

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**SELECCIÓN DE UN COMPRESOR DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO
PARA EL TRASVASE Y/O LLENADO DE TANQUES
EN LA PLANTA ENGARRAFADORA QHORA QHORA.**

**TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO
Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS**

REINA MARGARITA ARANCIBIA LLANOS

Sucre - Bolivia

2023

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Reina Margarita Arancibia Llanos

Sucre, 5 de diciembre de 2023

DEDICATORIA

Este Trabajo está dedicado a:

A Dios

Por darme la fuerza y la oportunidad de concluir mis metas propuestas en la vida.

A mis padres

Por haberme dado la vida, a la misma vez por su total apoyo incondicional para culminar con éxito mi carrera, por todo su cariño inalcanzable brindado durante toda mi vida para llegar a ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

A: Dios

Por haberme dado vida, salud y fuerza para seguir adelante con mis propósitos, por ser el dador de mis cualidades y bendecir mi camino hacia el éxito

A: La universidad

Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca por brindarme la oportunidad de incrementar mis conocimientos.

A: Mis padres

Gracias a ellos por el apoyo incondicional, por haberme enseñado el camino recto, para llegar a alcanzar mis metas.

A los diferentes docentes que me apoyaron, en mi formación profesional y culminación de mi carrera.

RESUMEN

La planta engarrafadora de Qhora Qhora en la actualidad realiza el despacho diario de un cisterna de 22 TM por día con destino a la planta engarrafadora de Camargo y a la fábrica de vidrios ENVIBOL; para realizar el trasvase del tanque horizontal a la cisterna utilizan una bomba del tipo paletas, equipo con el cual si bien bombea el Gas Licuado de Petróleo (GLP) no recuperan los vapores residuales que por lo general ocupa el 20% del tanque de almacenamiento, estos vapores son desperdiciados y no aprovechados, lo cual se traduce en pérdidas económicas para la empresa operadora.

En el presente proyecto, el objetivo principal fue el de seleccionar un compresor de GLP en reemplazo de la bomba el tipo paletas, de manera inicial justificado por que dicha bomba en la actualidad presenta problemas internos producto de la liberación de combustibles gaseosos desprendidos del GLP, por ende, se decidió proponer un compresor a diferencia de la bomba el cual si recupera los vapores residuales emanado por el GLP

De manera inicial se procedió a tabular parámetros operativos extraídos de la placa de la bomba del tipo paletas, con esa información y con ayuda del catálogo del fabricante se determinó el material constructivo de la actual bomba en operación. Toda esa información nos sirvió de base para la selección del compresor adecuado. Posteriormente se tomó como referencia a tres fabricantes reconocidos en el medio nacional, es decir, se seleccionó tres modelos de compresores: Blackmer, Corken y MHB, cabe recalcar que de cada modelo seleccionado se solicitó una cotización con la empresa representante en Bolivia. Con los tres modelos seleccionados se realizó un análisis técnico comercial para elegir la mejor opción tomando como referencia el tiempo de entrega, costo del equipo y punto de trabajo por cada modelo, producto de ese análisis se determinó como la mejor opción el compresor de la empresa MHB de fabricación argentina.

El compresor MHB seleccionado garantizará que dentro de las operaciones diarias de trasvase del GLP se recuperen los vapores residuales, lo que le significaría un ahorro de aproximadamente un camión cisterna por año en beneficio de la empresa operadora.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO No 1: INTRODUCCIÓN

1.1	ANTECEDENTES	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3	JUSTIFICACIÓN	2
1.3.1	Justificación Técnica	2
1.3.2	Justificación Económica	2
1.4	METODOLOGÍA	2
1.4.1	Métodos Teóricos	2
1.4.2	Métodos Empíricos	3
1.4.3	Técnicas e instrumentos de Investigación	3
1.5	OBJETIVOS	4
1.5.1	Objetivo General.....	4
1.5.2	Objetivos específicos.....	4

CAPITULO No 2: DESARROLLO

2.1	MARCO TEÓRICO	5
2.1.1	Generalidades del GLP	5
2.1.2	Plantas Engarrafadoras de GLP.....	9
2.1.3	Compresores para GLP.....	20
2.2	MARCO CONTEXTUAL	24
2.2.1	Ubicación	24
2.2.2	Descripción de la planta engarrafadora	24
2.2.3	Diagnóstico del Sistema de despacho de GLP.....	35
2.3	INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	37
2.3.1	Selección del compresor	37
2.4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	46
2.4.1	Análisis de Resultados	46

2.4.2	Discusión de Resultados	46
2.5	CONCLUSIONES	48

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No 1: Propiedades fisicoquímicas del propano y butano	6
Tabla No 2: Propiedades del GLP	7
Tabla No 3: Tanques de almacenamiento de GLP	26
Tabla No 4: Tanques de almacenamiento de GLP	29
Tabla No 5: Especificaciones de la bomba de carguío de GLP	30
Tabla No 6: Datos técnicos del compresor de aire	31
Tabla No 7: Número de cisternas despachadas de la planta Qhora Qhora	35
Tabla No 8: Parámetros operativos del compresor de GLP	38
Tabla No 9: Materialidad del compresor de GLP	39
Tabla No 10: Datos del motor eléctrico	40
Tabla No 11: Catálogo del fabricante CORKEN	41
Tabla No 12: Resumen del compresor seleccionado CORKEN	41
Tabla No 13: Catálogo compresores de GLP BLACKMER	42
Tabla No 14: Resumen del compresor seleccionado CORKEN	43
Tabla No 15: Resumen del compresor seleccionado MHB	44
Tabla No 16: Tabla comparativa de compresores de GLP	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No 1: Árbol Petroquímico.....	5
Figura No 2: Límites de inflamabilidad del GLP	7
Figura No 3: Proceso de transporte de GLP	10
Figura No 4: Proceso de descarga de GLP.....	11
Figura No 5: Componentes del proceso carga-descarga de GLP.....	11
Figura No 6: Traslase de cisterna a depósito.....	13
Figura No 7: Depósitos superficiales	14
Figura No 8: Depósitos enterrados.....	14
Figura No 9: Depósitos semienterrados	15
Figura No 10: Componentes del área de almacenaje.....	16
Figura No 11: Sistema de transporte.....	17
Figura No 12: Carrusel de llenado.....	17
Figura No 13: Equipo de control de peso.....	18
Figura No 14: Equipo de prueba de hermeticidad.....	18
Figura No 15: Máquina de corrección de peso.....	19
Figura No 16: Traslase de cisterna a depósito.....	20
Figura No 17: Traslase a detalle del GLP.....	21
Figura No 18: Compresor para traslase de GLP a granel.....	22
Figura No 19: Compresor para traslase de GLP en terminales.....	22
Figura No 20: Compresor para traslase de GLP en camiones.....	23
Figura No 21: Compresor para traslase de GLP en camiones.....	24
Figura No 22: Compresor para traslase de GLP en camiones.....	25
Figura No 23: Tanques horizontales de GLP	27
Figura No 24: Tanques esféricos de GLP para interfase.....	27
Figura No 25: Bombas multietapas para el traslase de GLP	30

Figura No 26: Fotografía de la placa del motor	31
Figura No 27: Compresores de aire.....	32
Figura No 28: Compresores de aire.....	32
Figura No 29: Carrusel de llenado de GLP	33
Figura No 30: Carrusel de llenado de GLP	34
Figura No 31: Bomba principal contra incendios.....	34
Figura No 32: Esquema proporcional de la distribución líquido-gas.....	36

CAPITULO No 1: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad hay bastante información académica básica sobre el diseño de plantas engarrafadoras, lo cual implica hacer la selección de todos los componentes de la planta e incluso ver lo referente a la distribución en planta; pero no hay trabajos específicos que se enfoquen específicamente en la selección de compresores usados para el trasvase de Gas Licuado de Petróleo (GLP) como una alternativa a las tradicionales unidades de bombeo existentes en el mercado.

En este sentido no hay trabajos de investigación publicados recientemente en Bolivia, Latinoamérica y/o el mundo referente a este tema, es decir, un estudio específico y puntual para la selección de una forma de trasvasar el GLP. Las investigaciones actuales se limitan a seleccionar una bomba sin tomar en cuenta los vapores volátiles generados que se desprenden y cuales las bombas tradicionales no las succionan, por ende, para poder realizar un caso puntual, se deberá netamente analizar las características técnicas de los fabricantes de este tipo de tecnologías.

Toda esta situación motiva a desarrollar el presente trabajo, la cual podría ser un referente para otros investigadores que busquen incursionar en el apasionante mundo de la ingeniería de impulsión de líquidos para productos catalogados como peligrosos, como ser: petróleo y sus derivados.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La planta engarrafadora Qhora Qhora ubicado en la ciudad de Sucre, actualmente realiza el trasvase de GLP de los tanques a las cisternas y viceversa por medio de una bomba de desplazamiento positivo del tipo paletas; la cual, debido al líquido vaporizado produce una esclusa de vapor en la bomba, lo que origina la pérdida de capacidad y desgaste acelerado en los sellos del eje y las partes del equipo, generando de esa manera un desgaste prematuro en algunos componentes de las bombas. (Alcoba, 2023)

Por otro lado, los tanques de almacenamiento de GLP de los cuales se realizan el trasvase de GLP a los camiones cisternas, almacenan por medidas de seguridad un 80% aproximado de la capacidad total del tanque, dejando un 20% de GLP en fase gaseosa como remanente, estos vapores no son succionados por la bomba tipo paletas y por ende son desperdiciados, ocasionando pérdidas económicas y ocasionando impactos ambientales ya que los mismos en algunas ocasiones son emanados al medio ambiente.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Técnica

Al seleccionar un compresor de GLP en reemplazo a la bomba de paletas; se generaría mayor eficiencia en el trasvase del combustible, ya que el compresor hará todo lo que normalmente haría la bomba en la transferencia de GLP a baja presión, y adicionalmente recuperaría los vapores residuales generados, incrementando de esta manera la productividad, es decir, haciendo el llenado de 97 cisternas de GLP con una bomba del tipo paletas, se podría hacer el llenado de 100 cisternas haciendo el mismo trabajo pero usando un compresor de GLP. (Alcoba, 2023)

1.3.2 Justificación Económica

Al hacer uso de un compresor de GLP, se evitará que los vapores desprendidos del GLP se desperdicien, lo cual anteriormente al hacer uso de una bomba centrífuga si se lo realizaba; por ende, recuperar los vapores desprendidos, le representará un incremento significativo en los ingresos recibidos por la comercialización del GLP.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Métodos Teóricos

- **Método Cuantitativo**

Dentro del presente proyecto, este método tendrá su aplicación en la estimación numérica para la selección del compresor de GLP.

- **Método Inductivo**

Se tendrá acceso a las fichas técnicas de las bombas centrífugas utilizadas en la actualidad y con las cuales se realizará la homologación con las especificaciones técnicas ofertadas por los fabricantes de compresores de GLP.

- **Método Analítico**

El método, será de gran ayuda puesto que facilitará la tabulación, análisis y su interpretación, así como en base a un diagnóstico, plantear soluciones a los problemas identificados en la planta Potosí.

1.4.2 Métodos Empíricos

- **Método Bibliográfico**

Es aplicable en búsqueda de libros, revistas, artículos científicos publicados por diferentes investigadores, la cual será primordial en la elaboración de la fundamentación teórica.

1.4.3 Técnicas e instrumentos de Investigación

- **Revisión bibliográfica**

Es muy importante ya que a través de ella se extrajo toda la recopilación de información tanto de Libros, revistas, informes electrónicos, catálogos, artículos de internet con la finalidad de estructurar la revisión de literatura, los cuales serán aprovechados dentro del presente trabajo.

- **Entrevistas**

Se realizarán preguntas, consultas a personal técnico relacionado en el rubro y a operadores de bombas en plantas de hidrocarburos.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Seleccionar un compresor de GLP en reemplazo de una bomba tipo paletas para el trasvase y/o llenado de camiones cisternas en la planta engarrafadora Qhora Qhora de la ciudad de Sucre.

1.5.2 Objetivos específicos

- Elaborar una descripción de la planta de almacenamiento y engarrafadora de GLP Qhora Qhora.
- Determinar el volumen de GLP desperdiciado mediante el trasvase de GLP mediante la bomba tipo paletas.
- Seleccionar tres compresores de GLP comerciales con presencia en el país en base a los parámetros operativos de la planta.
- Analizar mediante criterios Técnico - Económico la mejor alternativa sobre la provisión del compresor.

CAPITULO No 2: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO

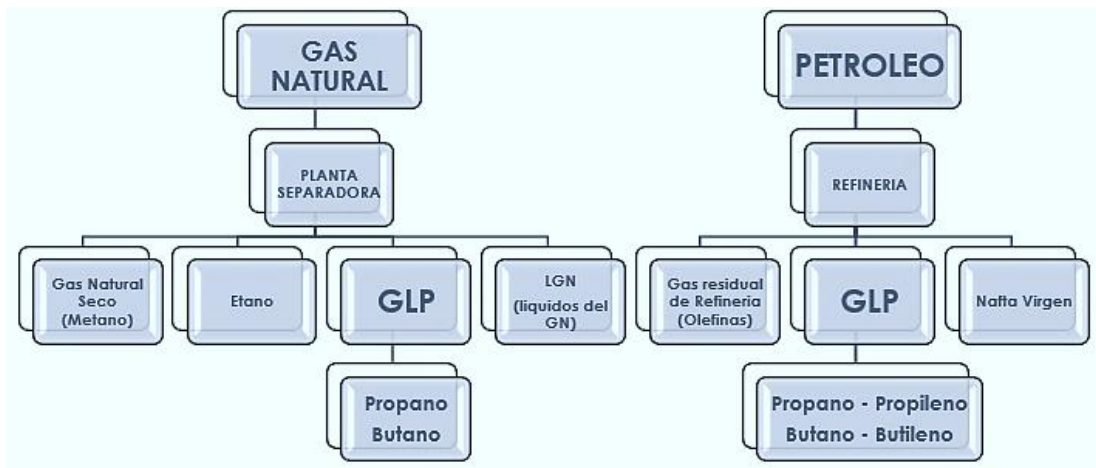
2.1.1 Generalidades del GLP

A continuación, se desarrollará los conceptos y teoría básica o fundamental necesaria acerca del Gas Licuado de Petróleo (GLP), debido a que este es el combustible de interés y la materia prima en una planta engarrafadora. (Morales, 2014)

2.1.1.1 Definición de Gas Licuado de Petróleo

Se denomina GLP a la: “fracción de hidrocarburo ligero de la serie de parafina, que comprende propano (C_3H_8) y butano (C_4H_{10}) o una combinación de los dos. También podrían incluir propileno, butileno, isobutano e isobutileno, y normalmente se licúa a presión para su transporte y almacenamiento.”

