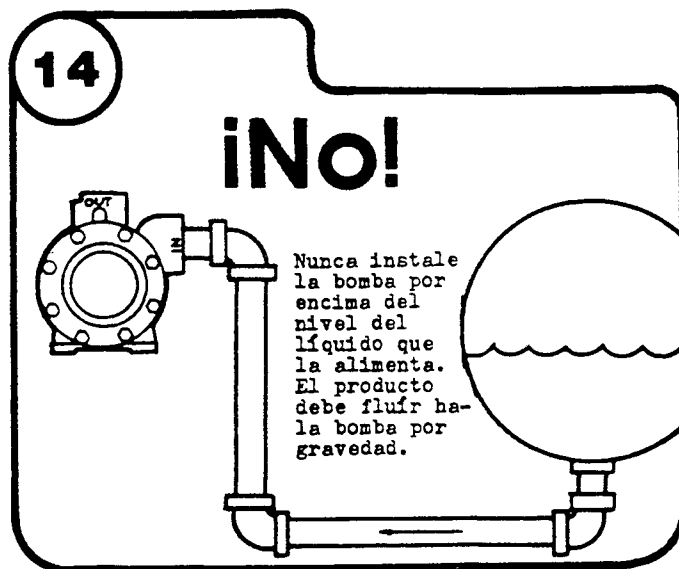
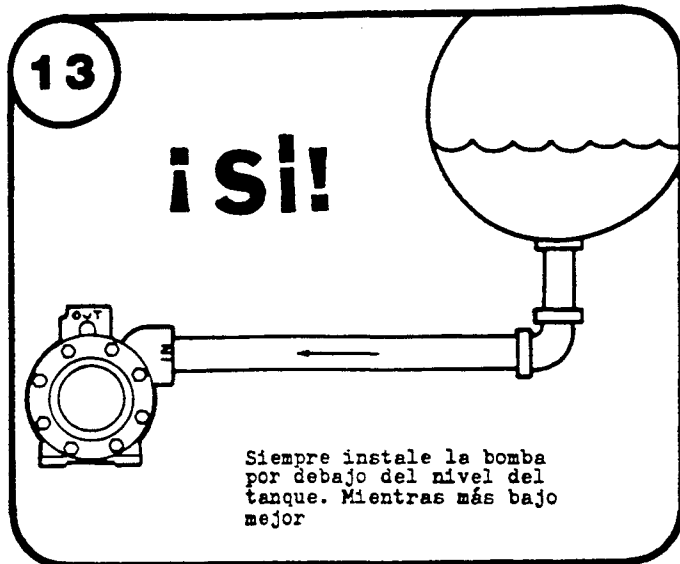
Siempre que vaya a reducirse el diámetro de la entrada de la bomba, y que además exista posibilidad de formación de vapor durante el bombeo, debe instalarse un reductor excéntrico. La porción superior plana del reductor evita que se acumule vapor, el que podría interferir en el funcionamiento de la bomba.



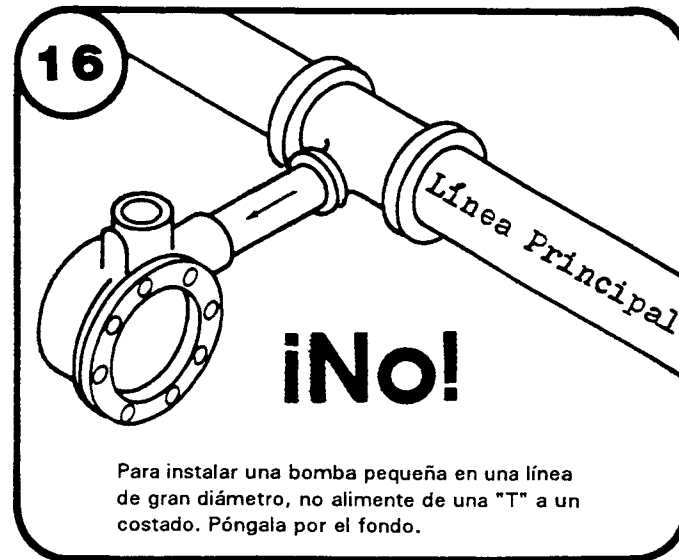
El vapor que se forma en la línea de succión de la bomba puede desplazar al líquido, de modo que la bomba podría comenzar a trabajar en seco. Si la línea de succión tiene una inclinación de tan sólo una o dos pulgadas por cada 10 pies de largo, facilitaría que el vapor se escurra por la línea de retorno al tanque ( por gravedad) y sea remplazado por líquido.



