

**DISEÑO Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE TRASIEGO CON MEDIDOR
MASICO TIPO CORIOLIS PARA EL DESPACHO DE GLP EN
CARROTANQUES PARA LA EMPRESA GAS DE SANTANDER S.A.E.S.P.**

HOLMAN ARNEY OCHOA VILLABONA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2.014

**DISEÑO Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE TRASIEGO CON MEDIDOR
MASICO TIPO CORIOLIS PARA EL DESPACHO DE GLP EN
CARROTANQUES PARA LA EMPRESA GAS DE SANTANDER S.A.E.S.P.**

HOLMAN ARNEY OCHOA VILLABONA

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

JAVIER RUGELES PEREZ

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2.014

DEDICATORIA

*A mi madre por su inmenso apoyo, amor y sacrificio.
A mi hermosa esposa Jency, por su compañía y amor incondicional.
A mi pequeño hijo Esteban, por ser la mayor alegría en mi vida.*

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A la universidad industrial de Santander, por la formación académica y humana que me brindo.

Al profesor Javier Rugeles, director de este proyecto por su asesoría, por su confianza y por su apoyo.

Al ingeniero Fernando Olaya castro, gerente de la empresa GASAN S.A. por la confianza depositada en este proyecto y por su apoyo incondicional.

A todo el personal de la empresa GASAN S.A. que participo en la ejecución del presente proyecto, por su excelente trabajo y compromiso.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	22
1. CONTEXTUALIZACION DEL PROYECTO	24
1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	24
1.2 JUSTIFICACION PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA	28
1.3 JUSTIFICACION DE LA SOLUCION SELECCIONADA	29
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	31
2. MARCO CONCEPTUAL	33
2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS GLP	33
2.2 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD PARA EL ALMACENAMIENTO Y TRANPORTE DE GLP.	40
2.3 SISTEMAS DE TRASIEGO GLP MEDIANTE BOMBAS	44
2.3.1 Bombas de GLP	45
2.3.2 Válvulas de exceso de flujo	52
2.3.3 Válvulas internas accionamiento manual o neumático	54
2.4 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL MEDIDOR TIPO CORIOLIS	58
3. FASE DE DISEÑO	67
3.1 CONSIDERACIONES NORMATIVAS DE DISEÑO	67
3.2 CONSIDERACION PARA DETERMINAR EL CAUDAL DE DISEÑO O CAUDAL REQUERIDO	71
3.3 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA HIDRAULICO	73
3.3.1 Listado de componentes	75
3.3.2 Descripción de los principales componentes y líneas	75
3.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES	79
3.4.1 Selección del medidor másico	79
3.4.2 Selección de tubería	81
3.4.3 Selección de la bomba	82
3.4.5 Selección de válvulas y accesorios.	87
3.4.6 Listado de componentes y accesorios	95

3.4.7 Planos del sistema hidráulico	95
4. FASE DE CONTRUCCION Y MONTAJE	100
5. FASE DE PRUEBAS	109
5.1 PRUEBA DE HERMETICIDAD EN TUBERIAS	109
5.2 PRUEBAS DE DESPACHO CON REGISTRO DE ENTREGA	110
6. MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	112
6.1 FORMATOS DE INSPECCIÓN	113
6.2 DIAGNOSTICO DE FALLAS	118
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
BIBLIOGRAFIA	121
ANEXOS	122

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Instalación típica de tanques estacionarios	24
Figura 2. Medidor rotativo rotogage	25
Figura 3. Rotogage en fase de vapor	26
Figura 4. Rotogage en fase líquida	26
Figura 5. Manómetro y termómetro carrotanque	27
Figura 6. Tabla selección medidores	30
Figura 7. Proporción en volumen de GLP comerciales	33
Figura 8. Propiedades aproximadas de los GLP según NFPA 58	34
Figura 9. Densidad específica a 15 °C de diferentes mezclas de GLP	35
Figura 10. Factor de corrección del volumen del líquido según NFPA 58	36
Figura 11. Gráfica densidad-temperatura de GLP	37
Figura 12. Calor latente de vaporización de los GLP como función de la temperatura	37
Figura 13. Calor específico de vaporización de los GLP como función de la temperatura	38
Figura 14. Gráfica presión-temperatura de GLP	38
Figura 15. Tensión de vapor propano butano para diversas mezclas	39
Figura 16. Rombo de clasificación de Riesgos NFPA	40
Figura 17. Reactividad - Mezclas de Aire + GLP	41
Figura 18. Operación de llenado y vaciado por bomba	45
Figura 19. Vaporización del propano mediante ebullición interna	47
Figura 20. Trasiego con conexión de la línea de vapor	48
Figura 21. Funcionamiento bomba de paletas	50
Figura 22. Válvula de exceso de flujo	52
Figura 23. Válvula interna de accionamiento manual o neumático	54
Figura 24. Funcionamiento de la válvula interna con exceso de flujo	55
Figura 25. Medidor másico tipo Coriolis	58
Figura 26. Esquema medidor másico coriolis	61

Figura 27. Fuerzas sobre el tubo en U	62
Figura 28. Diagrama de movimiento del tubo	62
Figura 29. Esquema del momento de oscilación del tubo	63
Figura 30. Representación de la deformación angular del tubo	65
Figura 31. Esquema general del sistema hidráulico	73
Figura 32. Líneas hidráulicas del sistema	74
Figura 33. Medidor másico ITRON RML 2000	80
Figura 34. Dimensiones de tubería acero al carbón	81
Figura 35. Guía para la selección de equipos Blackmer	83
Figura 36. Características de las bombas Blackmer serie LGL	84
Figura 37. Bomba Blackmer LGL2E	85
Figura 38. Curvas de rendimiento bomba Blackmer LGL2E	85
Figura 39. Curva de eficiencia mecánica Vs presión diferencial Bombas LGL.	86
Figura 40. Tabla de selección válvula interna	87
Figura 42. Tabla de selección válvula check	89
Figura 43. Tabla de selección válvula de globo	90
Figura 44. Tabla de selección válvulas de globo	92
Figura 45. Selección manguera para GLP 1 ¼ in	93
Figura 46. Selección manguera para GLP ¾ in	94
Figura 47. Plano de conjunto sistema de trasiego	96
Figura 48. Plano frontal sistema de trasiego	97
Figura 49. Plano superior sistema de trasiego	98
Figura 50. Plano posterior sistema de trasiego	99
Figura 51. Montaje del tanque sobre el chasis	100
Figura 52. Montaje de la bomba Blackmer	101
Figura 53. Construcción sistema de tubería	102
Figura 54. Montaje del carretel doble	103
Figura 55. Vista del manual de montaje del sistema RI-505	104
Figura 56. Caja de distribución RI-505.	105
Figura 57. Publicidad y propaganda	105

Figura 58. Vista del sistema de trasiego antes de montaje cajón de protección	106
Figura 59. Fabricación cajón de protección	107
Figura 60. Vista del carrotanque una vez terminado el cajón de protección	107
Figura 61. Vista exterior del carrotanque	108
Figura 63. Actividades de mantenimiento preventivo	112
Figura 64. Formato de inspección pre operacional para carrotanque	113
Figura 65. Formato revisión parcial de carrotanques	114
Figura 66. Formato inspección mensual de carrotanques con medidor másico	116

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tiempos promedio para el suministro a clientes estacionarios	72
Tabla 2. Resultado de las pruebas	110

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. BOMBAS BLACKMER	123
ANEXO B. VALVULAS DE DERIVACION	127
ANEXO C. FICHA TECNICA CAMION CHEVROLET FTR FORWARD.	128
ANEXO D. ESPECIFICACIONES MEDIDOR MASICO RML 2000	130
ANEXO E. RECOMENDACIONES PARA EL MONTAJE BOMBAS PARA EL TRASIEGO DE GLP.	134
ANEXO F. CALCULO DE DISTRIBUCION DE TANQUE SOBRE EL CHASIS	139
ANEXO G. CALCULO HIDRAULICO DEL SISTEMA	141
ANEXO H. RESULTADOS PRUEBA DE HERMETICIDAD DEL SISTEMA	147
ANEXO I. PLANO DEL TANQUE 3240 Gal	150
ANEXO J. LOGITUD EQUIVALENTE PARA ACCESORIOS Y VALVULAS	151
ANEXO K. DIAGRAMA DE MOODY	153
ANEXO L. MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRASIEGO CON MEDIDOR MASICO CORIOLIS	154

GLOSARIO

BOMBA DE PALETAS: Este tipo de bomba se compone de un rotor, paletas deslizantes y una carcasa. Al girar el rotor, las paletas se desplazan radialmente producto de la fuerza centrífuga y, haciendo contacto con la carcasa, forman cámaras selladas. Dado que el rotor tiene su eje descentrado con respecto a la carcasa, se originan cámaras que van aumentando su volumen, provocando la succión en la entrada, y posteriormente reduciéndolo, provocando la descarga en la salida.

CAPACIDAD DE CARGA: De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Es el máximo tonelaje autorizado en un vehículo, de tal forma que el peso bruto vehicular no exceda los límites establecidos.