Figura No 1: Árbol Petroquímico



Fuente: Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 2000

2.1.1.2 Componentes del GLP

Los principales componentes del GLP son: El Propano y Butano. Existen dos tipos de GLP comercial más conocidos, comúnmente llamados Propano Comercial y Butano Comercial.

- ◆ El propano comercial es un fluido compuesto en un 95 % de propano y/o propileno y otros compuestos minoritarios (etano, butano, etc.). Su presión de vapor no debe exceder de 1.45 MPa g (210 psig) y 38 °C (100°F).
- ◆ El butano comercial es una mezcla que se compone predominantemente de butano y/o butilenos, otros compuestos minoritarios (propano, pentanos, etc.). Su presión de vapor no debe exceder de 480 kPa g (70 psig) y 38 °C (100°F).

2.1.1.3 Propiedades Físico Químicas del GLP

A continuación, se presentan los valores característicos de los GLP comerciales.

Tabla No 1: Propiedades fisicoquímicas del propano y butano

Propiedad		PROPANO	BUTANO
Formula General		C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Masa Molecular (g/mol)		44	58
Punto de Ebullición (°C)		-42.10	-0.50
Tensión de vapor a 20 °C (psi)		156.50	31.30
Densidad a 20 °C (kg/m³)		506	580
Calor latente de Vaporización (KJ/(Kg))		425.51	385.76
Temperatura Critica (°C)		96.80	152
Presión Crítica (psi)		597.57	533.54
Límites de Inflamabilidad	Límite Superior (%)	2.15	1.55
	Límite Inferior (%)	9.60	8.60
Aspecto Físico		Gas, Inodoro, Insípido.	

Fuente: Wuithier, 1973

Una vez conocidas las características tanto químicas como físicas de los componentes del GLP (Propano - Butano), se puede determinar las siguientes propiedades de GLP como tal, como se puede observar en el cuadro siguiente:

Tabla No 2: Propiedades del GLP

Propiedades		GLP
Punto Flash (°C)		- 98
Temperatura de Ebullición (°C)		-32.5
Temperatura de Auto ignición (°C)		435
Límites de Inflamabilidad	Límite Superior (%)	1.8
	Límite Inferior (%)	9.3

Fuente: PEMEX, 2007

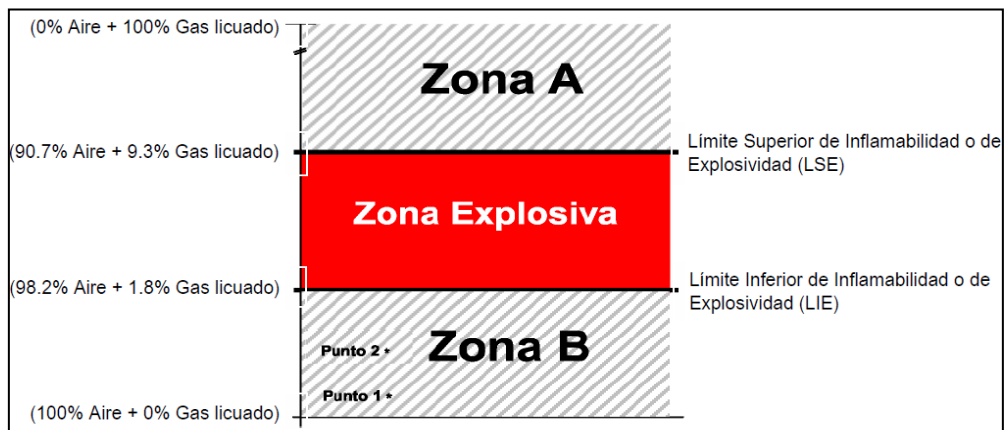
Cuando una sustancia presenta un Punto Flash de 38 °C o menor es una sustancia peligrosa, entre 38 °C y 93 °C moderadamente inflamable; mayor a 93 °C la inflamabilidad es baja. Observando el cuadro anterior y el punto flash del GLP (-98 °C) se puede afirmar que este es un compuesto sumamente peligroso. (Morales, 2014)

a) Inflamabilidad y Combustión.

Ambos gases (Propano – Butano) forman con el aire mezclas inflamables y necesitan una gran cantidad de aire para su combustión.

Las zonas A y B, indican que, en condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 1.8% y más de 9.3% de gas licuado no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición. Sin embargo, a nivel práctico deberá desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva, donde sólo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión. (SANDOVAL, 2012)

Figura No 2: Límites de inflamabilidad del GLP



Fuente: PEMEX, 2017

b) Corrosión.

El GLP no corroen el acero, ni al cobre o sus aleaciones y no disuelve los cauchos sintéticos por lo que estos materiales pueden ser usados para construir las instalaciones. Por el contrario, disuelven las grasas y al caucho natural.

c) Toxicidad.

El GLP no es tóxico, los trastornos fisiológicos se producen cuando la concentración del gas en el aire es elevada y como consecuencia existe un desplazamiento de oxígeno.

d) Olor.

Los GLP carecen de color y de olor natural por lo que, para poder detectar por el olfato las eventuales fugas que pudiesen ocasionarse, se les añade antes de su distribución un odorizante peculiar a base de mercaptanos. El olor es sentido cuando todavía se encuentra la mezcla muy por debajo del límite inferior de inflamabilidad.

e) Contaminación.

La energía GLP es el combustible ecológicamente más respetuoso con la naturaleza pues su combustión no contamina la atmósfera. Al estar estos gases exentos de azufre, plomo y sus óxidos, la combustión es limpia no produce olores ni residuos (hollín, ni humos). Los productos de la combustión son solamente CO_2 y H_2O . Los GLP no se disuelven en el agua ni la contaminan por lo que se pueden utilizar en embarcaciones como carburantes y como combustibles. (SANDOVAL, 2012)

2.1.1.4 Características GLP

a) Estado

A presión atmosférica y temperatura ambiente (1 atmósfera y 20°C), el GLP se encuentra en estado gaseoso. Para obtener líquido a presión atmosférica, la temperatura del butano debe ser inferior a $-0,5^\circ\text{C}$ y la del propano a $-42,2^\circ\text{C}$. En cambio, para obtener líquido a temperatura ambiente, se debe someter al GLP. a presión, para el butano la presión debe ser de más de 2 atm, para el propano, la presión debe ser de más de 8 atm.

b) Efecto de la Temperatura

Al aumentar la temperatura del GLP que se encuentra dentro de un tanque cerrado, aumenta su presión. Esto es debido a que aumenta la presión de vapor y, además, el líquido se expande. Por lo tanto, nunca se debe calentar un recipiente que contiene GLP y tampoco se debe llenar totalmente un recipiente con GLP líquido, sino que se debe dejar

un espacio de por lo menos el 15% del volumen total del recipiente para la dilatación del líquido.

c) Densidad y Viscosidad

La densidad y peso específico son mayores que el aire, por lo que el GLP resulta más pesado que éste. Por lo tanto, una nube de GLP tenderá a permanecer a nivel del suelo. La densidad puede calcularse a través de la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Donde:

ρ = densidad, [kg/m³].

m= masa, [kg].

v = volume, [m³].

Por su parte, el peso específico o también conocido como gravedad específica, puede calcularse con la ecuación:

$$\gamma = \frac{\rho_{\text{fluido}}}{\rho_{\text{agua}}} \quad (2)$$

Donde:

γ = Gravedad específica, adimensional.

ρ_{agua} = Densidad del agua, [kg/m³].

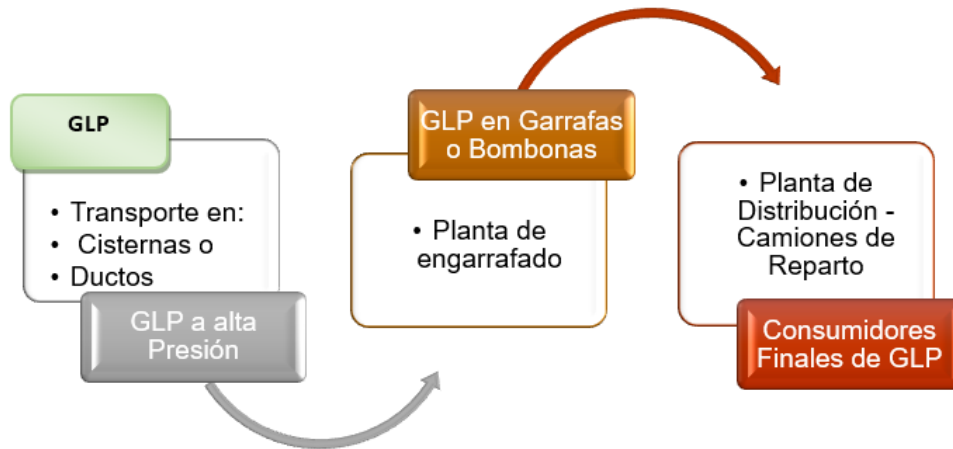
ρ_{fluido} = Densidad del fluido, [kg/m³].

El GLP líquido es más liviano y menos viscoso que el agua, por lo que hay que tener cuidado ya que puede pasar a través de poros donde ni el agua, gasoil o kerosene pueden hacerlo.

2.1.2 Plantas Engarrafadoras de GLP

Después de la producción de GLP, de las plantas de procesamiento de gas y/o refinerías, su transporte a las plantas engarrafadoras, generalmente se realiza a través de poliductos o de camiones cisternas. En la figura siguiente, se puede observar el proceso de transporte del GLP, hasta sus consumidores finales.

Figura No 3: Proceso de transporte de GLP



Fuente: Silva & Calle. 2008

Razón por la que se define a las plantas de engarrafado de Gas Licuado de Petróleo como: “Establecimientos destinados al almacenaje y envasado de Gas Licuado de Petróleo – GLP, para finalmente transportar las garrafas en camiones de distribución hasta los consumidores finales”. (SANDOVAL, 2012)

Las Instalaciones mecánicas de una planta engarrafadora de GLP son las siguientes:

- Manifold de recepción
- Unidades de Bombeo y Compresión
- Tanques de GLP
- Área de almacenaje
- Engarrafado

2.1.2.1 Manifold de Recepción

Es el sistema en el cual se realiza el proceso de descarga de los camiones cisterna, que permite la recepción y distribución del combustible GLP para la planta engarrafadora, conectada a los tanques de almacenamiento en forma independiente, con sistemas de válvulas de bloqueo y válvulas check. (SANDOVAL, 2012)

Figura No 4: Proceso de descarga de GLP

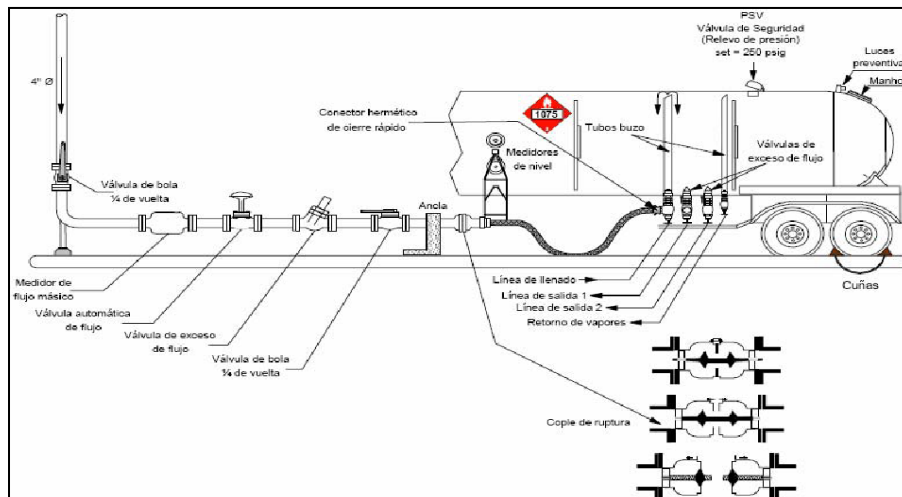


Fuente: Silva & Calle. 2008

Los camiones cisternas encargados del abastecimiento de la planta, cuentan con tanques móviles que responden a la norma de construcción ASME VIII con una presión de diseño de 17.6 Kg/cm², prueba hidráulica de 35 Kg/cm² y prueba radiográfica del 100 %.

Las válvulas que componen el manifold de recepción son: Válvulas de Bloqueo y Válvulas Check (PEMEX, 2007). En la figura siguiente, se puede observar los componentes del proceso carga-descarga.