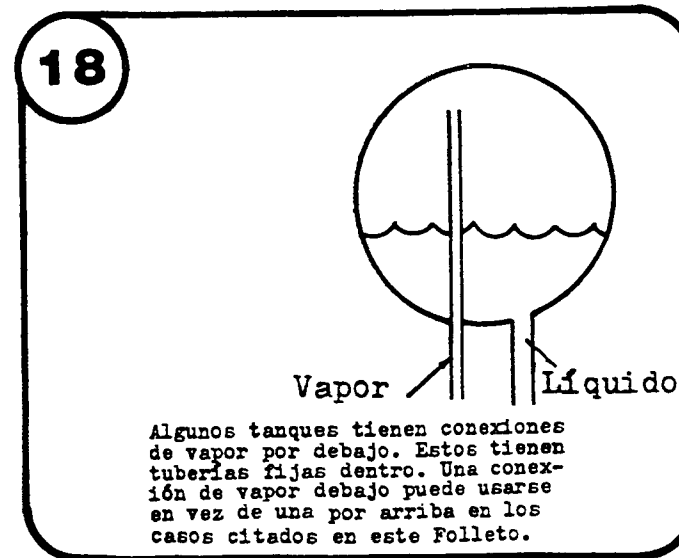
Los puntos bajos de la línea de retorno pueden recoger líquido, que impediría el paso normal del vapor para el cebano de la bomba, del mismo modo que la trampa P en el fregadero de la cocina. Esto no implica ningún problema en las líneas de retorno donde no se requiere la eliminación del vapor.