CARROTANQUE: Se refiere a un contenedor utilizado para el transporte en forma líquida de GLP por carretera, bien sea montándolo sobre la estructura de un camión convencional o como parte integral de un vehículo de transporte. Este tanque es, en esencia una parte permanente del vehículo de transporte.

CAUDAL DE GAS (Q): El caudal es la cantidad de gas que atraviesa una sección de conducto en la unidad de tiempo. Se expresa en volumen (m³ /h) y tratándose de GLP, también se puede hablar de caudal másico (kg/h).

CONECTOR FLEXIBLE: Elemento de longitud reducida (que no exceda las 36 pulgadas (1 m)) en un sistema de tuberías fabricado de material flexible (por ejemplo una manguera) con conexiones adecuadas en ambos extremos. Como material para su construcción se puede emplear el caucho resistente al GLP, metal o una combinación de ambos. Estos conectores flexibles se utilizan cuando se presenta la necesidad o la posibilidad de un movimiento relativo entre las partes que se unen, mayor que el aceptado en caso de tuberías rígidas.

CONECTORES RÁPIDOS: Dispositivos utilizados en conexiones rápidas del tipo de roscas ACME o levas de palanca. No se incluyen los dispositivos utilizados en las conexiones de los acoples de los cilindros.

CONTENEDOR: Cualquier recipiente, incluidos los cilindros, tanques, tanques portátiles y carrotanques utilizados en el transporte o almacenamiento de GLP.

CONTENEDORES MÓVILES: Se trata de contenedores permanentemente instalados sobre un vehículo y conectados de manera que sirvan para usos diferentes a los de combustible motor.

CREG: Comisión de regulación de energía y gas

DISPOSITIVO DE ALIVIO DE PRESIÓN: Es un dispositivo diseñado para que abra y pueda prevenir un incremento excesivo de la presión interna del fluido con respecto a un valor previamente especificado, ocasionado por condiciones anormales o de emergencia.

DISPOSITIVO DE MEDICIÓN CON FLOTADOR: Dispositivo constituido por un flotador colocado dentro del contenedor, que descansa sobre la superficie del líquido y que transmite su posición a través de un sistema apropiado de palancas, a una aguja indicadora y un dial exterior al contenedor, el cual revela el nivel del líquido. Normalmente el movimiento se transmite en forma magnética a través de una placa no magnética de manera que no se liberen partículas de GLP a la atmósfera.

DOT: Departamento Norteamericano de Transporte.

FUENTES DE IGNICIÓN: Dispositivos o equipos que, debido al modo en que se utilizan u operan, son capaces de suministrar suficiente energía térmica como para

iniciar la combustión de las mezclas aire-vapor de GLP cuando se hallan en contacto con ellas, ocasionando la propagación de la llama.

GALÓN: Patrón de medida norte-americano. 1 gal U.S. = 0,833 gal imperiales = 231 pulgadas = 3,785 Lt.

GAS: Gas licuado de petróleo tanto en su estado líquido como gaseoso. Para mayor claridad normalmente se emplean los términos "GLP líquido" o "vapor de GLP".

GAS COMPRIMIDO: Cualquier material o mezcla que dentro de un contenedor tenga una presión absoluta que sobrepase los 40 Psi (276 kPa absolutos) a 70 °F (21,1 °C), o que, sea cual fuere su presión a 70 °F (21,1 °C), alcance una presión absoluta superior a 104 Psia (717 kPa absolutos) a 130 °F (54,4 °C).

INSTALACIÓN DE CARÁCTER ESTACIONARIO: instalación de contenedores de GLP, tuberías y equipo para uso indefinido en un sitio determinado; se supone que no ha de cambiar en su estado, condición o lugar.

GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP): Cualquier material que tenga una presión de vapor que no exceda la permitida para el propano de grado comercial, compuesto fundamentalmente por uno o varios de los siguientes hidrocarburos: propano, propileno, butano (butano normal o isobutano) y butilenos.

LLENADO POR PESO: Proceso que se lleva a cabo pesando el contenido de GLP. No se requiere la determinación de la temperatura ni de su corrección, ya que la unidad de peso es una magnitud constante, independiente de la temperatura.

LLENADO VOLUMÉTRICO: Llenado de un contenedor mediante la determinación del volumen del GLP. A menos que un contenedor se llene bajo el control de un

medidor de nivel máximo de líquido, se debe realizar la corrección del volumen debida a la temperatura del líquido.

MEDIDOR GIRATORIO (ROTOGAGE): Medidor variable de nivel de líquido compuesto por una pequeña válvula de cierre positivo localizada en el extremo exterior de un tubo, cuyo extremo inferior curvado se comunica con el interior del contenedor. El tubo se instala en un dispositivo de acople diseñado de manera que el tubo pueda rotar con una aguja en su exterior, que indica la posición relativa del extremo curvado interior. Tanto la longitud del tubo como la forma en la cual se curva, son apropiadas para el intervalo de niveles de líquido que se mide. Mediante una escala exterior apropiada, el nivel dentro del contenedor en el cual el extremo interno comienza a recibir el líquido se puede determinar gracias a la posición de la aguja sobre la escala en el momento en el cual se observa la descarga de la mezcla líquido-vapor cuando sale de la válvula.

MEDIDOR FIJO DE NIVEL DE LÍQUIDO: Tipo especial de medidor de nivel de líquido que utiliza una válvula de cierre positiva relativamente pequeña y que está diseñado para indicar el momento en el cual el nivel del líquido en un contenedor que se está llenando, llega al punto en el cual este medidor o su tubo conector se comunica con el interior del contenedor.

MEDIDOR FIJO DE MÁXIMO NIVEL DE LÍQUIDO: Medidor fijo de nivel de líquido que indica el nivel en el cual se llena el contenedor hasta su valor máximo permitido.

NTC: Norma técnica colombiana

PESO BRUTO VEHICULAR: De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito se define como: peso de un vehículo provisto de combustible, equipo y accesorios auxiliares.

PRESIÓN DE OPERACIÓN: Es la presión correspondiente a las condiciones reales de flujo, a la cual está sometido el medidor.

PUNTO DE TRANSFERENCIA: Posición en la cual se llevan a cabo las conexiones o desconexiones, o donde se permite el escape del GLP a la atmósfera durante una operación de transferencia.

TRANSPORTE A GRANEL DE GLP: Recipientes de tamaño mayor que los domiciliarios, que son llenados en la planta distribuidora hasta el máximo nivel permitido y así son llevados hasta el usuario final.

TRASIEGO: Transferencia de GLP en forma líquida a un determinado contenedor.

TUBERÍA, SISTEMAS DE TUBERÍA: Conjuntos compuestos por la unión de tubos, tuberías, mangueras metálicas o de caucho flexible, válvulas y elementos de acople, destinados a conducir el GLP bien sea en su estado líquido o gaseoso, a diferentes presiones, de un punto a otro.

TUBO RÍGIDO: Se refiere a un ducto rígido de hierro, acero, cobre, plástico o bronce.

TUBO SEMIRRÍGIDO: Se refiere a un ducto semirrígido de acero, cobre, plástico, bronce o aluminio.

VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN: Tipo especial de dispositivo de alivio de presión diseñado tanto para abrir como para cerrar, de manera que pueda mantener una presión interna del fluido en un valor determinado. Las válvulas de alivio de presión pueden, además, describirse de la siguiente manera:

VÁLVULA INTERNA: Se trata de una válvula primaria de cierre en los contenedores, provista de los medios apropiados de accionamiento y que está construida de forma que su asiento se encuentra en la parte interior del contenedor y que el daño causado en las superficies exteriores o en la brida de acople no impida su asentamiento apropiado.

VÁLVULA DE EXCESO DE FLUJO: (También denominada válvula cheque de exceso de flujo): dispositivo diseñado para interrumpir el paso de una corriente de líquido o de vapor cuando su caudal excede un valor predeterminado. Este dispositivo utiliza la caída de presión como señal de entrada.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE TRASIEGO CON MEDIDOR MASICO TIPO CORIOLIS PARA EL DESPACHO DE GLP EN CARROTANQUES PARA LA EMPRESA GAS DE SANTANDER S.A.E.S.P.*

AUTOR: HOLMAN ARNEY OCHOA VILLABONA**

PALABRAS CLAVE: Carrotanque, medidor másico, suministro de GLP, tanque estacionario, Trasiego, rotogage.

DESCRIPCIÓN:

La empresa GAS DE SANTANDER S.A. es una empresa santandereana, dedicada a la distribución de GLP en cilindros y a Granel. La distribución de GLP a granel se realiza en vehículos carrotanques dotados de medidores de nivel rotativo (rotogage). Determinar la cantidad de GLP despachado con este tipo de dispositivos es un proceso laborioso que presenta valores de incertidumbre muy altos, generando un riesgo en las inversiones realizadas en este canal de distribución.