Figura No 5: Componentes del proceso carga-descarga de GLP



Fuente: PEMEX, 2007

2.1.2.2 Unidades de Bombeo y Compresión

Toda planta engarrafadora de GLP cuenta con unidades de bombeo y compresión.

a) Unidades de Bombeo

Las bombas son máquinas destinadas a impulsar el GLP en fase líquida disponiendo de mecanismos de seguridad especiales por tratarse de un líquido inflamable. El accionamiento de dicha unidad suele ser eléctrico, y las incorporadas en los camiones cisternas de trasvase son accionadas por la propia caja de cambio del motor. (SANDOVAL, 2012)

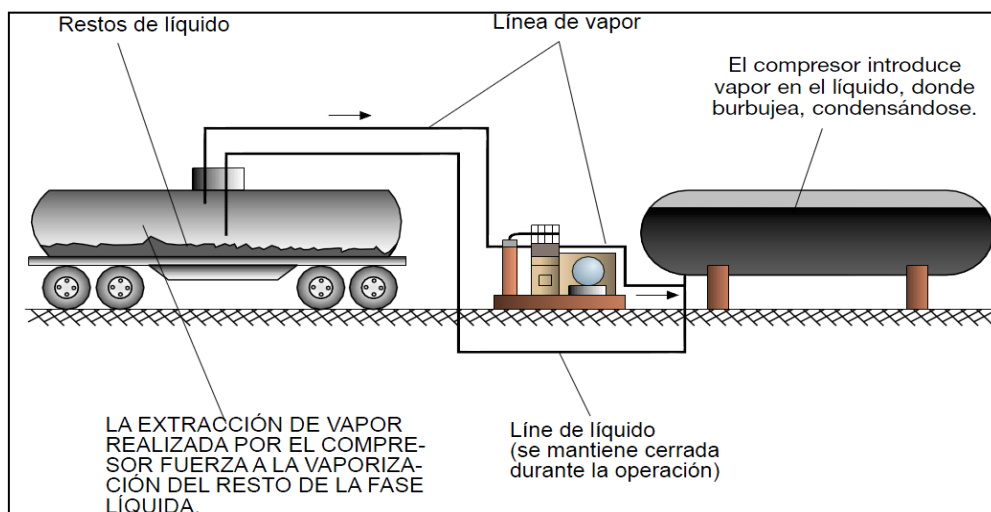
En el caso de desear aumentar el caudal transportado, se debe acoplar en paralelo bombas de las mismas características. Normalmente se instalan por parejas, una en uso y la otra de reserva.

b) Unidades de Compresión

Los compresores son máquinas de embolo (cilindro y pistón), que trabajan únicamente con la fase gaseosa del GLP, produciendo una sobrepresión en el gas con el que se opera, esta presión se aprovecha para el trasvase del GLP de un envase a otro y también para elevar la presión de un gas en un envase.

La diferencia de presiones alcanzada entre la cisterna y el depósito, aspirando la fase gaseosa del depósito y comprimiendo la de la cisterna, provoca el flujo del líquido de un recipiente a otro a través de otra conducción que intercomunica a ambos recipientes. Por efecto de la compresión se produce un aumento de la temperatura. (SANDOVAL, 2012)

Figura No 6: Trasvase de cisterna a depósito



Fuente: López, 2001

Durante el llenado del depósito, el compresor aspira de la zona gaseosa del depósito y comprime la fase gaseosa de la cisterna.

Durante el vaciado del depósito, produce la aspiración de la fase gaseosa de la cisterna y comprime la fase gaseosa del depósito que al aumentar la presión obliga a circular el líquido que contiene hacia la cisterna.

Los émbolos trabajan como en los motores de explosión, en cuanto que tienen fase de admisión (aspiración) y fase de compresión (impulsión). Los compresores son accionados por un motor eléctrico o a gas.

2.1.2.3 Componentes de una planta engarradora de GLP

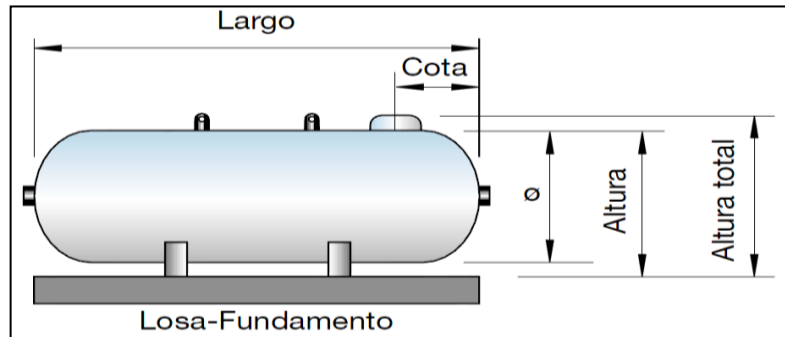
- **Tanques de almacenamiento de GLP**

Son los recipientes destinados a contener el GLP en estado líquido bajo presión para su almacenamiento y consumo. Estos tanques se llenan a través del manifold de recepción. (López, 2001)

Los depósitos pueden ubicarse aéreos, enterrados o semi enterrados.

- a) Depósitos de superficie o aéreos son los situados al aire libre y cuya generatriz inferior queda a nivel superior del terreno.

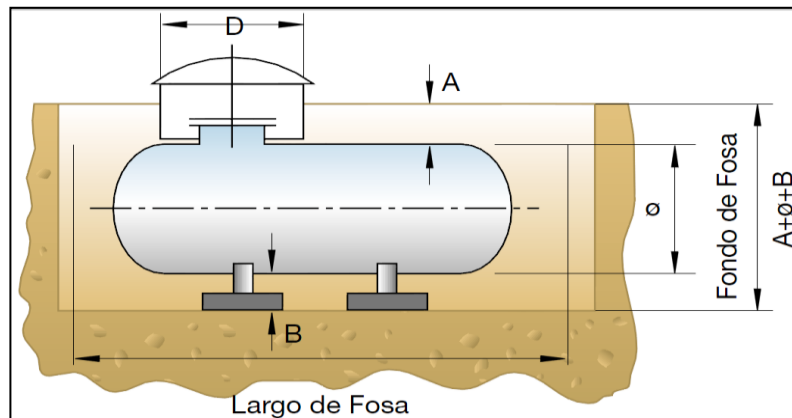
Figura No 7: Depósitos superficiales



Fuente: López, 2001

- b) Depósitos enterrados, son los situados enteramente por debajo del terreno circundante. Su generatriz superior debe distar entre 30 y 50 cm del terreno. Una profundidad mayor dificultaría los trabajos de trasvase. (López, 2001)

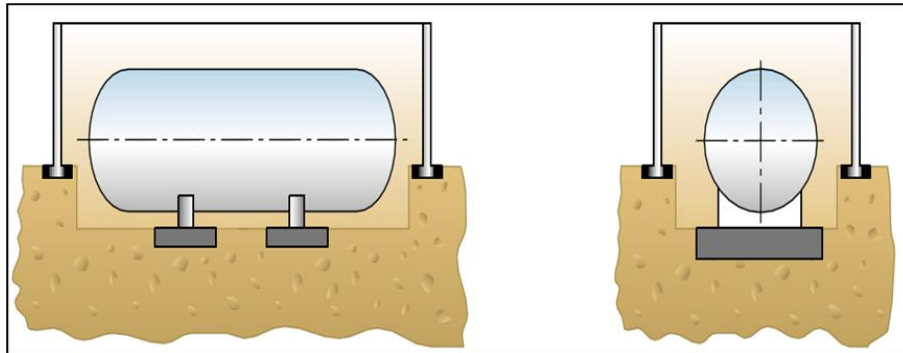
Figura No 8: Depósitos enterrados



Fuente: López, 2001

- c) Depósitos semienterrados, es el depósito no situado enteramente por debajo del terreno circundante pero que, cumpliendo una serie de requisitos, es considerado como si estuviera enterrado.

Figura No 9: Depósitos semienterrados



Fuente: López, 2001

2.1.2.4 Área de Almacenaje

El área de almacenaje se compone por el conjunto o parte de los siguientes elementos:

- **Boca de carga**
Equipo encargado de la recepción de GLP, para el abastecimiento de la planta.
- **Depósitos con su valvulería y dispositivos de medida y seguridad**
Instalación donde se encuentran los elementos que ayudan en el control de operación y funcionamiento.
- **Equipo de trasvase (ET)**
Los equipos de trasvase son los encargados de trasvasar el GLP de un depósito a otro, estos pueden ser: Compresores y Bombas.
- **Equipo de Vaporización (EV)**
Equipo destinado a proporcionar la energía calorífica necesaria para la vaporización forzada del GLP licuado.
- **Equipo de Regulación (ER)**
Es el conjunto de reguladores y accesorios encargados de reducir la presión a otra determinada y controlarla, según las necesidades; estas pueden ser: tuberías, instrumentos de control, válvulas, elementos de seguridad, dispositivos auxiliares y recintos.
- **Equipo de Seguridad (ES)**

Dispositivos destinados a la protección de las personas, equipos, infraestructura, etc, como las válvulas de seguridad por alivio de presión, protección contra la corrosión, contra el fuego, etc

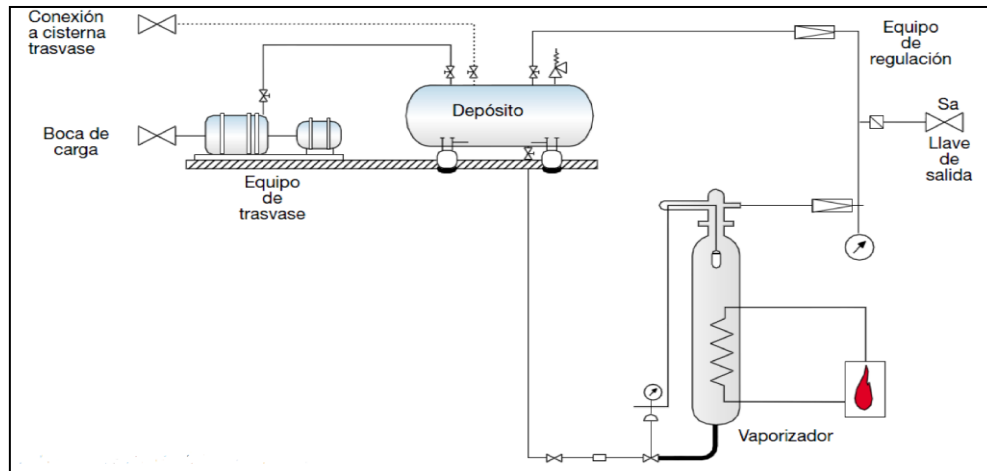
- **Instalaciones Complementarias**

Referido a carteles de prevención, vestimenta de protección, linternas, alarmas, exposímetros, etc.

- **Llave de Salida del almacenamiento (Sa)**

Es el dispositivo de corte que fija el final de la instalación de almacenamiento. Punto donde comienza la instalación receptora de gas ya sea el GLP a granel y envasado.

Figura No 10: Componentes del área de almacenaje



Fuente: López, 2001

2.1.2.5 Engarrafado

Los equipos que conforman el área de engarrafado o envasado son las siguientes:

a) Equipos de manejo y transporte

1) Sistema de Paletización

Este sistema es una estructura que se encuentra diseñada con el objetivo de manejar de manera segura los botellones de GLP, en los procesos de carga y descarga.

2) Sistema de Transporte

Sistema diseñado para efectuar el transporte de botellas de GLP, desde el punto de carga hasta el punto de descarga, pasando por varios procedimientos.

3) Sistema de Entrada y Salida para Carruseles

Diseñadas para la rápida entrada para la salida y entrada de carruseles de las botellas de GLP. (Kosan Crisplant, 2022)

Figura No 11: Sistema de transporte



Fuente: Siraga, 2010

b) Equipos de llenado

El llenado de GLP a los cilindros se realiza generalmente a través de carruseles de llenado.

Figura No 12: Carrusel de llenado



Fuente: Siraga, 2010

c) Equipos de control

Los equipos de control en el envasado de GLP son:

1) Control de Peso

Una vez que los cilindros de GLP se encuentran con el combustible, pasan al equipo de control de peso, asegurando de esta manera el peso de llenado de las botellas.

Figura No 13: Equipo de control de peso



Fuente: Siraga, 2010

2) Detectoras de Fugas Manuales

Es el dispositivo que ayuda a efectuar pruebas de fugas manuales del asiento de válvula en botellas de GLP.

3) Dispositivos de Prueba de Hermeticidad

Diseñados para comprobar la hermeticidad del cuerpo de las botellas,

Figura No 14: Equipo de prueba de hermeticidad



Fuente: Kosan Crisplant, 2004

4) Máquinas Corregidoras de Peso

Realizan la corrección precisa del peso de botellas mal llenadas. La corrección de peso se realiza para llenar o evacuar la botella.

Figura No 15: Máquina de corrección de peso



Fuente: Siraga, 2010

d) Equipos de Preparación

Estos equipos a su vez se encuentran compuestos por los siguientes sistemas:

1) Sistema de Evacuación

Diseñado para la evacuación de botellas de GLP antes de reparación, a su vez para la evacuación de botellas sobrellenas o botellas con fuga.

2) Máquinas de Orientación de Válvulas

Diseñadas para asegurar que la botella de GLP este orientada con la base de su válvula en la correcta dirección para su procesamiento.

3) Máquina de Apertura y Cierre de Válvulas

Diseñadas para abrir y cerrar válvulas helicoidales.

e) Equipos de acabado

Compuesto por:

1) Termo Selladoras

Diseñados para el encogimiento de tapones o manguitos termoplásticos sobre las válvulas de las botellas de GLP.

2) Sistemas de Aplicación de Sellos

Una vez las botellas de GLP con los tapones sobre la válvula, se procede a su sello, a través de los equipos.