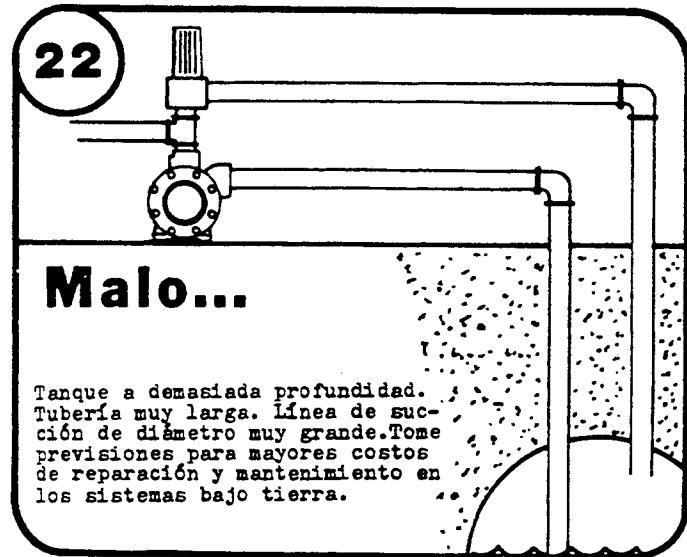
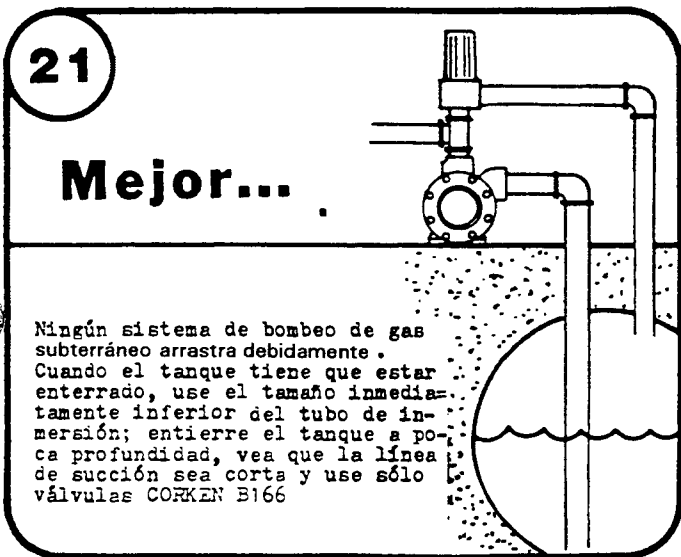
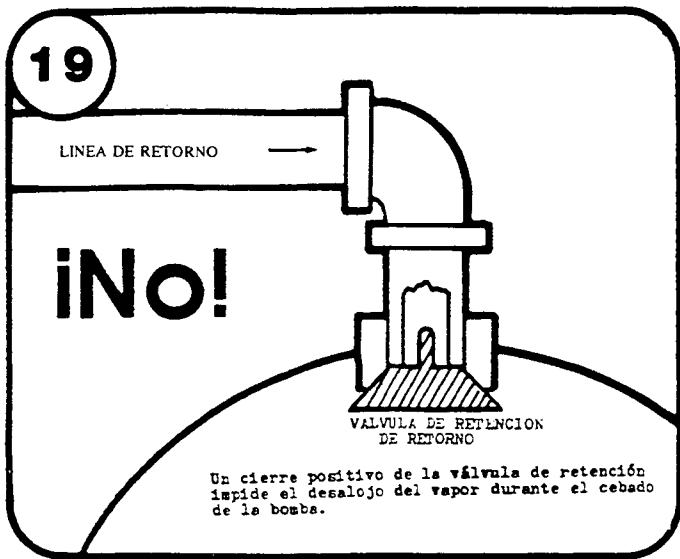


Puesto que el gas licuado ebulle cuando es arrastrado por la succión de la bomba, la alimentación de ésta debe ser por gravedad, para obtener una operación estable, libre de problemas.

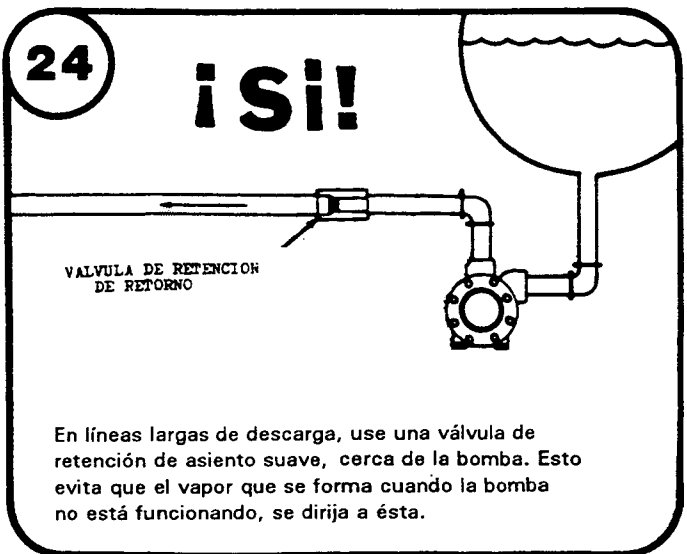
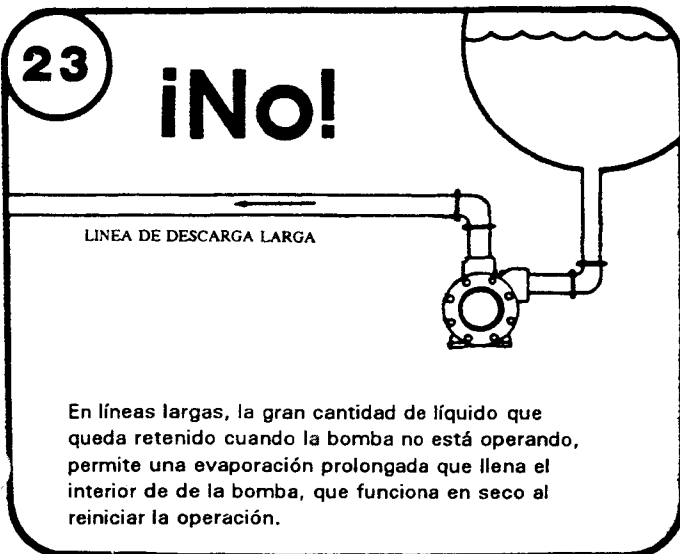