Por lo anterior se evidenció la necesidad de diseñar y construir un sistema de trasiego, de alta tecnología, confiabilidad y rendimiento, que garantice un margen de error mínimo entre los kilogramos de GLP despachados con los Kilogramos de GLP facturados, y que asegure la custodia del producto despachado. Para dar solución a la problemática anterior, primero se realizó un análisis de las tecnologías disponibles para tal fin, llegándose a la conclusión que para la aplicación en particular la tecnología de mejor desempeño son los medidores másicos tipo coriolis, luego de esta etapa se realizó el diseño hidráulico del sistema, basado en las exigencias de la norma técnica colombiana NTC-3853, se seleccionaron los componentes del sistema, y se realizaron los cálculos hidráulico. Por último se realizaron las actividades de construcción y ensamble de los diferentes componentes del sistema de trasiego, basado en los planos de diseño del sistema hidráulico.

* Trabajo de grado

**Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Javier Rugeles Pérez.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND INSTALLATION OF A SYSTEM FOR THE TRANSFER WITH CORIOLIS MASS FLOW METER FOR LPG DISPATCH IN TANKERS FOR THE COMPANY GAS DE SANTANDER S.A E.S.P *

AUTHOR: HOLMAN ARNEY OCHOA VILLABONA **

KEYWORDS: tanker, mass meter, LPG supply, stationary tank, transfer, rotogage.

DESCRIPTION:

The company GAS DE SANTANDER S.A is a company from Santander working on the distribution of LPG in cylinders and bulk. The LPG distribution in bulk is performed on tankers with rotary level meters (rotogage). To determine the amount of LPG shipped with these devices is a laborious process that shows high values of uncertainty, creating a risk in the investments in this distribution channel.

Therefore, it was evident the need to design and build a racking system, with high technology, reliability and performance, ensuring a minimum margin of error between the shipped LPG kilograms with the billed LPG Kilograms, and ensure the custody of the dispatched product. To solve the problem above, first, it was performed an analysis of the technologies available for this purpose, and it was concluded that for the particular application the better performance technology are the Coriolis mass flow meters, after this step, it was performed the hydraulic system design, based on the requirements of the Colombian technical standard NTC- 3853, the system components were selected, and the hydraulic calculations were performed. Finally, there were performed the construction and assembly activities of the various components of the transfer system, Based on the conceptual design of the hydraulic system.

* Degree Draft

**Physics and Mechanical Engineering School, School of Mechanical Engineering, Engineer Javier Rugeles Pérez.

INTRODUCCION

Gas de Santander S.A. E.S.P. "GASAN" es una empresa santandereana del sector energético, con más de 50 años de operación a nivel nacional en la distribución y comercialización de gas licuado de petróleo (GLP) en cilindros y venta de GLP a granel.

Para la distribución de GLP a granel la compañía cuenta con vehículos carrotanques, dotados de medidores de nivel rotativo (Rotogage), los cuales básicamente miden en porcentaje de líquido presente en el tanque de transporte. Este proceso de medición ha mostrado valores de incertidumbre muy altos reflejándose en las diferencias en el cuadro de inventario de GLP. Y en el aumento de las peticiones y quejas de los usuarios. Situación que pone en riesgo las inversiones realizadas en este canal de ventas, además de existir un riesgo legal, al incumplir la resolución número 074 de la CREG la cual dice expresamente:

“el vehículo utilizado para el suministro de GLP a instalaciones con tanques estacionarios, debe disponer de medidor para la entrega de líquido, con el fin de garantizar entregas correctas al usuario”.

Es por lo anterior que surge la necesidad de realizar el presente proyecto con el fin de diseñar y construir un sistema de trasiego de GLP que garantizara entregas correctas a los usuarios, mediante la determinación del peso de GLP despachado.

Para dar solución al problema se decide usar un medidor másico tipo coriolis, el cual junto con el sistema de adquisición de datos, posibilitaría la entrega de un recibo electrónico de suministro.

El primer capítulo del presente libro corresponde a la contextualización del proyecto, se presenta la identificación del problema, los objetivos y se justifica la solución al problema.

El segundo capítulo corresponde al marco conceptual necesario para el desarrollo del proyecto, se presentan las propiedades de GLP, y la teoría necesaria para comprender el funcionamiento de un sistema de trasiego de GLP con medidor másico.

En el tercer capítulo se presentan las bases de diseño, según los requisitos de la norma técnica colombiana NTC 3853, se presenta el esquema hidráulico del sistema de trasiego, se seleccionan los componentes y se presentan los planos de conjunto.

En el cuarto capítulo se presentan las evidencias de la fase de construcción y montaje

En el quinto capítulo se presentan los resultados de las pruebas de operación y de la prueba de hermeticidad en tuberías.

El séptimo capítulo corresponde a las actividades de mantenimiento preventivo que se debe ejecutar para mantener el sistema de trasiego en operación, así como la relación de las fallas más comunes que se pueden presentar durante el trasiego.

Por último se presenta los anexos necesarios como consulta, los cálculos realizados durante el diseño del sistema, las fichas técnicas de los principales componentes de sistema de trasiego y el manual de operación del sistema.

1. CONTEXTUALIZACION DEL PROYECTO

1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Gas de Santander S.A. E.S.P. “GASAN” es una empresa santandereana del sector energético dedicada a la distribución y comercialización del gas licuado de petróleo (GLP); siendo la empresa número uno en ventas de GLP en cilindros a nivel nacional, lleva más de 50 años en operación, tiempo en el cual ha fomentado dentro de un marco de profesionalismo diversos proyectos de carácter tecnológico con el fin de lograr un mejoramiento continuo en sus procesos y en la calidad de sus productos.

Dentro de su portafolio de productos y servicios se encuentra el despacho de GLP a granel por medio de instalación de tanques estacionarios (figura 1), destinados principalmente al sector avícola para calefacción de pollos durante las primeras etapas de crecimiento, en las plantas de sacrificio para calentar agua, en el sector de las lavanderías, En restaurantes y panaderías para la fabricación de sus productos.

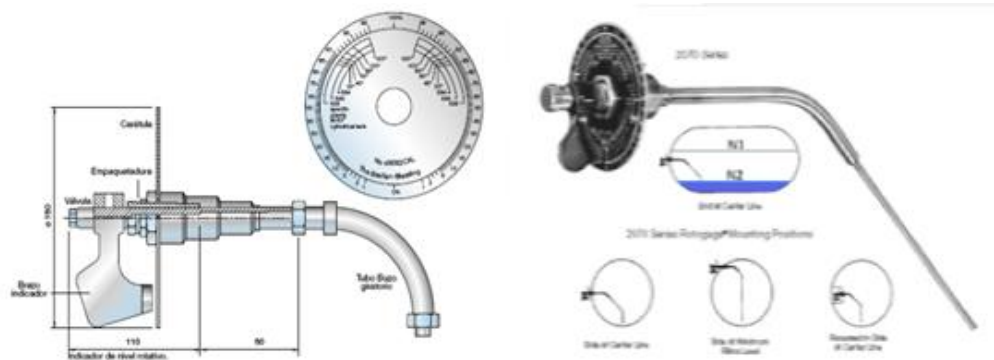
Figura 1. Instalación típica de tanques estacionarios



Para el suministro del GLP a clientes estacionarios, GASAN cuenta con vehículos carrotanques, dotados de sistemas de trasiego con medidores de despacho por nivel rotativo (rotogage).

El sistema de medición por nivel rotativo consiste básicamente en un tubo buzo curvado que gira accionado manualmente desde el exterior (ver figura 2). Su extremo interno está abierto mientras que el externo termina en una válvula o llave de pequeña sección, situado de una manera que incorpora una flecha indicadora deslizante sobre el dial de medición.

Figura 2. Medidor rotativo rotogage



Al girar el conjunto, se abre la válvula citada. La medición se basa en situar el extremo interno del tubo a ras del nivel de la superficie del líquido, si el extremo del tubo se encuentra en la zona de vapor dentro del tanque, saldrá vapor por la válvula externa (ver figura 3).

Figura 3. Rotogage en fase de vapor



Cuando el extremo se encuentra dentro de la fase líquida saldrá GLP líquido por la válvula externa, haciéndose visible gracias a la condensación del vapor de agua como consecuencia de la vaporización instantánea del GLP líquido (ver figura4).

Figura 4. Rotogage en fase líquida



En este momento se registra el valor dado por el dial de medición, el cual corresponde al porcentaje de líquido dentro del tanque.

Una vez determinado el porcentaje de líquido se toman los valores de presión y temperatura al momento del despacho, estos datos se cargan en el sistema de liquidación una vez el vehículo llega a la planta de envasado, allí se realizan las

correcciones por presión y temperatura para determina el volumen despachado y proceder a facturar el consumo al cliente final.