3) Sistema de Lavado

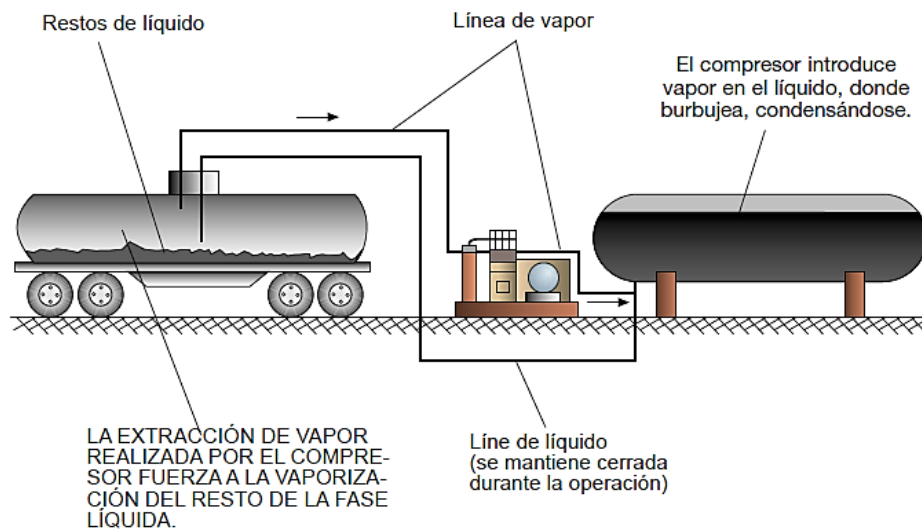
Encargados del lavado de las botellas de GLP, para su distribución y comercialización.

2.1.3 Compresores para GLP

Los compresores son máquinas de émbolo (cilindro y pistón), que trabaja únicamente con la fase gaseosa del GLP, producen una sobrepresión en el gas con el que se opera, esta sobrepresión se aprovecha para trasegar EL GLP de un envase a otro y también para elevar la presión de un gas en un envase. (López, 2001)

La diferencia de presiones alcanzada entre la cisterna y el depósito, aspirando la fase gaseosa del depósito y comprimiendo la de la cisterna, provoca el flujo del líquido de un recipiente a otro a través de otra conducción que intercomunica ambos recipientes. Por efecto de la compresión se produce un aumento de la temperatura.

Figura No 16: Traslado de cisterna a depósito



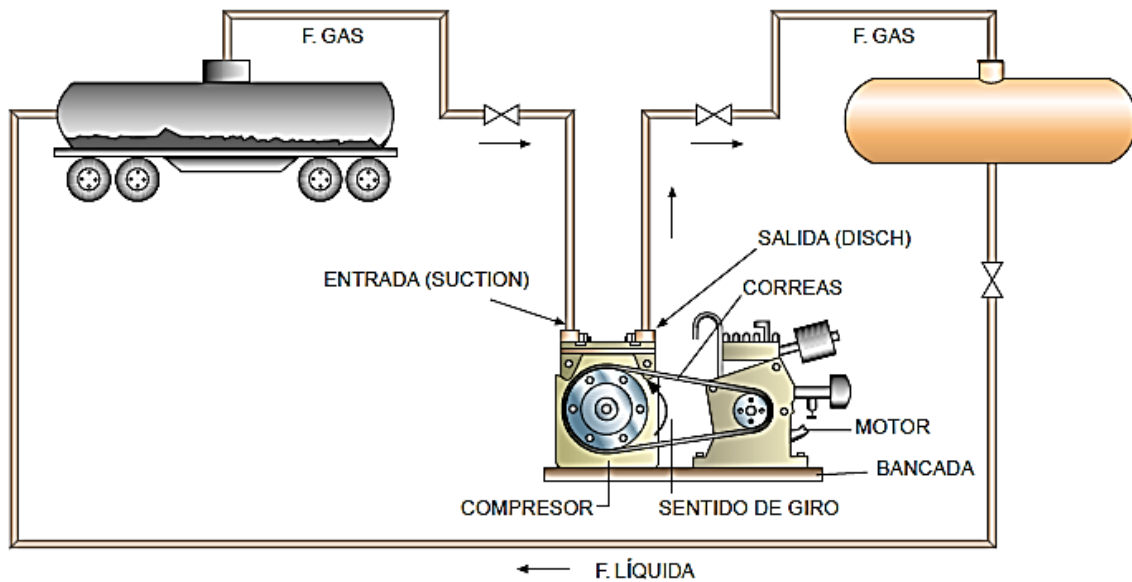
Fuente: CEPSA, 2001

- Durante el llenado del depósito, el compresor aspira de la zona gaseosa del depósito y comprime la fase gaseosa de la cisterna.
- Durante el vaciado del depósito, produce la aspiración de la fase gaseosa de la cisterna y comprime la fase gaseosa del depósito que al aumentar la presión obliga a circular el líquido que contiene hacia la cisterna.

Como se puede apreciar, se ha de comprimir el depósito que deseamos vaciar y aspirar del que se requiere llenar, con esto se consigue que la fase líquida fluya del uno al otro.

Los émbolos trabajan como en los motores de explosión, en cuanto que tienen fase de admisión (aspiración) y fase de compresión (impulsión). Los compresores son accionados por un motor eléctrico o a gas. (López, 2001)

Figura No 17: Traslase a detalle del GLP



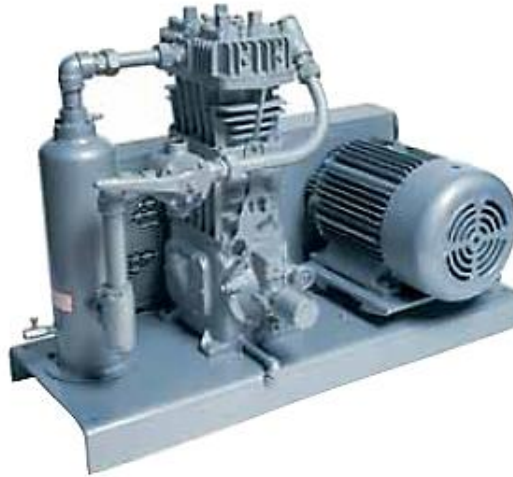
Fuente: CEPESA, 2001

Las aplicaciones de un compresor para trasvase son las siguientes:

- **Aplicaciones a Granel**

Este montaje de compresor es normalmente usado para el trasiego de líquidos y para la recuperación de vapores, en aplicaciones tales como carga y descarga a granel, y de tanques ferroviarios. Hay opciones disponibles tales como trampas automáticas para líquidos (ASME) provistos de interruptores de nivel para áreas Clase 1, Grupo D, y también se pueden ofrecer conjuntos integrales completos. (Blackmer, 2021)

Figura No 18: Compresor para trasvase de GLP a granel



Fuente: Blackmer, 2020

- **Aplicaciones en barcazas y terminales**

Estos compresores están disponibles con su montaje normal, y también como conjuntos integrales especiales, incluyendo los interruptores de límites altos y los controles requeridos para cualquier aplicación. (Blackmer, 2021)

Figura No 19: Compresor para trasvase de GLP en terminales



Fuente: Blackmer, 2020

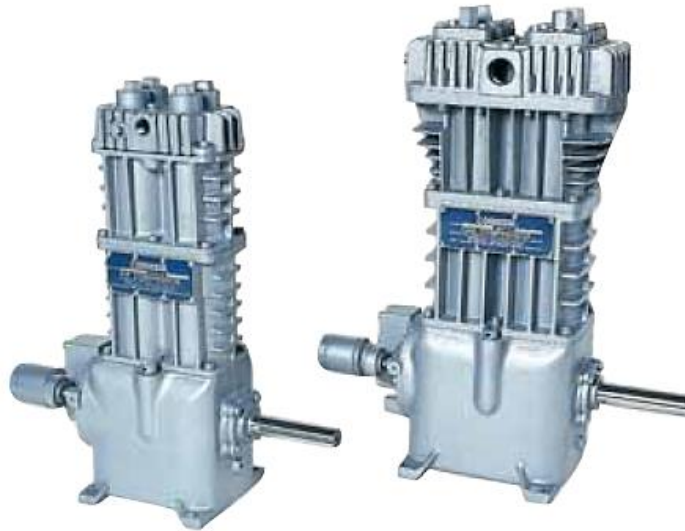
- **Aplicaciones para la evacuación de gases**

Las unidades para la evacuación de gases se pueden seleccionar de acuerdo al tamaño de los envases que requieran trabajos de mantenimiento, ya sean cilindros pequeños como tanques de almacenamiento de gran capacidad.

- **Aplicaciones de compresores en camiones**

El montaje "102" viene con el eje del cigüeñal extendido para ser usado en camiones, con impulsión hidráulica o con eje de transmisión de potencia. Se puede usar para cargar/descargar a granel, al igual que para la recuperación de vapores.

Figura No 20: Compresor para trasvase de GLP en camiones



Fuente: Blackmer, 2020

2.2 MARCO CONTEXTUAL

2.2.1 Ubicación

La planta engarrafadora Qhora Qhora está ubicado a 7 km. de sucre, se encuentra a lado de la planta de almacenamiento de combustibles líquidos administrado por YPFB Logística y también de la estación de compresión Qhora Qhora.

Figura No 21: Compresor para trasvase de GLP en camiones



Fuente: Blackmer, 2020

2.2.2 Descripción de la planta engarrafadora

2.2.2.1 Área de Recepción

La recepción cuenta con un manifold que cumple un papel importante desde la salida de GLP del tanque recorriendo hasta llegar a la engarrafadora.

Explicando brevemente el recorrido que realiza el gas desde el tanque ingresa por la cañería de 3 ½" pasando por una válvula llega a otra válvula y se encuentra con el filtro y sigue hasta la bomba de paletas siguiendo se reduce el diámetro de la cañería a 2 ½" otra vez una válvula

después por un visor y manómetro, hacia adelante por dentro la tierra hasta llegar a la plataforma y se distribuye para los dos cabezales engarrafadoras. Seguido se hace una explicación. (YPFB CORPORACION, 2021)

- **Válvulas:** Es de tipo globo, abre y cierra el paso del GLP, son de conexión bridada, estas válvulas están colocadas en tres partes de su recorrido pensando en el mantenimiento de otros equipos para no perjudicar.
- **Filtro:** Se encuentra entre una válvula y bomba de paleta, su función es la de evitar el paso de impurezas que contiene el gas. Este filtro en su interior tiene un canastillo metálico y en la parte inferior una válvula purgadora.
- **Visor:** Sirve para ver el paso del gas y está ubicado entre el manómetro y válvula.
- **Manómetro:** Es el que marca la presión del paso del gas mientras se engarrafan baja y cuando uno o los dos no están engarrafando sube la presión por que la bomba no para de bombear.
- **Bomba de paleta:** Marca BLACKMER acoplada a un motor eléctrico III de 3HP de potencia. Entonces cuando el motor se pone en marcha la bomba empieza a bombear gas hacia las engarrafadoras en forma continua hasta cuando sea necesario y apagar.

El recorrido del gas pasa por cada uno de los accesorios, pero todo el manifold en conjunto cuenta en forma paralela 2 bombas de paletas con su motor, 2 filtros, válvulas.

Figura No 22: Compresor para trasvase de GLP en camiones



Fuente: Blackmer, 2020

2.2.2.2 Área de almacenamiento

La Planta de Qhora Qhora cuenta con nueve tanques horizontales presurizados para almacenamiento de GLP con una capacidad total de 189 TM los cuales operan aproximadamente a 15° C y 54 psi. Además, cuenta con un tanque esférico de GLP, con una capacidad de 985 m³. (YPFB CORPORACION, 2021)

Cada tanque tiene las siguientes líneas: línea de presión, succión y de compensación. Esta línea de compensación iguala presiones con los equipos. Los tanques cilíndricos tienen volumen variado y cuentan al igual que los tanques esféricos con medidores de nivel porcentual, temperatura y presión.

Otras características importantes de los tanques de almacenamiento se presentan en las siguientes tablas:

Tabla No 3: Tanques de almacenamiento de GLP

PLANTA DE ENGARRAFADO	IDENTIFICACIÓN DEL TANQUE	CAPACIDAD TOTAL (Litros)	CAPACIDAD OPERATIVA [Litros]	CAPACIDAD OPERATIVA (Toneladas)
Qhora Qhora	Tanque Horizontal 121	27.821	23.648	12,8
	Tanque Horizontal 122	27.821	23.648	12,8
	Tanque Horizontal 127	76.334	64.884	35,0
	Tanque Horizontal 128	76.669	65.169	35,2
	Tanque Horizontal 129	24.890	21.157	11,4
	Tanque Horizontal 130	24.890	21.157	11,4
	Tanque Horizontal 381	76.729	65.220	35,2
	Tanque Horizontal 382	76.729	65.220	35,2

Fuente: Elaboración propia, 2023

Los tanques se encuentran instalados en la parte diagonal posterior lado este de la planta de engarrafado, disponen de cuatro conexiones a líneas, las mismas que sirven para, una descarga o entrada, otra de retorno de presión de cargadero de cisternas, cuentan con sus respectivas válvulas de alivio, válvulas por exceso de flujo, termómetros y manómetros y aspersores de control del tanque. (YPFB CORPORACION, 2021)

Figura No 23: Tanques horizontales de GLP



Fuente: Elaboración propia, 2023

El tanque esférico y los horizontales que almacenan gas licuado de petróleo a presión atmosférica, en función a sus características están diseñados de acuerdo a normas API/ASME, la línea de llenado ingresa al recipiente por la parte superior y la de aspiración toma de producto es por la parte inferior, deben contar con doble válvula de seguridad independientes, cuentan también con su instalación contra incendios, comprendida por rociadores, monitores, instalaciones de espuma, etc.