En líneas de gran diámetro un flujo reducido no arrastrará debidamente al vapor, debido a que el líquido no llena la tubería. Los casos (15 y (16) permitirían que ocasionalmente una bomba pequeña succionara el vapor, produciendo un funcionamiento errático. La ilustración (17) muestra una mejor forma de instalar la "T" con posibilidades mejores para una bomba pequeña en una línea grande.



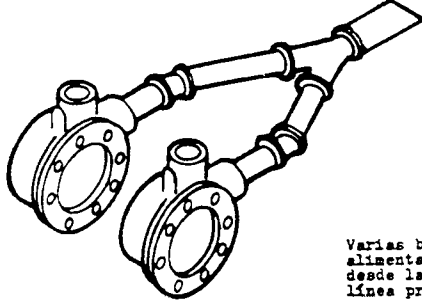


Cuando necesite bombear desde tanques de almacenamiento enterrados, consulte datos de Ingeniería, Pag. Z 402



25

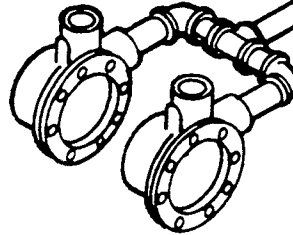
**Bueno...**



Varias bombas alimentadas desde la misma línea principal

26

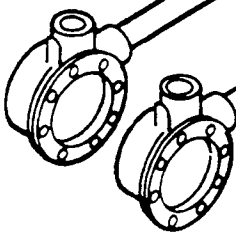
**Aceptable ...**



Bombas operando en paralelo.

27

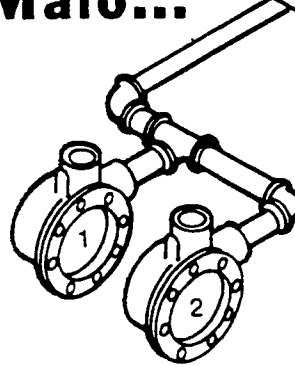
**Lo Mejor..**



Líneas en paralelo para cada bomba.

28

**Malo...**



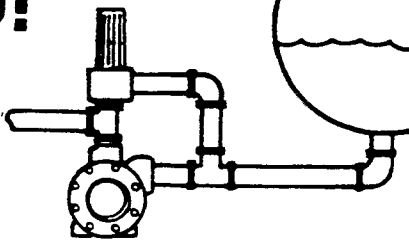
La bomba No. 1 está sub-alimentada por causa de succión tipo Venturi en la "T". Esto sería aceptable sólo donde nunca operen las 2 bombas al mismo tiempo.