Figura 5. Manómetro y termómetro carrotanque



Como es evidente este tipo de despacho además de ser un proceso laborioso, trae como consecuencia valores de incertidumbre muy altos, lo cual se ha evidenciado en las diferencias registradas entre el inventario físico y el inventario teórico al momento de realizar el cuadro de existencias. Así Como en el aumento de los PQR registrados dentro del sistema de gestión de calidad ISO 9001, en los cuales los usuarios manifiestan su inconformismo entre la cantidad de GLP despachada y la cantidad de GLP facturada, ya que el usuario no conoce la cantidad, ni el valor del despacho hasta el momento de recibir la factura a vuelta de correo, poniendo en tela de juicio la calidad y honestidad en la prestación del servicio por parte de la empresa GASAN, lo cual genera un riesgo en todos los esfuerzos e inversiones realizadas, en este canal de ventas, además de un riesgo legal ya que este sistema de despacho no cumple con las exigencias de la resolución número 074 de la CREG la cual dice expresamente:

“el vehículo utilizado para el suministro de GLP a instalaciones con tanques estacionarios, debe disponer de medidor para la entrega de líquido, con el fin de garantizar entregas correctas al usuario”.

1.2 JUSTIFICACION PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

Por lo anterior se evidencio la necesidad de contar con un sistema de despacho de alta tecnología, confiabilidad y rendimiento que garantice un margen de error mínimo entre los kilogramos de GLP despachados con los Kilogramos de GLP facturados, y asegure la custodia del producto despachado. El sistema a implementar posibilitara una vez realizado el despacho de GLP, la entrega al cliente final de un recibo de consumo, electrónico donde estén registrados, la hora de despacho, el vehículo que realiza el despacho y la cantidad de GLP despachado.

De la experiencia en la industria se puede concluir que una de las mejores estrategias para realizar un eficaz control en los procesos industriales, es a través de la aplicación de las tecnologías disponibles en el sector, para el caso en particular la implementación de una tecnología de medición de flujo de fluidos, que proporcione confianza en las transacciones comerciales entre vendedores y consumidores de GLP.

Para dar solución a la problemática del presente proyectos y seleccionar la tecnología de medición se tuvieron en cuenta las siguientes características inherentes al GLP y al proceso de trasiego.

- La medición debe ser independiente de la variación de presión, temperatura y densidad, ya que el carro tanque debe realizar despachos a diferentes alturas sobre el nivel del mar y con diferente composición de mezcla del GLP.
- Capacidad de flujo superior a 30 Galones por minuto que corresponde al caudal promedio de despacho actual, esto con fin de mantener los tiempos de entrega.

- Debe ser tolerante a la presencia de sólidos abrasivos en suspensión, ya que durante el proceso de transporte por poliducto y durante el llenado del carrotanque, este se contamina con residuos de acero provenientes de las tuberías y tanques de almacenamiento.
- Debe garantizar la inviolabilidad del medidor, esto con el fin de disminuir pérdidas de producto por adulteraciones en el sistema de trasiego.
- El sistema debe ser robusto, de bajo mantenimiento y tolerante a vibraciones externas, ya que debe ir instalado sobre un vehículo, el cual está sujeto a las irregularidades del terreno.

1.3 JUSTIFICACION DE LA SOLUCION SELECCIONADA

Dentro de las alternativas de medición existentes se analizaron las siguientes tecnologías: medidores de desplazamiento positivo, medidores magnéticos, medidores de turbina y medidores másico.

El análisis se resume en la figura 6.

Figura 6. Tabla selección medidores

SELECCION DE MEDIDORES POR CARACTERISTICAS DE APLICACION

APLICACION		BAJA VISCOSIDAD (30 SSU o menos)	ALTA VISCOSIDAD	MEDICION DE FLUIDO POR GRAVEDAD	TEMPERATURA VARIABLE, PRESION Y/O CONDICIONES	CONDUCTIVO	NO - CONDUCTIVO	CORROSIVO	GASES	AZUCAR LIQUIDAD, ACEITE VEGETAL Y OTROS	PRODUCTOS LACTEOS 3A	LAVADO EN SU LUGAR	PRESION EXTREMA	EXTREMAS TEMPERATURAS	SOLIDOS SUSPENDIDOS	SEMISOLIDOS NO ABRASIVOS	SEMISOLIDOS ABRASIVOS
TIPO DE MEDIDOR	DP	A	A	A	A	A	A	B	D	A	D	D	B	B	B	B	C
	MASICO	A	C	D	B	A	A	A	B	B	A	B	A	A	A	A	B
	MAG	A	A	B	B	A	D	B	D	C	A	A	B	A	A	A	A
	TURBINA	A	D	B	D	A	A	B	A	D	D	C	A	A	D	D	D

- A: Exelente seleccion del medidor
- B: Buena seleccion del medidor
- C: Regular seleccion del medidor
- D: No usar medidor

Según la tabla anterior la cual resume el comportamiento de las tecnologías de medición respecto a las variables del fluido y del proceso de trasiego de GLP, las alternativas más recomendables son la medición por desplazamiento positivo y los medidores másicos.

Al analizar cuál de estas dos tecnologías es la adecuada para la aplicación en particular se decide utilizar un medidor másico, debido a que los medidores de desplazamiento positivo son más sensibles a la presencia de impurezas en el fluido y a las vibraciones externas.

Por otra parte el medidor másico ofrece las siguientes ventajas:

Medición multivariable con un mismo dispositivo, temperatura, presión y densidad, las cuales actualmente se miden con dispositivos análogos.

Al ser completamente hermético, no es posible la adulteración del medidor.

No hay partes móviles, así que los requisitos de reparaciones y mantenimiento son mínimos.

El inconveniente más significativo del medidor másico es el costo de adquisición, sin embargo no es una limitante para la empresa GASAN S.A.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general

Fortalecer las relaciones UNIVERSIDAD – INDUSTRIA realizando una participación activa en el mejoramiento de los procesos industriales, a través de la implementación de las tecnologías desarrolladas para el control de procesos, como acción de mutuo beneficio que redunde en el mejoramiento continuo de los productos y en el nivel competitivo de las empresas.

Objetivos específicos

Realizar el diseño y montaje de un sistema de trasiego con medidor másico tipo coriolis, para lo cual se deberá:

Realizar la selección del medidor másico tipo coriolis según las siguientes especificaciones:

- . Capacidad de despacho mínima de 63 Kg/min (30 GPM)
- . Presión de operación entre 50-250 Psi
- . Temperatura de operación entre -15 a 50 °C.
- . Voltaje de operación 12-24 VDC.

Realizar el cálculo de distribución de cargas sobre el vehículo, para determinar la posición del tanque de 3240 GL sobre el chasis, con el fin de no sobrepasar la capacidad máxima del eje delantero y trasero.

Realizar los planos de la instalación hidráulica, neumática y eléctrica para el correcto funcionamiento del sistema, utilizando el CAD Solid Works.

Dimensionar y seleccionar los elementos (Toma fuerza, bomba, válvulas, etc.), y accesorios (Tubería, reducciones, codos, uniones, bridas etc.), para el montaje del sistema de trasiego y despacho, teniendo como referencia la norma técnica colombiana NTC 3853 EQUIPO, ACCESORIOS, MANEJO Y TRANSPORTE DE GLP.

Programar, asignar y coordinar las tareas de fabricación y montaje de los componentes del sistema de trasiego, utilizando la herramienta Project.

Realizar las siguientes pruebas de funcionamiento y los ajustes necesarios

Prueba de hermeticidad en el sistema de tuberías

Prueba de apertura y cierre de válvulas neumáticas

Prueba de accionamiento y parada del toma fuerza

Prueba de despacho con registro de entrega

Comparación de valor registrado por el sistema de trasiego, respecto al valor por medición directa del peso en báscula.

Realizar manual de mantenimiento y diagnóstico de fallas.

2. MARCO CONCEPTUAL

Los GLP son una mezcla de hidrocarburos livianos constituida principalmente por C_3H_8 (propano y compuestos derivados de éste) y C_4H_{10} (butanos y compuestos derivados de éstos), en proporciones variables y que a condiciones de presión y temperatura ambiente es gaseosa, al ser comprimirla entre 2.25 bar 8.5 bar pasa a estado líquido en condiciones de temperatura ambiente.

Puede producirse en plantas de procesamiento de gas natural o en refinerías, especialmente en plantas de ruptura catalítica.¹

Composición: butanos C_4H_{10} y propanos C_3H_8 , en proporción variable.

Figura 7. Proporción en volumen de GLP comerciales

	PROPORCIONES EN VOLUMEN	
	Propano comercial	Butano comercial
Propano (C3)	mín. 80 %	max. 20 %
Butano (C4)	max. 20 %	mín. 80 %

Fuente: LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. Manual de instalaciones de GLP, CEPESA, ELF, GAS

2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS GLP

Para el análisis de los procesos en las plantas de envasado y/o transferencia de GLP, es necesario conocer sus características físicas en estado líquido y gaseoso (ver figura 8), entre las más importantes encontramos:

- Densidad,
- Calor latente de vaporización, - Tensión de vapor,
- Punto de ebullición, y,

¹ LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. Manual de instalaciones de GLP, CEPESA, ELF, GAS.

- Punto de rocío.