Figura No 24: Tanques esféricos de GLP para interfase



Fuente: Elaboración propia, 2023

El proceso de operación de los tanques de almacenamiento es el siguiente:

- Al inicio de cada jornada operativa, el encargado de operación de tanques, deberá realizar mediciones de nivel porcentual, presión y temperatura de todos los tanques de almacenamiento (Horizontales) instalados en planta Qhora Qhora.
- En el caso de la presión y temperatura, estos datos serán leídos considerando efectuar apreciaciones lo más exactas posibles (en el caso de la presión), para el caso de la temperatura se redondeará el valor medido, todo esto registrará el valor promedio de cada lectura.
- Posterior a ello, los datos obtenidos del inventario de tanques (Movimiento de producto) serán registrados y presentados por medio del registro y control diario de medición de tanques de GLP.
- El encargado de operación de tanques es el único responsable de realizar la purga de agua y sedimentos en forma diaria, de todos los tanques horizontales.
- Una vez recepcionado el GLP en los tanques Horizontales (tanques 121, 122, 127, 128, 129, 130, 381 y 382) el encargado de operación de tanques coordinará con el Encargado de Planta la transferencia de GLP a la Planta de Engarrafado.
- De igual forma el movimiento mensual de hidrocarburos líquidos en el DCCH, donde se realiza el control y registro diario Mensual de Productos Líquidos.
- El encargado de operación de tanques operará el manifold. Este manifold trabaja directamente con los tanques horizontales.
- La distribución de Bombas en Planta Qhora Qhora, es la siguiente:
 - Bombas de caudal Manifold (20 m³/h): constituido por 2 bombas.
- Los tanques del 121, 122, 127, 128, 129, 130, 381 al 382 serán abastecidos al requerimiento del Encargado de Planta, para el abastecimiento del día por medio de YPFB Transporte, estos tanques serán los que alimenten la producción de la planta.
- Se debe de considerar que el porcentaje de llenado a los tanques de almacenamiento 127, 128, 129, 130, 381 y 382 no debe sobrepasar los 85% como máximo y los tanques 121 y 122 no debe sobrepasar el 80% mm.
- El encargado de operación de tanques es el responsable de inspeccionar y controlar los volúmenes máximos permitidos en cada tanque. Si durante las inspecciones el encargado de operación de tanques observa alguna condición irregular deberá informar al Encargado de Planta y de esa forma se evaluará la situación y todas las condiciones ante la problemática.

- Si durante la jornada laboral el encargado de operación de tanques observa alguna fuga considerable en el área de tanques, informara inmediatamente al personal de Seguridad Industrial para activar el plan de emergencia.
- Al finalizar mi jornada operativa al Encargado de operación de tanques deberá cerrar todas las válvulas y verificar que todo el sistema se encuentre aislado.
- El encargado de operación de tanques deberá realizar la purga de agua en los tanques 121, 122, 127, 128, 381 al 382 de forma diaria, ya que esta batería de tanques solo posee la purga de agua.
- Como medio de verificación de medidas, el encargado de operación de tanques en coordinación con el personal de YPFB transporte, deberán efectuar el inventario de medición de tanques de almacenamiento al finalizar la jornada laboral.
- El Encargado de Tanques coordina con el Encargado de Planta, los volúmenes a transferir a la planta engarrafadora para el llenado de garrafas de GLP. El encargado de planta es responsable de la odorización de GLP con Etil Mercaptano. Operación que se realiza mediante una bomba de dosificación en línea.

2.2.2.3 Área de Bombas de trasvase de GLP

El transporte de GLP desde los tanques estacionarios hacia el área de envasado de cilindros e islas de carga de auto tanques se lo realiza mediante bombas multietapa de tipo horizontal conectadas a un motor anti explosión, su función es transferir el producto del tanque de almacenaje a la plataforma de engarrafado, a una presión promedio de 170 psi para el llenado de las garrafas. (YPFB CORPORACION, 2021)

Tabla No 4: Tanques de almacenamiento de GLP

Tag	Boma tipo	Marca	Modelo	Caudal (m ³ /h)	Presión (bar)	Potencia Motor (kW)	Rev RPM
P-1B1	Multietapa	PETRO LAND	PSC 6007	28	9	22	1450
P-1B2	Multietapa	PETRO LAND	PSC 6007	28	9	22	1450

Fuente: Elaboración propia, 2023

Figura No 25: Bombas multietapas para el trasvase de GLP



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.2.2.4 Bombas de despacho de GLP

La planta en la actualidad a parte de realizar el proceso de engarrado de GLP, cuenta con un sistema de carguío a cisternas provisto por una bomba del tipo paletas, a través del cual realizan el despacho del combustible a otras centrales de almacenamiento.

Las características de la bomba son descritas a continuación:

Tabla No 5: Especificaciones de la bomba de carguío de GLP

Tipo de bomba:	Paletas deslizantes
Marca:	Blackmer
Modelo:	LGL4B
Conexiones:	4" x 3"
Rotación:	1750/630 rpm
Tamaño del motor:	Frame 284T
Motor eléctrico:	380 – 600 V, 50Hz, rotación 1800 rpm, 25HP, Explotion Proff
Aislamiento del Motor:	F
Amperaje:	71 - 41,1

Fuente: Elaboración propia, 2023

Lastimosamente por la antigüedad de la bomba, la lectura de la placa no es legible, solo se pudo acceder a la información de la placa del motor.

Figura No 26: Fotografía de la placa del motor



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.2.2.5 Área de Compresores

El compresor de aire cumple la función de almacenar aire hasta 140 lb de capacidad para enviar por vía ducto de ½ pulgadas hasta el regulador donde se reduce la presión entre 70 - 80 lb., distribuyéndose a ambos cabezales a 35 – 40 lb.

Todos los compresores tienen un automático que cuando baja la presión de aire en el tanque se acciona y pone en funcionamiento el compresor. Una vez que completa su carga en el tanque automático se apaga el motor eléctrico.

Tabla No 6: Datos técnicos del compresor de aire

Modelo:	SRP - 3030
Nº de serie:	15606
Presión máxima:	160 psi.
Rotación:	2950 rpm
Motor eléctrico de:	380 – 600 Voltios, 50Hz, rotación 2950 rpm, 22HP

Fuente: Elaboración propia, 2023

Figura No 27: Compresores de aire



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.2.2.6 Regulador de aire

El regulador de aire es el que regula la presión alta que viene desde el compresor de 140 a 70 lb., y se distribuye al cabezal a 35 lb., cuando hace su paso el aire arrastra una gota de aceite para lubricar las cubetas que se encuentran al interior del cabezal.

Figura No 28: Compresores de aire



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.2.2.7 Carrusel al Carrusel de llenado de GLP para Cilindros

En la planta existen 18 balanzas o llamado también **Carrusel de llenado de GLP** marca (Kosan Crisplant) trabajan juntos al mismo tiempo, el trabajo principal que realiza es la de llenar de GLP a las garrafas a la cantidad exacta, esto lo realizan impulsado por una bomba de succión que se encuentra en la sección del manifold aumentando su presión más que el del tanque de almacenamiento. (YPFB CORPORACION, 2021)

Figura No 29: Carrusel de llenado de GLP



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.2.2.8 Tableros de control eléctrico

En la figura siguiente se muestra el interruptor principal con su palanca, el cual corta el suministro eléctrico en caso de emergencia. La energía eléctrica que llega hasta los controles por cables, pero bien protegidos por cañerías de 3/8" por su interior para evitar contactos con el agua así no causar un corte circuito.

Una vez que se sube la palanca inmediatamente se prosigue en prender la bomba A o B, después se prende al mismo tiempo el compresor.

Figura No 30: Carrusel de llenado de GLP



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.2.2.9 Bomba contra incendios

La planta cuenta con un sistema contra incendios conformado por una bomba principal, piping e hidrantes. La función principal de la bomba es la de generar presión y despachar el agua a una presión determinada, la cual por medio de las tuberías llega a los hidrantes, de esta manera se constituye como un medio efectivo de extinción de fuegos en casos de emergencias.

Figura No 31: Bomba principal contra incendios



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.2.3 Diagnóstico del Sistema de despacho de GLP

La planta en la actualidad a parte de realizar el proceso de engarrafado de GLP, cuenta con un sistema de carguío a cisternas provisto por una bomba del tipo paletas, a través del cual realizan el despacho del combustible a otras centrales de almacenamiento. En la tabla siguiente se detalla un promedio de los despachos realizados por la planta Qhora Qhora.

Tabla No 7: Número de cisternas despachadas de la planta Qhora Qhora

DESTINO	Despacho de cisternas x semana	Despacho de cisternas x mes	Capacidad (TM x día)
Planta Envibol	4	16	22
Planta engarrafadora de Camargo	3	12	22
Planta engarrafadora de Tarabuquillo		1	22
TOTAL	7	29	

Fuente: Elaboración propia, 2023

Por lo descrito en el cuadro anterior, la planta Qhora Qhora despacha un promedio de 1 camión cisterna de GLP por día y 29 camiones por mes.

Como se mencionó líneas arriba, no existe información clara sobre los puntos de operación de la bomba, pero se pueden realizar estimaciones según un criterio técnico:

- La presión diferencial según registro del operador es de 3,5 a 4 bar, es decir la presión que sale de la bomba, a esa presión se le suma la presión a la cual el GLP sale del tanque de almacenamiento.
- Según las condiciones geográficas de la planta Qhora Qhora (3000 msnm), temperatura promedio (15 °C), la presión de descarga de GLP sería de aproximadamente 3 bar
- Sumando las dos presiones, se tiene:

$$\text{Presión Total (bar)} = 4 \text{ bar} + 3 \text{ bar} = 7 \text{ bar}$$

- Tomando en cuenta, que el tiempo de llenado de GLP a un camión cisterna (35 m³) es de 39 minutos (0,6 horas), calculamos el caudal:

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = \text{Volumen} / \text{Tiempo} \quad (3)$$

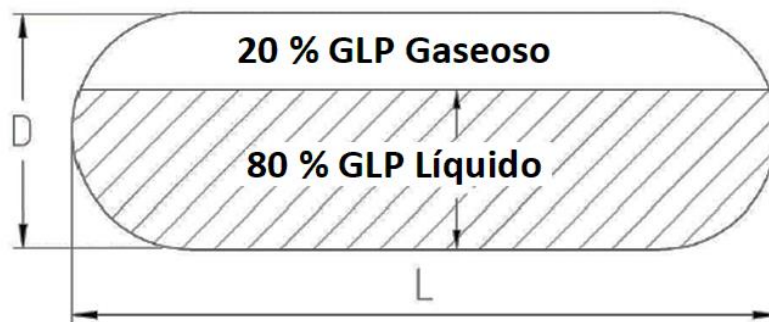
$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = 35 \text{ m}^3 / 0,65 \text{ hrs} = 54 \text{ m}^3\text{/h}$$

2.2.3.1 Cálculo de la pérdida de vapor residual de GLP

En el tanque de GLP coexisten dos fases o estados (líquido y vapor), cuando se realiza la extracción del producto se va reduciendo la presión de la fase vapor rompiéndose el equilibrio entre las dos fases, como consecuencia de ello, se produce la vaporización natural de la fase líquida para tender a recuperar el equilibrio perdido.

Por lo general, los tanques de GLP suelen llenarse entre un 80 a 85% dependiendo de las condiciones climáticas en exteriores del tanque.

Figura No 32: Esquema proporcional de la distribución líquido-gas



Fuente: Elaboración propia, 2023

Para calcular el volumen de GLP Gaseoso, se deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

$$\begin{aligned} 1 \text{ lt de GLP Líquido} &= 273 \text{ lt de GLP Gaseoso} \\ 1 \text{ m}^3 \text{ de GLP Líquido} &= 0,273 \text{ m}^3 \text{ de GLP Gaseoso} \end{aligned}$$

Tomando en cuenta la relación:

- 20% Volumen de GLP gaseoso
- 80% Volumen de GLP líquido.

- Volumen Total del tanque = 76,5 m³

Calculamos los volúmenes de cada fase:

$$\text{Volumen GLP Gaseoso} = 76,5 * 0,2 = 15,3 \text{ m}^3 (15.300,00 \text{ L})$$

$$\text{Volumen GLP Liquido} = 76,5 * 0,8 = 61,2 \text{ m}^3 (61.200,00 \text{ L})$$

Entonces, la equivalencia de GLP Gaseoso a GLP líquido, será:

$$\text{VOL GLP LIQUIDO (Lt)} = \frac{15300 \text{ lt GLP GASEOSO} * 1 \text{ lt de GLP Liquido}}{273 \text{ lt GLP GASEOSO}}$$

$$\text{VOL GLP LIQUIDO (Lt)} = 56 \text{ lt}$$

Lo que quiere decir que la bomba de paletas, al momento de realizar el trasvase de GLP desperdicia 56 Lt de GLP en estado líquido por cisterna. Por ende, tomando en cuenta un total de 29 cisternas al mes como indica el Cuadro No 2.7, se tendría una pérdida mensual de:

$$\text{Vol. mensual de GLP Liquido perdido (Lt)} = 56 \text{ lt} * 29 \text{ cisternas} = 1.624,00 \text{ Lt}$$

2.3 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

El objetivo principal del presente proyecto es la selección de un compresor de GLP, debido a las pérdidas mensuales que hay a través de la bomba de paletas; por ende, la propuesta consistirá básicamente en la selección del compresor y accesorios del mismo.

2.3.1 Selección del compresor

Seleccionar un compresor para GLP resulta un proceso complejo debido a que se toman en cuenta diversas variables que dificultan el cálculo exacto del posible desempeño del equipo elegido. Las empresas proveedoras de los mismos ofrecen tablas de selección en los que se consideran los principales aspectos:

- Tipo de combustible (propano, butano, mezcla de ambos, gas natural).
- Aplicación del equipo (planta de llenado de cilindros, operación de llenado – recuperación de vapor).

- Presión requerida por el sistema
- Caudal de GLP líquido a trasegar durante la operación de llenado.
- Temperatura de Transferencia de Líquido con o sin recuperación de vapor.

Inicialmente se tabulará los datos técnicos de la bomba, los cuales deberán ser homologados con un fabricante de compresores.

a) Datos preliminares:

- La presión diferencial = $\Delta P = 3,5$ a 4 bar
- Altura geográfica = 3000 msnm
- Temperatura promedio = 15 °C
- Presión de descarga de GLP = 3 bar
- Presión Total = 7 bar
- Caudal = $Q = 54 \text{ m}^3/\text{h}$

Se podrá incrementar el caudal para poder reducir el tiempo de llenado del camión cisterna, es decir se podrá sugerir un caudal de 80 m³/h, de esta manera el tiempo de llenado será de 24 minutos.