Pregunte sobre el conjunto de bombas Serie-Duplex, CORKEN

29

**¡No!**

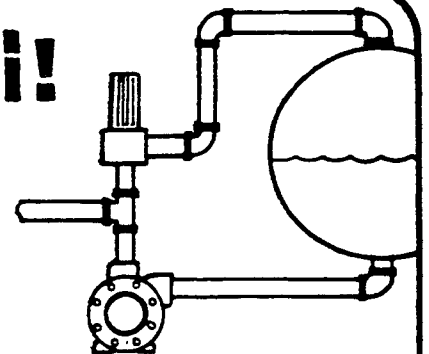
No conecte una línea de derivación de retorno a la línea de succión. El calor acumulando por la recirculación produciría evaporación del líquido, y con ello cavitación que haría funcionar la bomba en seco. Por eso, cuando se trasiega gas licuado, no deben usarse las válvulas de alivio internas. Estas vienen ya incorporadas en muchas bombas. Dicha válvula interna debe considerarse como un mecanismo de seguridad, adicional al de las líneas de retorno al tanque. Ajuste la para 10 a 20 PSI superiores a los de la línea de retorno. Algunas válvulas de desvío internas pueden conectarse de vuelta al tanque. Verifique esto con el Fabricante de la bomba.



30

**¡Si!**

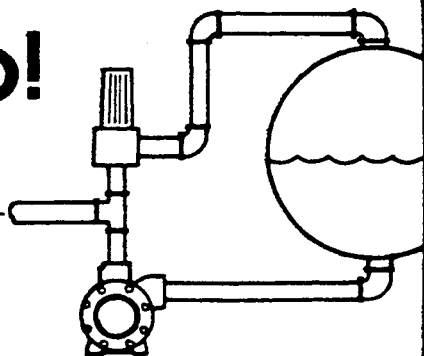
Instale siempre la línea de retorno al tanque. Asegúrese de que la línea de retorno tenga el diámetro adecuado como para poder bombear a flujo máximo sin que la presión aumente excesivamente. Asegúrese de que la línea de retorno sea capaz de transportar el flujo a la máxima capacidad de la bomba, sin que la presión aumente excesivamente. Un incremento de presión muy alto puede causar chirridos y vibraciones en la válvula.



31

**¡No!**

AL  
EVAPORIZADOR

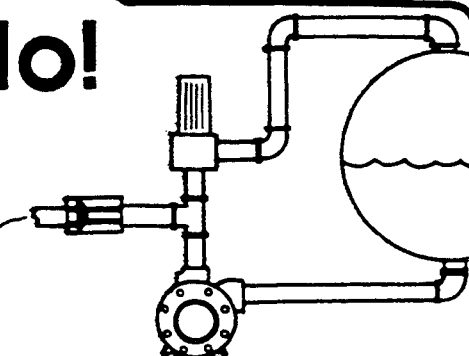


En las bombas que alimentan un evaporador debe instalarse una válvula de retención entre la bomba y el evaporador, para evitar que haya flujo de vapor en contra, hacia la bomba.

32

**¡No!**

AL  
EVAPORIZADOR

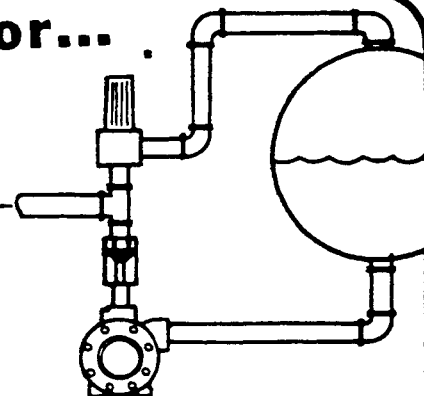


La válvula de retención debe localizarse de manera que permita el flujo contrario desde el evaporador hacia el tanque.

33

**Mejor...**

AL  
EVAPORIZADOR

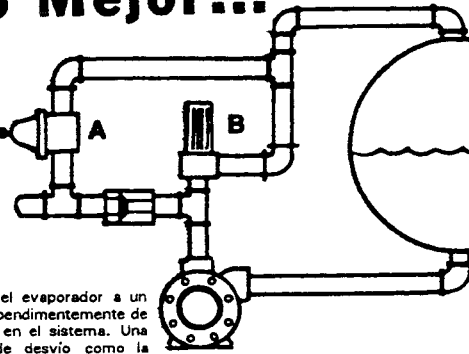


La válvula de retención protege la bomba, pero permite el flujo de retroceso a través de la línea de retorno, hacia el tanque de almacenamiento. EMPLEE VALVULA DE RETENCION SIN RESORTE, PARA PERMITIR UNA NORMAL ELIMINACION DE VAPOR.