Figura 8. Propiedades aproximadas de los GLP según nfpa 58

	Propano Comercial	Butano Comercial
Presión de vapor en kPa a:		
20°C	895	103
40°C	1 482	285
45°C	1 672	345
55°C	1 980	462
Peso específico	0,504	0,582
Punto de ebullición inicial a 1,00 Atm. de presión, °C	- 42	- 9
Peso por Metro cúbico de líquido a 15,56°C, kg	504	582
Calor específico del líquido, Kilojoule por Kilogramo, a 15,56°C	1,464	1,276
Metros cúbicos de vapor por Litro de líquido a 15,56°C	0,271	0,235
Metros cúbicos de vapor por Kilogramo de líquido a 15,56°C	0,539	0,410
Peso específico del vapor (Aire = 1) a 15,56°C	1,50	2,01
Temperatura de ignición en aire, °C	493-549	482-538
Temperatura máxima de llama en aire, °C	1 980	2 008
Limites de inflamabilidad en aire, % de vapor en la mezcla Aire-Gas:		
Inferior	2,15	1,55
Superior	9,60	8,60
Calor latente de vaporización en el punto de ebullición:		
Kilojoule por kilogramo	428	388
Kilojoule por litro	216	226
Cantidad de calor total luego de la vaporización:		
Kilojoule por Metro cúbico	92 430	121 280
Kilojoule por Kilogramo	49 920	49 140
Kilojoule por Litro	25 140	28 100

Fuente: NFPA 58 (2004): Norma para el Almacenamiento y Manipulación de Gases Licuados de Petróleo)

La densidad de los GLP varía dependiendo de su composición y las condiciones bajo las que se encuentra (presión y temperatura). Usualmente se encuentran tablas de densidad con referencia a una temperatura de 60° F (15° C) y tablas con factores de corrección de densidad y volumétricas para el aforo de recipientes con GLP, como las mostradas en las figuras 9 y 10.

También se encuentra en la práctica, nomogramas con los que fácilmente se puede determinar la densidad de una determinada mezcla (ver figura 11).

Figura 9. Densidad específica a 15 °C de diferentes mezclas de GLP

C ₄ /C ₃	d ₁₅ LIQUIDO	d ₁₅ GAS	C ₄ /C ₃	d ₁₅ LIQUIDO	d ₁₅ GAS	C ₄ /C ₃	d ₁₅ LIQUIDO	d ₁₅ GAS
100/0	0.58440	2.460	65/35	0.557625	2.250	31/69	0.531615	2.046
99/1	0.583635	2.454	64/36	0.556860	2.244	30/70	0.530850	2.040
98/2	0.583070	2.448	63/37	0.556095	2.238	29/71	0.530085	2.034
97/3	0.582105	2.442	62/38	0.555330	2.232	28/72	0.529320	2.028
96/4	0.581340	2.436	61/39	0.554565	2.226	27/73	0.528555	2.022
95/5	0.580575	2.430	60/40	0.553800	2.220	26/74	0.527790	2.016
94/6	0.579810	2.424	59/41	0.553035	2.214	25/75	0.527025	2.010
93/7	0.579045	2.418	58/42	0.552270	2.208	24/76	0.526260	2.004
92/8	0.578280	2.412	57/43	0.551505	2.202	23/77	0.525495	1.998
91/9	0.577515	2.406	56/44	0.550740	2.196	22/78	0.524730	1.992
90/10	0.576750	2.400	55/45	0.549975	2.190	21/79	0.523965	1.986
89/11	0.575985	2.394	54/46	0.549210	2.184	20/80	0.523200	1.980
88/12	0.575220	2.388	53/47	0.548445	2.178	19/81	0.522435	1.974
87/13	0.574455	2.382	52/48	0.547680	2.172	18/82	0.521670	1.968
86/14	0.573690	2.376	51/49	0.546915	2.166	17/83	0.520905	1.962
85/15	0.572925	2.370	50/50	0.546150	2.160	16/84	0.520140	1.956
84/16	0.572160	2.364	50/50	0.546150	2.160	15/85	0.519375	1.950
83/17	0.571395	2.358	49/51	0.545385	2.154	14/86	0.518610	1.944
82/18	0.570630	2.352	48/52	0.544620	2.148	13/87	0.517845	1.938
81/19	0.569865	2.346	47/53	0.543855	2.142	12/88	0.517080	1.932
80/20	0.569100	2.340	46/54	0.543090	2.136	11/89	0.516315	1.926
79/21	0.568335	2.334	45/55	0.542325	2.130	10/90	0.515550	1.920
78/22	0.567570	2.328	44/56	0.541560	2.124	9/91	0.514785	1.914
77/23	0.566805	2.322	43/57	0.540795	2.118	8/92	0.514020	1.908
76/24	0.566040	2.316	42/58	0.540030	2.112	7/93	0.513255	1.902
75/25	0.565275	2.310	41/59	0.539265	2.106	6/94	0.512490	1.896
74/26	0.564510	2.304	40/60	0.538500	2.100	5/95	0.511725	1.890
73/27	0.563745	2.298	39/61	0.537735	2.094	4/96	0.510960	1.884
72/28	0.562980	2.292	38/62	0.536970	2.088	3/97	0.510195	1.878
71/29	0.562215	2.286	37/63	0.536205	2.082	2/98	0.509430	1.872
70/30	0.561450	2.280	36/64	0.535440	2.076	1/99	0.508665	1.866
69/31	0.560685	2.274	35/65	0.534675	2.070	0/100	0.507900	1.860
68/32	0.559920	2.268	34/66	0.533910	2.064			
67/33	0.559155	2.262	33/67	0.533145	2.058			
66/34	0.558390	2.256	32/68	0.532380	2.052			

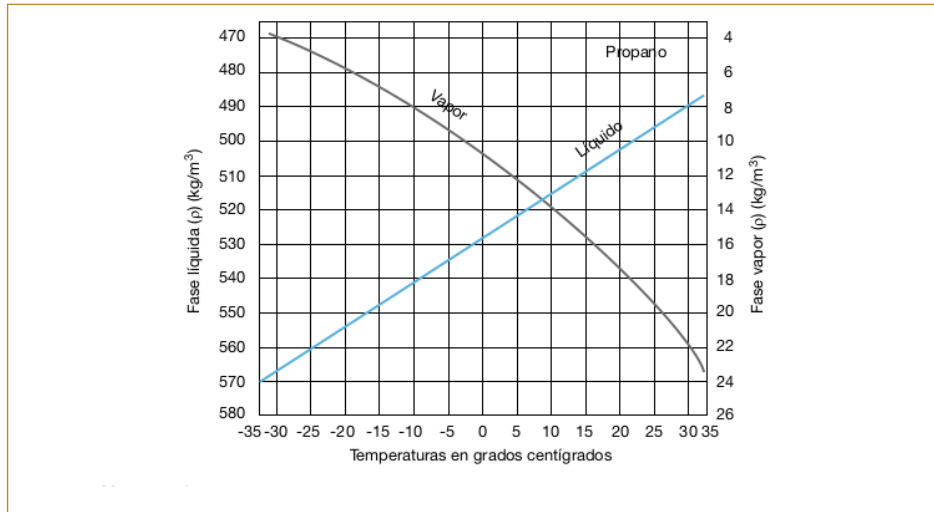
Fuente: BECCO, J. L. Lorenzo. "Los G.L.P. Los gases licuados del petróleo.", edita: Dirección de Marketing de Repsol Butano, S.A., Madrid 1989.