La planta Qhora Qhora almacena una mezcla de GLP de 70% propano – 30% butano, la aplicación del compresor es para operación de llenado y posterior recuperación del vapor remanente, por lo que mínimamente se deberá cumplir con los siguientes parámetros:

b) Parámetros operativos y de construcción

Los parámetros operativos a considerar se detallan en la tabla No 2.8

Tabla No 8: Parámetros operativos del compresor de GLP

Uso:	Compresor vertical fabricada exclusivamente para trasvase de GLP
Tecnología:	Compresor vertical
Caudal:	54 m ³ /h (833 lt/min)
Máxima presión de trabajo: (de acuerdo a datos de la bomba de paletas)	Máximo de 23 Bar (335 psi)

Temp. máxima de salida: (de acuerdo a datos de la bomba de paletas)	77 °C (350 °F)
Desplazamiento del pistón a mínimo rpm (400):	Definir por el fabricante
Seguridad:	A prueba de explosiones (Explosion Proof) según norma ATEX o IEC.
Conexión de succión:	Bridado 2" (Flanged)
Conexión de descarga:	Bridado 1" (Flanged)

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tomando en cuenta parámetros constructivos de la bomba de paletas, se sugerirá la misma materialidad para el compresor.

Tabla No 9: Materialidad del compresor de GLP

Cabeza y cilindro:	Hierro dúctil ASTM A536
Cárter de guía de cruceta, volante, porta cojinetes:	Hierro gris ASTM A48, Clase 30
Brida:	Hierro dúctil ASTM A536
Pistón:	Hierro gris ASTM A48, Clase 30
Cruceta:	Hierro gris ASTM A48, Clase 30
Expansores de ring:	Acero inoxidable 302
Cartucho de empaque, biela:	Hierro dúctil ASTM A536
Empaquetadura de rings:	Alloy 50
Conector:	Acero C1018
Pasador de conector:	Bronce SAE J461
Rodamiento principal:	Rodillo cónico
Placa de inspección:	Aluminio
O – rings :	BUNA N , Neoprene
Rings de retención:	Acero
Diversas juntas:	Composiciones de caucho

Fuente: Elaboración propia, 2023

Finalmente se tomará en cuenta parámetros eléctricos referentes al motor.

Tabla No 10: Datos del motor eléctrico

Potencia:	De acuerdo al fabricante
Corriente:	De acuerdo al fabricante
Voltaje:	380 V
Revoluciones:	De acuerdo al fabricante
Frecuencia:	50 Hz
Temperatura:	40 °C

Fuente: Elaboración propia, 2023

Dentro del proceso selectivo, se analizarán las marcas más influyentes dentro del mercado nacional:

- Compresor de GLP CORKEN, de fabricación americana.
- Compresor de GLP BLACKMER, de fabricación americana.
- Compresor de GLP MHB, de fabricación argentina.

2.3.1.1 Selección del compresor CORKEN

Corken es una marca muy reconocida en el mercado referente a la fabricación de compresores industriales, bombas, válvulas bypass, y accesorios diseñados para gas licuado de petróleo (GLP), amoníaco anhidro, y muchos otros líquidos y gases inflamables, volátiles y tóxicos, actualmente aproximadamente el 35% del mercado nacional es abarcado por esta marca. (CORKEN, 2019)

El modelo más eficiente de compresor a utilizar según el catálogo del fabricante Corken es el LB601, que permitirá realizar el llenado de líquido y la recuperación de vapor en un tiempo de 37 minutos, para lo cual requerirá una potencia máxima de 11 KW (15 HP).

Tabla No 11: Catálogo del fabricante CORKEN

Servicio	Capacidad ¹	Desplazamiento cfm	Compresor		Tamaño Polea Inductor P.D. ²		Caballaje del Inductor				Tamaño Plomería ³	
			Modelo	RPM	1,750 RPM	1,450 RPM	Transferencia de Líquido y Recuperación Vapor Residual		Transferencia de Líquido sin Recuperación Vapor Residual		Vapor	Líquido
							100°F	80°F	100°F	80°F		
Plantas pequeñas granel	23	4	91	400	A 3.0	B 3.6	5	3	3	3	3/4	1-1/4
	29	5	91	505	B 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	291	345	A 3.0	A 3.6	3	3	3	3	1	1-1/2
Descarga un solo carro tanque o transporte	45	8	91	800	B 6.2	B 7.4	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1	1-1/2
	44	8	291	390	A 3.4	B 4.0	5	3	3	3	1	1-1/2
	50	9	291	435	A 3.8	B 4.6	5	5	3	3	1	1-1/2
	56	10	291	490	B 4.4	B 5.2	5	5	5	5	1	2
	61	11	291	535	B 4.8	B 5.8	5	5	5	5	1	2
	66	12	291	580	B 5.2	B 6.2	7-1/2	5	5	5	1	2
	71	13	291	625	B 5.6	B 6.6	7-1/2	5	7-1/2	5	1-1/4	2
	79	14	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	291	735	B 6.6	B 8.0	10	7-1/2	10	7-1/2	1-1/4	2-1/2
	84	15	491	345	A 3.0	A 3.6	7-1/2	7-1/2	5	5	1-1/4	2-1/2
	89	16	291	780	B 7.0	B 8.6	10	10	10	10	1-1/4	2-1/2
89	16	491	370	A 3.2	A 3.8	7-1/2	7-1/2	7-1/2	5	1-1/4	2-1/2	

Fuente: CORKEN, 2021

En la tabla siguiente se detallan las características principales del equipo de compresión seleccionado:

Tabla No 12: Resumen del compresor seleccionado CORKEN

Parámetros	Resultados	
País de origen	EEUU	
Marca	Corken	
Modelo	291/F291	
No de pistones	2	
Diámetro del embolo	pulg	3
	mm	76,2
Carrera	pulg	2,5
	mm	63,5
Desplazamiento del pistón @ 825 rpm	16,9	
	28,7	
Velocidad del compresor	Mínimo rpm	400
	Máximo rpm	825
Presión de trabajo máxima	psi	335
	bar	23,1
Máxima potencia al Freno	HP	15
	KW	11
Máxima Temperatura de descarga	°F	350
	°C	30
Conexiones de entrada y salida	pulg	2
	mm	50

Fuente: Elaboración propia, 2023

2.3.1.2 Selección del compresor BLACKMER

BLACKMER, es marca más reconocida en el mundo referente al tratamiento del GLP (compresores, bombas, válvulas bypass, y accesorios diseñados para GLP), actualmente manejan la mayor parte del mercado nacional. (Blackmer, 2019)

El modelo más eficiente de compresor a utilizar según el catálogo del fabricante Blackmer es el LB601, que permitirá realizar el llenado de líquido y la recuperación de vapor en un tiempo de 39 minutos, para lo cual requerirá una potencia máxima de 11 KW (15 HP).

Tabla No 13: Catálogo compresores de GLP BLACKMER

Modelo	Velocidad rpm	Descarga de transferencia de líquido aproximada ¹		Desplazamiento del pistón		Tamaño del controlador ²		Diámetro de la tubería ³			
		gpm (EE. UU.)	l/min	CFM	m ³ /hr	HP	kW	Vapor		Líquido	
								pul.	mm	pul.	mm
LB081	425	25	93	4.2	7.2	1.5	1.1	0.75	19	1.5	38
	560	32	123	5.6	9.5	3	2				
	715	41	157	7.2	12.2	3	2				
	780	45	171	7.8	13.3	5	4				
	810	46	174	8.1	13.8	5	4				
LB161 LB162	425	49	186	8.5	14.4	3	2	1	25	2	50
	560	65	246	11.2	19.0	5	4				
	715	83	314	14.3	24.3	5	4				
	780	90	341	15.6	26.5	7.5	6				
	810	92	348	16.2	27.5	7.5	6				
LB361 LB362	495	123	466	21.3	36.2	7.5	6	1 1/4	32	2 1/2	65
	540	134	507	23.2	39.5	10	7				
	650	161	609	28.0	47.5	10	7				
	780	194	734	33.5	57.0	15	11				
	810	201	761	34.8	59.1	15	11				
LB601 LB602	545	242	916	42.0	72.0	15	11	1 1/2 - 2	38-50	3	80
	655	288	1,090	50.6	85.9	20	15				
	755	335	1,268	58.7	99.8	25	19				
	800	355	1,344	62.2	105.7	30	22				
								2 - 2 1/2	50-65	4	100

Fuente: BLACKMER, 2023

En la tabla siguiente se detallan las características principales del equipo de compresión seleccionado:

Tabla No 14: Resumen del compresor seleccionado CORKEN

Parámetros	Resultados	
País de origen	EEUU	
Marca	Blackmer	
Modelo	LB601	
No de pistones	2	
Diámetro del embolo	pulg	4,625
	mm	101,6
Carrera	pulg	3,00
	mm	76,2
Desplazamiento del pistón @ 825 rpm	107,9	
	63,5	
Velocidad del compresor	Mínimo rpm	350
	Máximo rpm	825
Presión de trabajo máxima	psi	350
	bar	24,13
Máxima potencia al Freno	HP	15
	KW	11
Máxima Temperatura de descarga	°F	40
	°C	30
Conexiones de entrada y salida	pulg	2
	mm	50

Fuente: Elaboración propia, 2023

2.3.1.3 Selección del compresor MHB

MHB, es marca de fabricación argentina, se especializa en la conducción de GLP y combustibles (compresores y bombas), actualmente son bastante reconocidos en argentina, respecto a Bolivia cuentan con un parque instalado de bombas en la planta Margarita, la cual es administrado por Repsol. (MHB BOMBAS & COMPRESORES, 2017)

El modelo más eficiente de compresor MHB es modelo 751, el cual trata de un compresor Alternativo, vertical bicilíndrico, de cámara seca para transferencia y recuperación del vapor de GLP, el cual permitirá realizar el llenado de líquido y la recuperación de vapor en un tiempo de 38 minutos, para lo cual requerirá una potencia máxima de 11 KW (15 HP).

Cabe recalcar que el fabricante MHB no cuenta con un catálogo en línea, por lo que se tuvo que tomar contacto de manera directa con el fabricante.

Tabla No 15: Resumen del compresor seleccionado MHB

Parámetros	Resultados	
País de origen	Argentina	
Marca	MHB	
Modelo	750	
No de pistones	2	
Diámetro del embolo	pulg	-
	mm	101
Carrera	pulg	-
	mm	76,2
Desplazamiento del pistón @ 825 rpm	-	
	1020	
Velocidad del compresor	Mínimo rpm	300
	Máximo rpm	825
Presión de trabajo máxima	psi	-
	bar	19,7
Máxima potencia al Freno	HP	15
	KW	11
Máxima Temperatura de descarga	°F	150
	°C	-
Conexiones de entrada y salida	pulg	2
	mm	50

Fuente: MHB, 2023

2.3.1.4 Análisis comparativo Técnico - Comercial

De acuerdo a los tres compresores seleccionados, se realizará una tabla comparativa para seleccionar la mejor opción; respecto al precio de cada equipo, se solicitó una cotización vía fabrica o con los representantes en Bolivia.

Tabla No 16: Tabla comparativa de compresores de GLP

Parámetros	Compresor CORKEN	Compresor BLACKMER	Compresor MHB
Modelo	291/F291	LB601	750
País de origen	EEUU	EEUU	Argentina
Caudal (m ³ /h)	56	55	55
Tiempo de carguío de la cisterna (min)	37	38	38
Numero de pistones	2	2	2
Velocidad (rpm)	825	825	825
Transmisión	Correa	Correa	Correa
Conexiones (pulg)	2	2	2
Montaje	Portátil	Portátil	Portátil
Potencia del motor (HP)	15	15	15
Estructura para Montaje	Skid	Skid	Skid
Pruebas de certificación	No	No	Si
Costo (USD)	35.000,00	60.000,00	40.000,00
Tiempo de entrega (días)	90	90	60
Representación en Bolivia	No	Si	Si
Servicio Técnico especializado	No	No	No

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tomando en cuenta el cuadro anterior, valorando parámetros de gran valor (precio, tiempo de entrega, cercanía de la fábrica, representación en Bolivia, caudal, tiempo de llenado, etc.) el modelo seleccionado será el siguiente:

Compresor de GLP MHB modelo 751 con motor de 15 HP

2.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.4.1 Análisis de Resultados

Se determinó que en la planta Qhora Qhora actualmente se realiza el despacho promedio de 1 cisterna por día y un total de 29 mensuales, por lo que considerando un llenado del 80% de la capacidad total de GLP, existe una pérdida por vapor remanente de aproximadamente de 1.624,00 litros mensuales lo que equivale a 19.488,00 litros anuales, es decir, se pierde casi un camión cisterna de GLP al año, lo cual es considerado como excesivo en términos económicos.

Muy importante resaltar que el vapor no recuperado no solo genera pérdidas económicas, también afecta y generan daños de consideración a las bombas, esto debido al fenómeno de la cavitación debido al vapor succionado por la bomba. Según comentarios extraídos de los operadores de planta, estos manifiestan que con la antigüedad de las bombas con la que actualmente cuentan, las reparaciones por problemas en la estructura mecánica son más frecuentes.

Tomando en cuenta parámetros operativos de la bomba de paletas con la que actualmente cuentan en la planta Qhora Qhora, se homologaron esos datos de diseño para que los mismos sean de cumplimiento con el compresor seleccionado, con esta medida se garantizará que el compresor cumpla con los puntos de operación, así como lo estuvo haciendo hasta la actualidad la bomba.