34

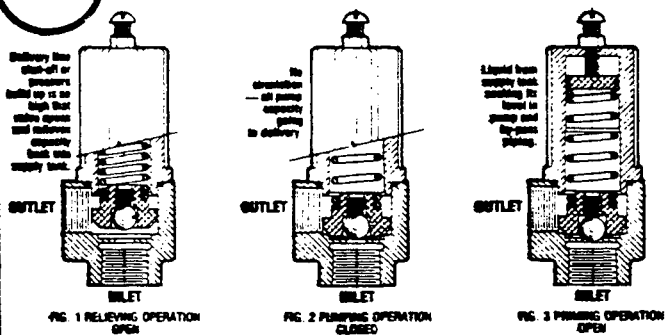
**Lo Mejor...**

"A" es una válvula de control del tipo presión constante. "B" es una válvula CORKEN B 166 para líneas y para eliminación de vapor. "A" es para líneas, tipo de presión fija, como la Fisher 98H, que limita la presión en el evaporador a un valor específico, independientemente de la presión del vapor en el sistema. Una válvula diferencial de desvío como la CORKEN B166, T166 o B177 controla la diferencia fija de presiones entre la bomba y el tanque. La válvula "B" debe fijarse a la máxima diferencia de presión aceptable por la bomba, mientras que la válvula "A" se fija a la presión requerida por el evaporador.



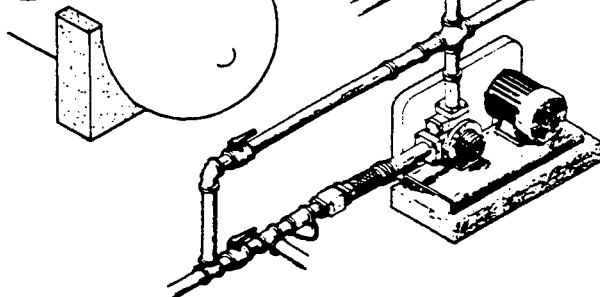
35

FUNCIONES DE LA VALVULA CORKEN DE DERIVACION B 166



PARA BOMBAS DE CAPACIDAD POR DEBAJO DE 100 GALONES POR MINUTO USE UNA VALVULA DE DESVIO CON MECANISMO INCORPORADO PARA LA ELIMINACION DEL VAPOR, SIEMPRE QUE SEA POSIBLE, COMO LA CORKEN B166 O LA T166. (Ver Fig 2.7B, pa g. 25)

36



Algunas válvulas de desvío, como la B177 de Corken, requieren líneas de detección de la presión en el tanque. Lea las instrucciones para su válvula.

**RESUMEN**

1. Reduzca pérdidas de presión en la línea de succión. La caída de presión aumenta la vaporización, que, a su vez, disminuye la eficiencia de la bomba y aumenta el mantenimiento.
2. Evite instalar trampas de vapor en línea de succión de la bomba, y trampas de líquido en las líneas de retorno. Bolsas de vapor en la entrada de la bomba causan mal funcionamiento de ésta; bolsas de líquidos en las líneas de retorno interfieren en la eliminación del vapor en el sistema.
3. Controle el vapor para que no fluya en sentido contrario desde la línea de descarga hacia la bomba.
4. Reduzca al mínimo la acumulación de calor en el sistema de bombeo, enviando el líquido de retorno de regreso al tanque, en vez de enviarlo a la admisión de la bomba.
5. Aumente al máximo la elevación del tanque por sobre la bomba.
6. Siempre utilice equipo aprobado para usarse con Gas GLP, y siga con cuidado las explicaciones de la NFPA.
7. No instale la tubería de una planta basándose en las instalaciones de este folleto. Estas son sólo de carácter esquemático, y su propósito es ilustrar los principios para la instalación de estos sistemas.

*Solutions beyond products...*

**CORKEN**®  
**IDEX**

---