Figura 10. Factor de corrección del volumen del líquido según nfpa 58

Peso específico a 60°F/60°F													
Temperatura Observada, Grados Fahrenheit	0,500	Propano 0,5079	0,510	0,520	0,530	0,540	0,550	0,560	iso-Butano 0,5631	0,570	0,580	n-Butano 0,5844	0,590
	Factores de corrección del volumen												
-50	1,160	1,155	1,153	1,146	1,140	1,133	1,127	1,122	1,120	1,116	1,111	1,108	1,106
-45	1,153	1,148	1,146	1,140	1,134	1,128	1,122	1,117	1,115	1,111	1,106	1,103	1,101
-40	1,147	1,142	1,140	1,134	1,128	1,122	1,117	1,111	1,110	1,106	1,101	1,099	1,097
-35	1,140	1,135	1,134	1,128	1,122	1,116	1,112	1,106	1,105	1,101	1,096	1,094	1,092
-30	1,134	1,129	1,128	1,122	1,116	1,111	1,106	1,101	1,100	1,096	1,092	1,090	1,088
-25	1,127	1,122	1,121	1,115	1,110	1,105	1,100	1,095	1,094	1,091	1,087	1,085	1,083
-20	1,120	1,115	1,114	1,109	1,104	1,099	1,095	1,090	1,089	1,086	1,082	1,080	1,079
-15	1,112	1,109	1,107	1,102	1,097	1,093	1,089	1,084	1,083	1,080	1,077	1,075	1,074
-10	1,105	1,102	1,100	1,095	1,091	1,087	1,083	1,079	1,078	1,075	1,072	1,071	1,069
-5	1,098	1,094	1,094	1,089	1,085	1,081	1,077	1,074	1,073	1,070	1,067	1,066	1,065
0	1,092	1,088	1,088	1,084	1,080	1,076	1,073	1,069	1,068	1,066	1,063	1,062	1,061
2	1,089	1,086	1,085	1,081	1,077	1,074	1,070	1,067	1,066	1,064	1,061	1,060	1,059
4	1,086	1,083	1,082	1,079	1,075	1,071	1,068	1,065	1,064	1,062	1,059	1,058	1,057
6	1,084	1,080	1,080	1,076	1,072	1,069	1,065	1,062	1,061	1,059	1,057	1,055	1,054
8	1,081	1,078	1,077	1,074	1,070	1,066	1,063	1,060	1,059	1,057	1,055	1,053	1,052
10	1,078	1,075	1,074	1,071	1,067	1,064	1,061	1,058	1,057	1,055	1,053	1,051	1,050
12	1,075	1,072	1,071	1,068	1,064	1,061	1,059	1,056	1,055	1,053	1,051	1,049	1,048
14	1,072	1,070	1,069	1,066	1,062	1,059	1,056	1,053	1,053	1,051	1,049	1,047	1,046
16	1,070	1,067	1,066	1,063	1,060	1,056	1,054	1,051	1,050	1,048	1,046	1,045	1,044
18	1,067	1,065	1,064	1,061	1,057	1,054	1,051	1,049	1,048	1,046	1,044	1,043	1,042
20	1,064	1,062	1,061	1,058	1,054	1,051	1,049	1,046	1,046	1,044	1,042	1,041	1,040
22	1,061	1,059	1,058	1,055	1,052	1,049	1,046	1,044	1,044	1,042	1,040	1,039	1,038
24	1,058	1,056	1,055	1,052	1,049	1,046	1,044	1,042	1,042	1,040	1,038	1,037	1,036
26	1,055	1,053	1,052	1,049	1,047	1,044	1,042	1,039	1,039	1,037	1,036	1,036	1,034
28	1,052	1,050	1,049	1,047	1,044	1,041	1,039	1,037	1,037	1,035	1,034	1,034	1,032
30	1,049	1,047	1,046	1,044	1,041	1,039	1,037	1,035	1,035	1,033	1,032	1,032	1,030
32	1,046	1,044	1,043	1,041	1,038	1,036	1,035	1,033	1,033	1,031	1,030	1,030	1,028
34	1,043	1,041	1,040	1,038	1,036	1,034	1,032	1,031	1,030	1,029	1,028	1,028	1,026
36	1,039	1,038	1,037	1,035	1,033	1,031	1,030	1,028	1,028	1,027	1,025	1,025	1,024
38	1,036	1,035	1,034	1,032	1,031	1,029	1,027	1,026	1,025	1,025	1,023	1,023	1,022
40	1,033	1,032	1,031	1,029	1,028	1,026	1,025	1,024	1,023	1,023	1,021	1,021	1,020
42	1,030	1,029	1,028	1,027	1,025	1,024	1,023	1,022	1,021	1,021	1,019	1,019	1,018
44	1,027	1,026	1,025	1,023	1,022	1,021	1,020	1,019	1,019	1,018	1,017	1,017	1,016
46	1,023	1,022	1,022	1,021	1,020	1,018	1,018	1,017	1,016	1,016	1,015	1,015	1,014
48	1,020	1,019	1,019	1,018	1,017	1,016	1,015	1,014	1,014	1,013	1,013	1,013	1,012
50	1,017	1,016	1,016	1,015	1,014	1,013	1,013	1,012	1,012	1,011	1,011	1,011	1,010
52	1,014	1,013	1,012	1,012	1,011	1,010	1,010	1,009	1,009	1,009	1,009	1,009	1,008
54	1,010	1,010	1,009	1,009	1,008	1,008	1,007	1,007	1,007	1,007	1,006	1,006	1,006
56	1,007	1,007	1,006	1,006	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,004	1,004	1,004
58	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002
60	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
62	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998
64	0,993	0,993	0,994	0,994	0,994	0,994	0,995	0,995	0,995	0,995	0,996	0,996	0,996
66	0,990	0,990	0,990	0,990	0,991	0,992	0,992	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993
68	0,986	0,986	0,987	0,987	0,988	0,988	0,989	0,990	0,990	0,990	0,991	0,991	0,991
70	0,983	0,983	0,984	0,984	0,985	0,986	0,987	0,988	0,988	0,988	0,989	0,989	0,989
72	0,979	0,980	0,981	0,981	0,982	0,983	0,984	0,985	0,986	0,986	0,987	0,987	0,987
74	0,976	0,976	0,977	0,978	0,980	0,980	0,982	0,983	0,983	0,983	0,985	0,985	0,985
76	0,972	0,973	0,974	0,975	0,977	0,978	0,979	0,980	0,981	0,981	0,982	0,982	0,983
78	0,969	0,970	0,970	0,972	0,974	0,975	0,977	0,978	0,978	0,979	0,980	0,980	0,981
80	0,965	0,967	0,967	0,969	0,971	0,972	0,974	0,975	0,976	0,977	0,978	0,978	0,979
82	0,961	0,963	0,963	0,966	0,968	0,969	0,971	0,972	0,973	0,974	0,976	0,976	0,977
84	0,957	0,959	0,960	0,962	0,965	0,966	0,968	0,970	0,971	0,972	0,974	0,974	0,975
86	0,954	0,956	0,956	0,959	0,961	0,964	0,966	0,967	0,968	0,969	0,971	0,971	0,972
88	0,950	0,952	0,953	0,955	0,958	0,961	0,963	0,965	0,966	0,967	0,969	0,969	0,970
90	0,946	0,949	0,949	0,952	0,955	0,958	0,960	0,962	0,963	0,964	0,967	0,967	0,968
92	0,942	0,945	0,946	0,949	0,952	0,955	0,957	0,959	0,960	0,962	0,964	0,965	0,966
94	0,938	0,941	0,942	0,946	0,949	0,952	0,954	0,957	0,958	0,959	0,962	0,962	0,964
96	0,935	0,938	0,939	0,942	0,946	0,949	0,952	0,954	0,955	0,957	0,959	0,960	0,961
98	0,931	0,934	0,935	0,939	0,943	0,946	0,949	0,952	0,953	0,954	0,957	0,957	0,959
100	0,927	0,930	0,932	0,936	0,940	0,943	0,946	0,949	0,950	0,952	0,954	0,955	0,957
105	0,917	0,920	0,923	0,927	0,931	0,935	0,939	0,943	0,943	0,946	0,949	0,949	0,951
110	0,907	0,911	0,913	0,918	0,923	0,927	0,932	0,936	0,937	0,939	0,943	0,944	0,946
115	0,897	0,902	0,904	0,909	0,915	0,920	0,925	0,930	0,930	0,933	0,937	0,938	0,940
120	0,887	0,892	0,894	0,900	0,907	0,912	0,918	0,923	0,923	0,924	0,927	0,931	0,934
125	0,876	0,881	0,884	0,890	0,898	0,903	0,909	0,916	0,916	0,920	0,925	0,927	0,928
130	0,865	0,871	0,873	0,880	0,888	0,895	0,901	0,908	0,909	0,913	0,918	0,921	0,923
135	0,854	0,861	0,863	0,871	0,879	0,887	0,894	0,901	0,902	0,907	0,912	0,914	0,916
140	0,842	0,850	0,852	0,861	0,870	0,879	0,886	0,893	0,895	0,900	0,905	0,907	0,910

(NFPA 58 (2004): Norma para el Almacenamiento y Manipulación de Gases Licuados de Petróleo)

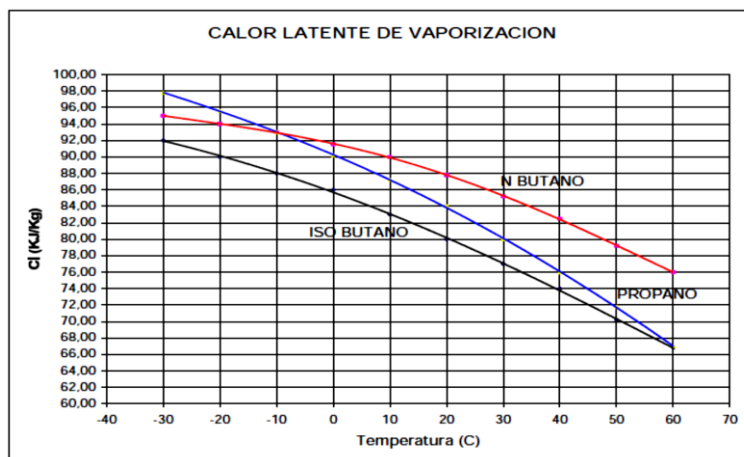
Figura 11. Grafica densidad-temperatura de GLP



Fuente: LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. Manual de instalaciones de GLP, CEPSA, ELF, GAS

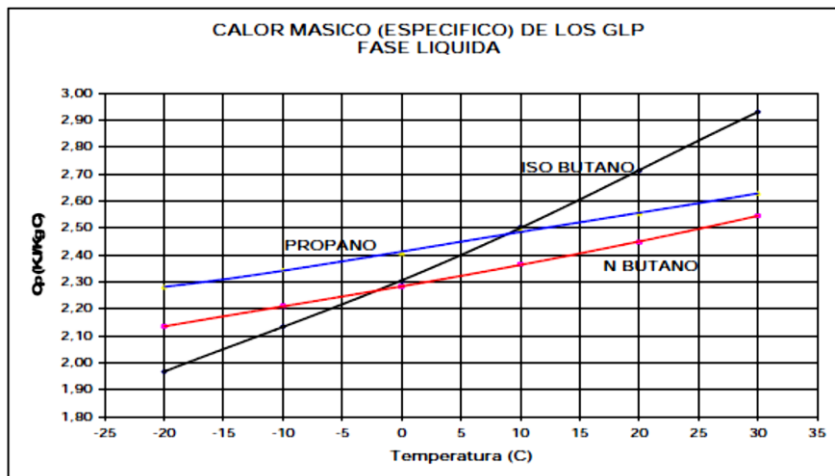
El calor latente de vaporización de un líquido se define como la energía necesaria para vaporizar una unidad de masa de dicho líquido en el punto de ebullición sin variación de temperatura y presión. Para el caso de los GLP, el calor latente de vaporización varía con la temperatura según la figura 12.