Finalmente se realizó la selección del compresor MHB 751 con motor de 15 HP de fabricación argentina, esto debido a que la ingeniería de ese país es muy confiable y dio buenos resultados en el rubro Oil&Gas en el país, por otro lado, se garantiza una adquisición de repuestos rápida, esto debido a que la fábrica se encuentra muy cerca de Bolivia, por lo que para la importación de dichos repuestos esta se la puede realizar via terrestre abaratando costos en comparación a los equipos provenientes de EEUU, para los cuales resulta más costos e implica mayor tiempo en el tránsito de repuestos en caso de ser requerido.

2.4.2 Discusión de Resultados

Como se mencionó en los antecedentes del presente proyecto, no se pudieron recabar información de trabajos de investigación relacionados con el tema de estudio, ni a nivel local, nacional e internacional, por lo que no es posible realizar una comparativa de los resultados obtenidos con dichos trabajos.

2.5 CONCLUSIONES

<p>Elaborar una descripción de la planta de almacenamiento y engarrafadora de GLP Qhora Qhora.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La planta Qhora Qhora realiza operaciones de engarrafado de y almacenamiento de GLP. • La planta de almacenamiento cuenta con 8 tanques horizontales para el almacenamiento de GLP. • Actualmente se realiza el despacho de 1 camión cisterna por día y 29 camiones por mes, los cuales son enviados a las plantas engarrafadoras de Camargo y tanques de la planta ENVIBOL.
<p>Determinar el volumen de GLP desperdiciado mediante el trasvase de GLP mediante la bomba tipo paletas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se determinó que existe una pérdida de 56 lts de GLP en estado líquido por cada operación de trasvase a un camión cisterna, lo que equivale a una pérdida de 1.624,00 lts mensuales y 18.988,00 lts anuales.
<p>Seleccionar tres compresores de GLP comerciales con presencia en el país en base a los parámetros operativos de la planta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se seleccionaron tres modelos de compresores de GLP de acuerdo a la presencia en Bolivia. <ul style="list-style-type: none"> - CORKEN 291/F291 - BLACKMER LB601 - MHB 751
<p>Analizar mediante criterios Técnico - Económico la mejor alternativa sobre la provisión del compresor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El compresor seleccionado MHB modelo 751 con motor de 15 HP, es el que mejor se ajusta a los requerimientos de la planta Qhora Qhora tomando criterios técnicos y económicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcoba, Y. C. (2023). Jefa de Proyectos Multisteel Bolivia. (R. A. Llanos, Entrevistador)
- Blackmer. (2019). Compresores Serie LB. Michigan, EEUU: Blackmer.
- Blackmer. (2021). Bombas de desplazamiento positivo. Michigan, EEUU: Blackmer.
- CORKEN. (2019). Bombas Serie GLP. Oklahoma, EEUU: CORKEN.
- Kosan Crisplant. (2022). *MAKEEN Gas Solutions*. Obtenido de <http://www.kosancrisplant.com/en/home/>
- López, J. E. (2001). *Manual de instalaciones de GLP*. Madrid - España: CEPESA ELF GAS, S.A.
- MHB BOMBAS & COMPRESORES. (2017). COMPRESORES DE GLP. BUENOS AIRES, ARGENTINA: MHB.
- Ministerio de Hidrocarburos. (30 de Abril de 1996). DECRETO SUPREMO N° 24721. La Paz, Bolivia.
- Morales, C. A. (2014). Dimensionamiento de Sistema Centralizado de Almacenamiento y Distribución de Gas Licuado de Petróleo para Planta Metalúrgica . GUAYAQUIL, ECUADOR: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- PEMEX. (2007). *Petroleros Mexicanos*. Recuperado el 5 de Abril de 2012, de Petroleros Mexicanos: <http://www.gas.pemex.com>
- SANDOVAL, L. L. (2012). DISEÑO DE UNA PLANTA ENGARRAFADORA DE GLP EN EL MUNICIPIO DE COTAGAITA. COCHABAMBA, BOLIVIA: ESCUELA MILITAR DE INGENIERIA.
- YPFB CORPORACION. (2021). INFORME DE MANTENIMIENTO PLANTA ENGARRAFADORA. SUCRE, BOLIVIA: YPFB.

ANEXOS

ANEXO "A": CATALOGO DEL FABRICANTE CORKEN

Serie GLP

Compresores y Bombas Estacionarias para GLP y NH₃ Aplicaciones Planta de Almacenamiento



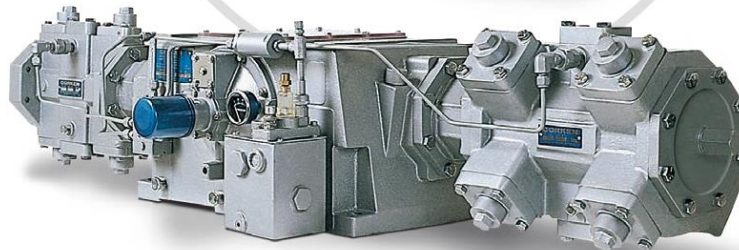
Compresor
Modelo 491



Bomba Modelo Z4500



Bomba Modelo C12



Compresor Modelo HG602

CORKEN

A Unit of IDEX Corporation

Compresor Reciprocante de Gas Características y Ventajas



Conexiones:
Disponible con rosca NPT o bridas Clase RF 300

Válvulas de Alta Eficiencia:
Las válvulas son silenciosas y muy durables. Disponibles las válvulas de succión especiales que toleran pequeñas cantidades de condensados.

Sellos O-ring:
Fácil de instalar los sellos O-rings de la cabeza y el cilindro.

Construcción en hierro dúctil:
El cilindro y la cabeza están hechos de hierro dúctil para una máxima resistencia a los choques térmicos.

Anillos de pistón autolubricados de PTFE:
Diseño de anillos de pistón de última generación para proporcionar el funcionamiento más económico de los compresores para servicio sin lubricación. El diseño de corte escalonado proporciona mayor eficiencia durante toda la vida útil del anillo del pistón.

Pistón bloqueo positivo:
El diseño simple del pistón permite que la tolerancia del extremo se establezca de manera precisa para proporcionar la máxima eficiencia y una vida útil prolongada.

Sellos vástago del pistón:
Sellos construidos en PTFE que incorporan rellenos especiales para maximizar el control de fugas. El diseño del sello cargado por resorte se ajusta automáticamente para compensar el desgaste normal.

Vástago de pistón recubierto en Nitrotec®:
El recubrimiento de nitruro impregnado proporciona una resistencia superior a la corrosión y al desgaste.

Bielas de hierro fundido:
Las bielas durables de hierro fundido brindan una resistencia superior a la corrosión y al desgaste.

Cárter con filtro lubricado a presión:
La bomba de aceite de inversión automática garantiza una lubricación adecuada independiente de la rotación direccional a los metales principales de la biela. El filtro estándar de 10 micrones garantiza una prolongada vida útil de los rodamientos (no disponible en el Modelo 91).

Modelo F291 (una etapa)

¿Porque seleccionar un compresor para transferencia de GLP y NH₃?

Muchos sistemas de plomería de GLP no proporcionan las condiciones de NPSH ideales para las bombas de líquidos. Como resultado, las malas condiciones de NPSH conducen a un mantenimiento excesivo de la bomba. Dado que los compresores solo están expuestos a los vapores, no se ven afectados por las malas condiciones del NPSH. Un compresor es la solución perfecta para transferir líquidos desde y hacia los tanques con conexiones de descarga en la parte superior (por ejemplo, vagones cisterna y tanques enterrados).

Máxima versatilidad...

Se puede conectar un compresor para múltiples aplicaciones de planta. Muchas veces se utiliza un compresor de descarga de vagones cisterna para cargar y descargar camiones.

Las aplicaciones comunes incluyen transferencia de líquidos entre tanques, carga y descarga de líquidos, recuperación de vapor, y trabajos de evacuación con fines de mantenimiento.

Varios modelos para satisfacer sus necesidades...

Corken ofrece cinco tamaños de compresores verticales de una etapa (Modelos 91, 291, 491, 691, y 891) para aplicaciones en GLP/NH₃. Los compresores son disponibles con conexiones NPT roscadas o bridas RF Clase 300 y cubren un rango completo de capacidades desde 4.1 a 117 cfm (7.0 a 198.8 m³/hr) en transferencia de líquido. Las bridas RF Clase 300 dramáticamente mejoran el control de fugas y la integridad estructural.

¹ Marca registrada de TTI Group Ltd.

ANEXO “A”: CATALOGO DEL FABRICANTE CORKEN (continuación)

Tabla de Selección Compresor Para Propano

Servicio	Capacidad ¹	Desplazamiento cfm	Compresor		Tamaño Polea Inductor PD ²		Caballaje del Inductor				Tamaño Plomería ³	
			Modelo	RPM	1,750 RPM	1,450 RPM	Transferencia de Líquido y Recuperación Vapor Residual		Transferencia de Líquido sin Recuperación Vapor Residual		Vapor	Líquido
							100°F	80°F	100°F	80°F		
Plantas pequeñas granel	23	4	91	400	A 3.0	B 3.6	5	3	3	3	3/4	1-1/4
	29	5	91	505	B 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	291	345	A 3.0	A 3.6	3	3	3	3	1	1-1/2
Descarga un solo carro tanque o transporte	45	8	91	800	B 6.2	B 7.4	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1	1-1/2
	44	8	291	390	A 3.4	B 4.0	5	3	3	3	1	1-1/2
	50	9	291	435	A 3.8	B 4.6	5	5	3	3	1	1-1/2
	56	10	291	490	B 4.4	B 5.2	5	5	5	5	1	2
	61	11	291	535	B 4.8	B 5.8	5	5	5	5	1	2
	66	12	291	580	B 5.2	B 6.2	7-1/2	5	5	5	1	2
	71	13	291	625	B 5.6	B 6.6	7-1/2	5	7-1/2	5	1-1/4	2
	79	14	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	291	735	B 6.6	B 8.0	10	7-1/2	10	7-1/2	1-1/4	2-1/2
	84	15	491	345	A 3.0	A 3.6	7-1/2	7-1/2	5	5	1-1/4	2-1/2
89	16	291	780	B 7.0	B 8.6	10	10	10	10	1-1/4	2-1/2	
89	16	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 más carros tanques por vez o transportes grandes con válvula exceso de flujo de capacidad adecuada	95	17	491	390	A 3.4	B 4.0	7-1/2	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	101	18	491	415	A 3.6	B 4.4	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	106	19	491	435	A 3.8	B 4.6	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	108	20	491	445	B 4.0	B 4.8	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	114	21	491	470	B 4.2	B 5.0	10	7-1/2	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	119	22	491	490	B 4.4	B 5.2	10	10	7-1/2	7-1/2	1-1/4	3
	125	23	491	515	B 4.6	B 5.6	10	10	10	7-1/2	1-1/4	3
	130	24	491	535	B 4.8	B 5.8	15	10	10	10	1-1/4	3
	136	25	491	560	B 5.0	B 6.0	15	10	10	10	1-1/4	3
	141	26	491	580	B 5.2	B 6.2	15	10	10	10	1-1/4	3
	147	27	491	605	B 5.4	B 6.4	15	10	15	10	1-1/4	3
	152	28	491	625	B 5.6	B 6.6	15	15	15	15	1-1/2	3
	158	29	491	650	B 5.8	B 7.0	15	15	15	15	1-1/2	3
	163	30	491	670	B 6.0		15	15	15	15	1-1/2	3
	163	30	691	400	B 4.4	B 5.2	15	15	10	10	1-1/2	3
168	31	491	695	B 6.2	B 7.4	15	15	15	15	1-1/2	3	
171	31	691	420	B 4.6	B 5.6	15	15	10	10	1-1/2	3	
179	32	491	740	B 6.6	B 8.0	15	15	15	15	1-1/2	3	
178	32	691	440	B 4.8	B 5.8	15	15	10	10	1-1/2	3	
186	34	691	455	B 5.0	B 6.0	15	15	15	10	1-1/2	3	
193	35	691	475	B 5.2	B 6.2	15	15	15	10	1-1/2	3	
200	36	691	495	B 5.4	B 6.4	15	15	15	15	1-1/2	3	
Descarga carros tanques grandes, múltiple recipientes, barcazas o terminales	208	38	691	510	B 5.6	B 6.8	20	15	15	15	1-1/2	4
	215	39	691	530	B 5.8	B 7.0	20	15	15	15	1-1/2	4
	223	41	691	550	B 6.0	A 7.0	20	15	15	15	1-1/2	4
	230	42	691	565	B 6.2	B 7.4	20	15	15	15	2	4
	237	43	691	585	B 6.4	A 7.4	20	15	15	15	2	4
	245	45	691	605	B 6.6	B 8.0	20	15	15	15	2	4
	252	46	691	620	B 6.8		20	20	15	15	2	4
	260	47	691	640	B 7.0	A 8.2	20	20	20	15	2	4
	275	48	691	675	B 7.4	B 8.6	25	20	20	20	2	4
	297	54	691	730	B 8.0	B 9.4	25	20	20	20	2	4
319	58	691	785	B 8.6		25	20	25	20	2	4	
334	60	691	820	TB 9.0	A 10.6	30	25	25	20	2	4	
452	82	D/FD891	580	5V 7.1	5V 8.5	30	30	30	30	3	6	
623	113	D/FD891	800	5V 9.75	5V 11.8	40	40	40	30	3	6	

¹ Las capacidades se muestran basadas en 70°F, pero varían según la plomería, los accesorios utilizados, el producto trasegado y la temperatura. Si lo requiere la fábrica puede suministrar un análisis informático detallado.

² Poleas inductoras: 91- 2 correas; 291, 491- 3 correas; 691- 4 correas.

³ Los tamaños de plomería mostrados se consideran mínimos. Si la longitud excede los 100 pies, use el siguiente tamaño más grande.

Consultar a la fábrica para compresores con caudales más grandes.

ANEXO "B": CATALOGO DEL FABRICANTE BALCKMER

Compresores Serie LB

COMPRESORES DE GAS RECIPROCANES | CATALOGO DE PRODUCTO

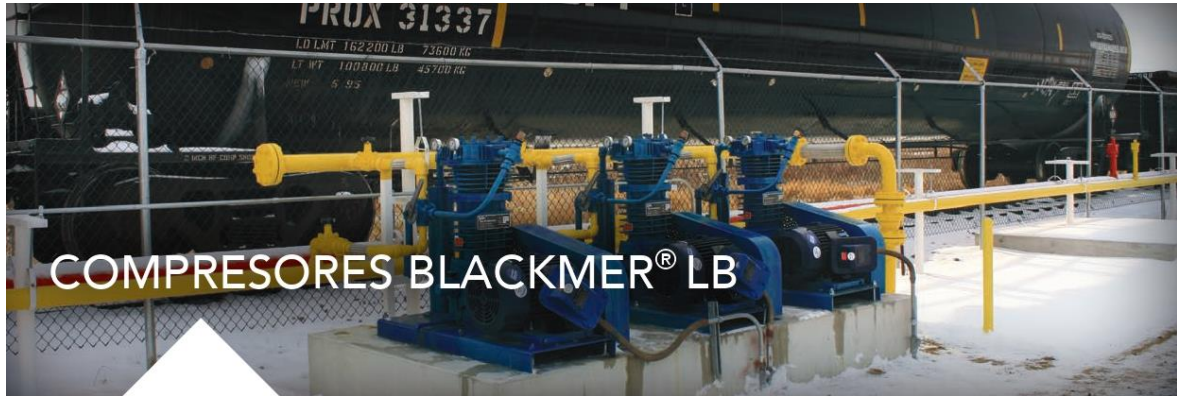


Blackmer

Where Innovation Flows



ANEXO “B”: CATALOGO DEL FABRICANTE BALCKMER (continuación)



Compresores LB | Aplicaciones

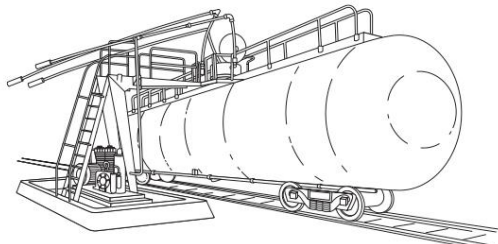
Los compresores LB de Blackmer pueden usarse en muchos sectores y en muchas situaciones. En general, la mayoría de las aplicaciones de GLP y de amoníaco anhidro caen en dos categorías:

Transferencia de gas licuado:

Muchas aplicaciones de transferencia de líquidos pueden manejarse con más eficacia utilizando un compresor de gas alternativo en lugar de una bomba. Los compresores están particularmente bien adaptados para la transferencia de gas licuado en situaciones donde la tubería del sistema restringe el flujo y puede provocar que una bomba se cavite.

La aplicación más común de esta técnica es la descarga de GLP y amoníaco anhidro de los vagones hacia los contenedores de almacenamiento estacionario u otras situaciones que requieren una elevación inicial hacia el líquido. Los compresores también pueden usarse para la transferencia de líquido general en una planta, como un tanque de almacenamiento para transportar o un camión de carga a granel, y de vuelta al tanque de almacenamiento.

Después de que el líquido se expulsó del contenedor, se realiza una operación de recuperación de vapor.



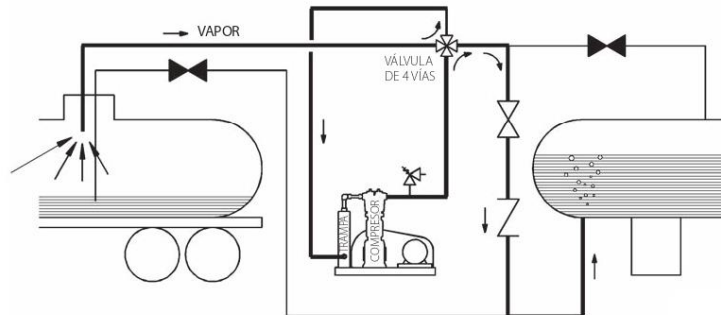
Sistema de recuperación de vapor del carro del tanque

Recuperación de vapor:

Cuando se completó la fase de la transferencia de líquido, se deja una cantidad significativa de producto líquido y en vapor dentro del contenedor; con frecuencia, un 3 % o más de la capacidad del contenedor.

La recuperación del gas o líquido restante es vital para las consideraciones ambientales, de seguridad y económicas, y puede hacerse fácilmente con un compresor de gas reciprocante. Al ajustar una válvula, la presión se reduce en el contenedor de suministro, que vaporiza los líquidos. El compresor comprimirá ligeramente los vapores y los descargará en el tanque de almacenamiento, donde se condensarán de vuelta a estado líquido.

Las aplicaciones específicas de recuperación de vapor son los vapores que quedan en un contenedor antes de realizar operaciones de mantenimiento o acondicionamiento, y la evacuación de cilindros, mangueras y tuberías.



ANEXO “B”: CATALOGO DEL FABRICANTE BALCKMER (continuación)



Información de selección de compresores LB | GLP y amoniaco anhidro

Modelo	Velocidad rpm	Descarga de transferencia de líquido aproximada ¹		Desplazamiento del pistón		Tamaño del controlador ²		Diámetro de la tubería ³			
		gpm (E.E. U.U.)	l/min	CFM	m ³ /hr	HP	kW	Vapor		Líquido	
								pul.	mm	pul.	mm
LB081	425	25	93	4.2	7.2	1.5	1.1	0.75	19	1.5	38
	560	32	123	5.6	9.5	3	2				
	715	41	157	7.2	12.2	3	2				
	780	45	171	7.8	13.3	5	4				
	810	46	174	8.1	13.8	5	4				
LB161 LB162	425	49	186	8.5	14.4	3	2	1	25	2	50
	560	65	246	11.2	19.0	5	4				
	715	83	314	14.3	24.3	5	4				
	780	90	341	15.6	26.5	7.5	6				
	810	92	348	16.2	27.5	7.5	6				
LB361 LB362	495	123	466	21.3	36.2	7.5	6	1 1/4	32	2 1/2	65
	540	134	507	23.2	39.5	10	7				
	650	161	609	28.0	47.5	10	7				
	780	194	734	33.5	57.0	15	11				
	810	201	761	34.8	59.1	15	11				
LB601 LB602	545	242	916	42.0	72.0	15	11	1 1/2 - 2	38-50	3	80
	655	288	1,090	50.6	85.9	20	15				
	755	335	1,268	58.7	99.8	25	19				
	800	355	1,344	62.2	105.7	30	22				
LB942 LB943	470	400	1,514	70	119	25	19	2 - 2 1/2	50-65	4	100
	565	480	1,817	84	143	30	22				
	750	640	2,422	112	190	40	30				
	800	680	2,575	119	202	50	37				

¹ La descarga dependerá del diseño del sistema apropiado, el tamaño de la tubería y la capacidad de la válvula.

² La potencia es la transferencia de líquidos y recuperación de vapor en climas moderados. La potencia será menor para la transferencia de líquido sin recuperación de vapor. Contacte a su representante de Blackmer para conocer la potencia necesaria en climas severos.

³ Use el siguiente tamaño más grande de tubería si la misma excede los 100 pies (30 metros).

ANEXO "C": CATALOGO DEL FABRICANTE MHB

MANUAL DE INSTRUCCIONES

MHB Bombas y Compresores S.R.L.

INSTRUCCIONES PARA FUNDACIÓN, INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL

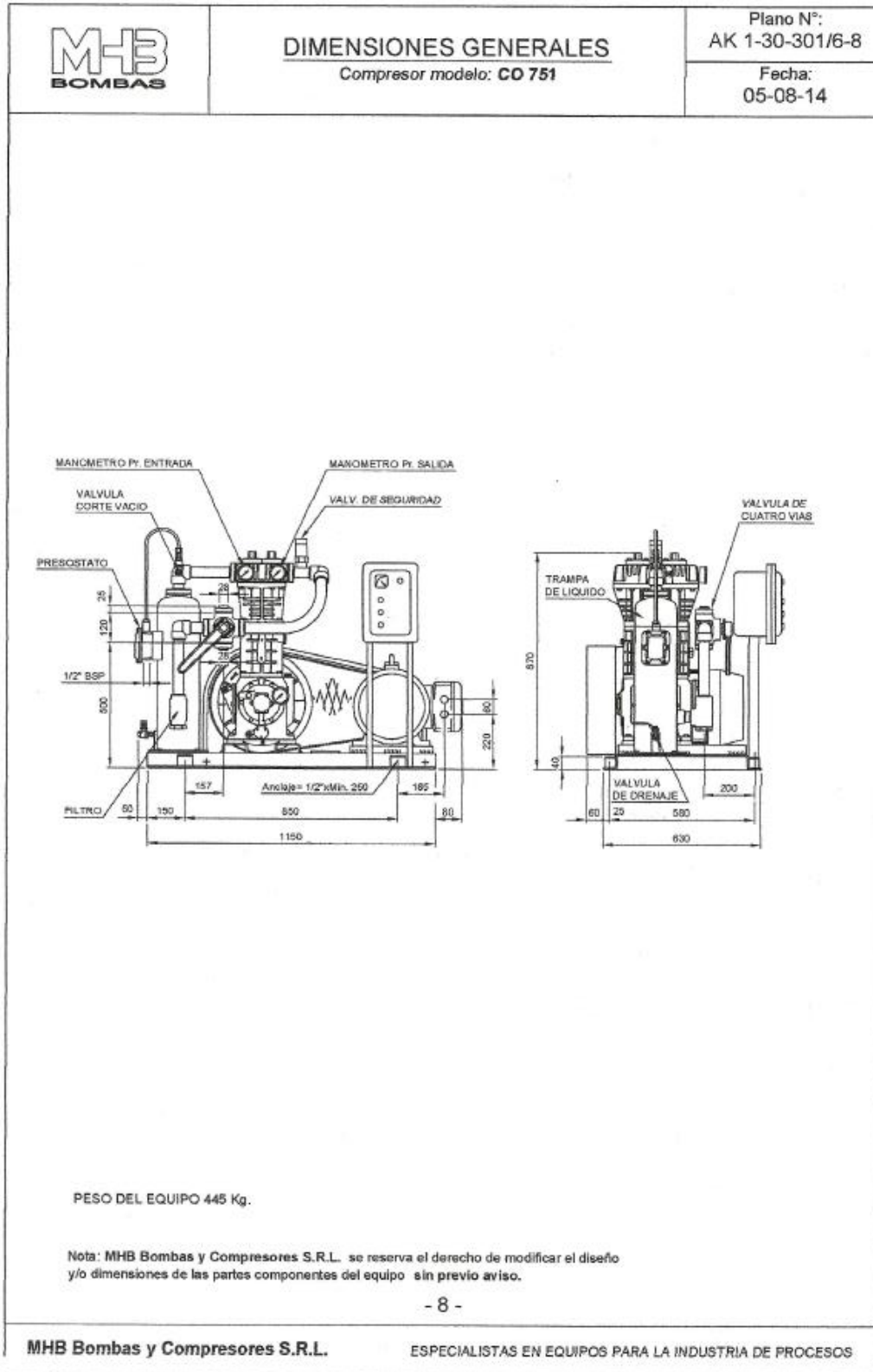
COMPRESOR MHB PARA LA TRANSFERENCIA DE LÍQUIDO Y RECUPERACIÓN DEL VAPOR RESIDUAL



Cliente:
O.C.:
Destino:

Fecha:

ANEXO "C": CATALOGO DEL FABRICANTE MHB (continuación)



ANEXO "C": CATALOGO DEL FABRICANTE MHB (continuación)

MANUAL DE INSTRUCCIONES

MHB Bombas y Compresores S.R.L.

Sección II

ESPECIFICACIONES TECNICAS

II - 1 DATOS COMPARATIVOS:

CARACTERISTICAS	MODELO		
	CO-350	CO-750	CO-1250
CONSTRUCCION	VERTICAL		
Número de Cilindros	2		
Diámetro del Cilindro	76,2	101,6	114,3
Carrera	63,5	76,2	101,6
Desplazamiento (Lts./ min.)			
RPM min. 300	175	370	625
RPM máx. 825	478	1020	1720
Capac. de Transf. de Liq. Máx.(Lts./ min.)	335	750	1250
Presión de Aspiración mínima (bars)	1,04	1,04	1,04
Presión de Salida máxima (bars)	19,7	19,7	19,7
Relación de Compresión máxima (**)	5	5	5
Potencia máximo de Motor (HP)	10	15	30
Temperatura máx. de salida (gr.C)	150	150	150

(**) Resulta de dividir la presión de salida con la presión de entrada

II - 2 ARREGLOS DE MONTAJE Y CONSTRUCCION:

Los Compresores MHB están disponibles en una cantidad de arreglos de montaje que se ajustan a las necesidades individuales. Sin embargo preferimos proveer arreglos completos que no dependan de montajes por terceros.

Nos referimos en especial a un equipo completo según, UNIDAD COMPRESORA, Plano N° AK 1-3-301 y a los accesorios previstos en esta figura.

II -3 TRAMPA DE LIQUIDO:

Así como los vapores pueden licuarse fácilmente o el liquido puede ser enviado inadvertidamente dentro del sistema de la tubería de vapor, una Trampa Hidráulica es incluida en la UNIDAD COMPRESORA para atrapar cualquier liquido que viaje hacia el Compresor evitando daños en el mismo.

(RECORDEMOS QUE EL COMPRESOR ESTA DISEÑADO PARA COMPRIMIR SOLAMENTE VAPORES) cuando una suficiente cantidad de liquido es atrapado, los flotantes con el órgano de cierre , dentro del cuerpo se elevan y cierra una Válvula interna evitando que entre liquido en el Compresor.

- 5 -