Figura 12. Calor latente de vaporización de los GLP como función de la temperatura



Fuente BECCO, J. L. Lorenzo. "Los G.L.P. Los gases licuados del petróleo.", edita: Dirección de Marketing de Repsol Butano, S.A., Madrid 1989.

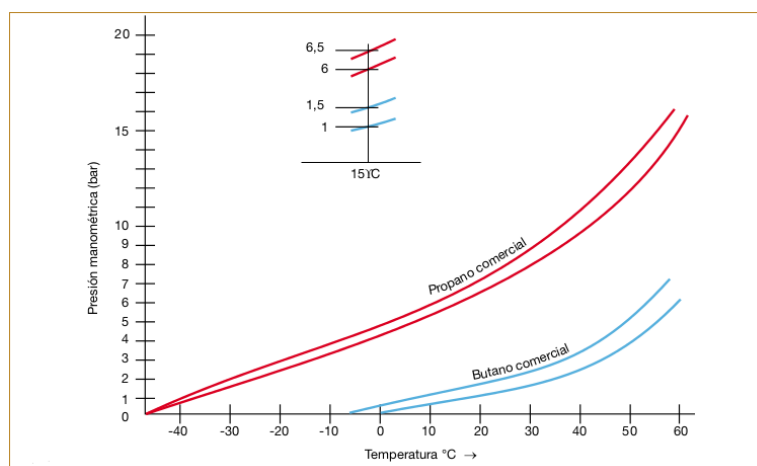
Figura 13. Calor específico de vaporización de los GLP como función de la temperatura



Fuente: BECCO, J. L. Lorenzo. "Los G.L.P. Los gases licuados del petróleo.", edita: Dirección de Marketing de Repsol Butano, S.A., Madrid 1989.

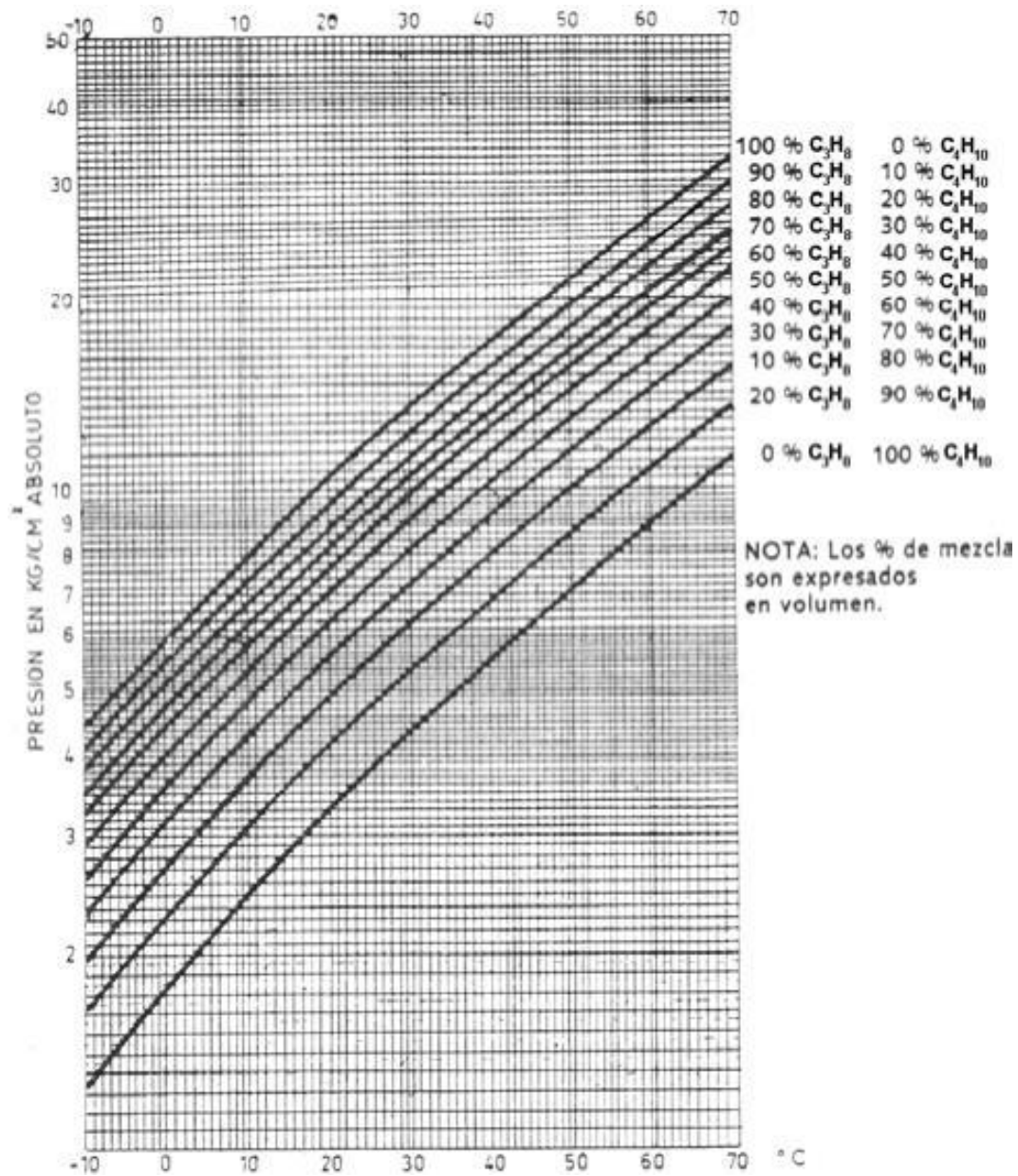
La tensión de vapor de un GLP a una determinada temperatura es la presión absoluta que tanto el líquido como el vapor ejercen sobre las paredes del recipiente que los contiene cuando están en equilibrio. Las figura 14 y 15 muestran el comportamiento de la presión de vapor en función de la temperatura y la composición de GLP

Figura 14. Grafica presión-temperatura de GLP



Fuente: LOPEZ SOPEÑA, José Emilio. Manual de instalaciones de GLP, CEPESA ELF,GAS.

Figura 15. Tensión de vapor propano butano para diversas mezclas



Fuente: BECCO, J. L. Lorenzo. "Los G.L.P. Los gases licuados del petróleo.", edita: Dirección de Marketing de Repsol Butano, S.A., Madrid 1989.

El punto de ebullición es la temperatura a la que un líquido comienza a hervir a presión atmosférica. Los GLP poseen un punto de ebullición normalmente inferior a los 0° C, por lo que a presión atmosférica y temperatura sobre 0° C se encontrarán

en estado gaseoso. Esta característica es aplicada reduciendo la temperatura en recipientes que soportan baja presión.

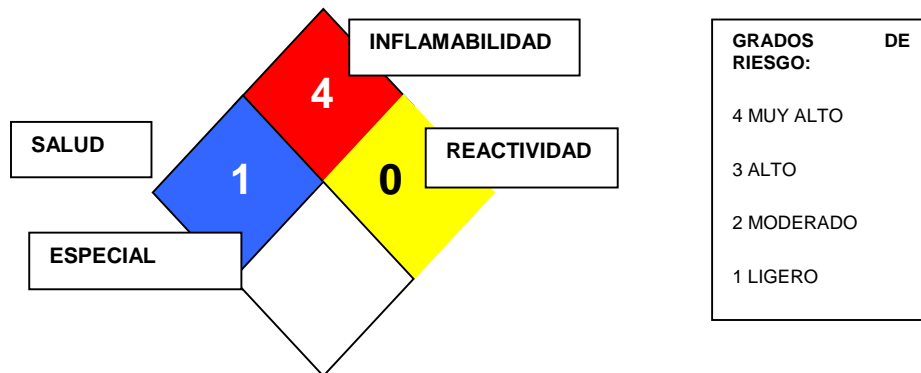
2.2 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD PARA EL ALMACENAMIENTO Y TRANPORTE DE GLP.

El GLP tiene un nivel de riesgo alto, sin embargo, cuando las instalaciones se diseñan, construyen y mantienen con estándares rigurosos, se consiguen óptimos atributos de confiabilidad y beneficio.

Clasificación de Riesgo DOT*: Clase 2 División 2.1

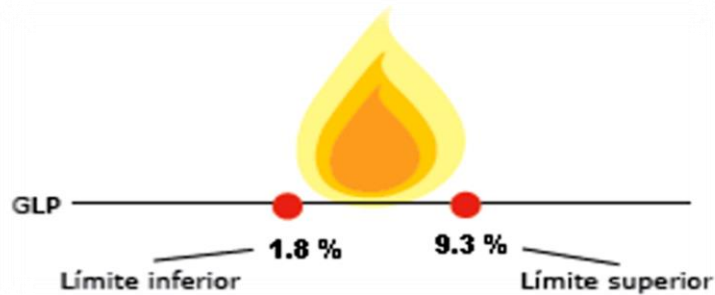
Etiqueta de embarque: GAS INFLAMABLE

Figura 16. Rombo de clasificación de Riesgos NFPA



Rango de inflamabilidad: En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 1.8 % y más de 9.3 % de GLP no explotarán, aun en presencia de una fuente de ignición, sin embargo, en condiciones prácticas, deberá desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva. En la zona explosiva solo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión.

Figura 17. Reactividad - Mezclas de Aire + GLP



Almacenamiento: Almacene los recipientes en lugares autorizados, lejos de fuentes de ignición y de calor, en lo posible lugares ventilados, frescos y secos. Disponga precavidamente de lugares separados para almacenar diferentes gases comprimidos o inflamables, de acuerdo a las normas aplicables. Almacene invariablemente todos los cilindros de GLP, vacíos y llenos, en posición vertical (con esto se asegura que la válvula de alivio de presión del recipiente, siempre este en contacto con la fase vapor del GLP). No deje caer ni maltrate los cilindros. Cuando los cilindros se encuentren fuera de servicio, mantenga las válvulas cerradas, con tapones o capuchones de protección de acuerdo a las normas aplicables. Los cilindros vacíos conservan ciertos residuos, por lo que deben tratarse como si estuvieran llenos (Norma NFPA-58, “Estándar para el Almacenamiento y Manejo de Gases Licuados del Petróleo”).

Precauciones en el manejo: Los vapores de GLP son más pesados que el aire y se pueden concentrar en lugares bajos donde no existe una buena ventilación para disiparlos. Nunca busque fugas con flama o cerillos (fósforos). Utilice agua jabonosa o un detector electrónico de fugas. Asegúrese que la válvula del contenedor este cerrada cuando se conecta o se desconecta un recipiente. Si nota alguna deficiencia o anomalía en la válvula de servicio, repórtelo de inmediato a su distribuidor de GLP. Nunca inserte objetos dentro de la válvula de alivio de presión.

Escapes: Cuando el GLP se fuga a la atmósfera, vaporiza de inmediato, se mezcla con el aire ambiente y se forman súbitamente nubes inflamables y explosivas, que al exponerse a una fuente de ignición (chispas, flama y calor) producen un incendio o explosión. El múltiple de escape de un motor de combustión interna (aprox.435°C) y una nube de vapores de GLP, provocaran una explosión. Las conexiones eléctricas domesticas o industriales en malas condiciones (clasificación de áreas eléctricas peligrosas) son la fuente de ignición más comunes.

Utilícese preferentemente a la intemperie o en lugares con óptimas condiciones de ventilación, ya que en espacios confinados las fugas de GLP se mezclan con el aire formando nubes de vapores explosivas, estas desplazan y enrarecen el oxígeno disponible para respirar. Su olor característico puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente, sin embargo el sentido del olfato se perturba a tal grado que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas.

En caso de fuga se deberá evacuar el área inmediatamente, cerrar las llaves de paso, bloquear las fuentes de ignición y disipar la nube de vapores; aísle el área de peligro y restrinja el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubíquese a favor del viento.

Productos de la combustión: normalmente son dióxido de carbono (CO₂), nitrógeno y vapor de agua. La combustión incompleta produce monóxido de carbono (CO) que es un gas tóxico, ya sea que provenga de un motor de combustión o por uso doméstico. También puede producir aldehídos (irritante de nariz y ojos).

Disposición de desechos: no intente eliminar el producto no utilizado o sus residuos. Regréselo al proveedor para que lo elimine apropiadamente. Los recipientes vacíos deben manejarse con cuidado por los residuos que contiene. El producto residual puede incinerarse bajo control si se dispone de un sistema

adecuado de quemado. Esta operación debe efectuarse de acuerdo a las regulaciones ambientales existentes.

Recomendaciones generales:

Asegurar anticipadamente que la integridad mecánica y eléctrica de las instalaciones estén en óptimas condiciones (diseño, construcción, mantenimiento y operación).

Si aun así llega a fallar algo, deberán instalarse previamente detectores de mezclas explosivas, de calor y humo, con alarmas sonoras y visuales, válvulas de exceso de flujo en prevención a rotura de tuberías y mangueras.

No intente apagar el incendio sin antes bloquear la fuente de fuga, ya que si se apaga y sigue escapando gas, se forma una nube de vapores con gran potencial explosivo. Adicionalmente se deberá enfriar con agua rociada los equipos o instalaciones afectadas por el calor del incendio.

Efectos sobre la salud

Toxicidad; es un asfixiante simple que, sin embargo, tiene propiedades ligeramente anestésicas y que en altas concentraciones produce mareos.

Inhalación: A bajas concentraciones puede causar sed y opresión en el pecho, a concentraciones más altas pueden causar inflamación del tracto respiratorio y asfixia. Los síntomas pueden incluir respiración rápida, fatiga, descoordinación, somnolencia, confusión mental, shock, inconsciencia y convulsiones.

Piel: Irritación luego de la exposición al gas. El líquido puede provocar irritación, enrojecimiento y quemaduras por congelación.

Ojos: La salpicadura de este líquido puede provocar daño físico a los ojos desprotegidos, además de irritación y enrojecimiento puede presentarse quemadura fría.

Efectos crónicos: La exposición prolongada y repetida puede producir anemia.

Equipo de protección personal: en operación normal usar guantes de caucho de butilo o neopreno, mono gafas o visor y respirador con filtro para vapores orgánicos. Para control de emergencias use ropa de protección total y equipo de respiración auto contenido.

2.3 SISTEMAS DE TRASIEGO GLP MEDIANTE BOMBAS

Para facilitar la descripción de este sistema, llamaremos carrotanque al envase del cual se extrae el GLP y deposito a envase que se desea llenar.

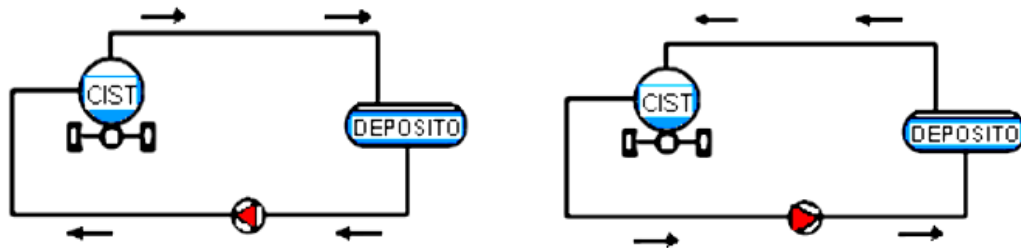
El trasiego de GLP puede consistir en el llenado o vaciado del depósito de almacenamiento del usuario, y se realiza mediante instalaciones compuestas de bombas, tuberías, mangueras y elementos auxiliares.

El trasiego de GLP se realiza siempre en fase líquida por requerirse de esta forma mucho menos tiempo que si se hiciera en fase de vapor. Esta operación se lleva a cabo creando una diferencia de presión entre ambos envases mediante bombas cuando se actúa sobre la fase líquida o compresor cuando se actúa sobre la fase de vapor.

Durante el trasiego por bomba la fase líquida del carrotanque es impulsada hacia el otro envase con o sin conexión entre las fases de vapor de los dos recipientes (figura 18), aun así es aconsejable interconectar las fases de vapor, con esto se descarga a la bomba un exceso de presión lo que produce un aumento de caudal y por lo

tanto una disminución en el trabajo realizado. La entrada de GLP en fase líquida en el depósito se realiza normalmente por su parte superior en forma de lluvia.

Figura 18. Operación de llenado y vaciado por bomba



Las operaciones de vaciado se realizan invirtiendo el sentido de acción de la bomba

2.3.1 Bombas de GLP.² Las bombas son equipos que se utilizan para mover fluidos en estado líquido 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.

Las instalaciones donde se utilicen bombas deben ser diseñadas, para mantener el fluido en estado líquido. Esta tarea no resulta fácil al tratarse de GLP, debido a que es almacenado y transportado en su punto de ebullición, y cualquier energía térmica adicional que reciba causara la formación de vapor, y cualquier pérdida de energía ocasionará la condensación de vapor. El vapor que entra en la bomba desplaza el líquido lo cual disminuye el flujo, causando tiempos de descarga más largos, energía desperdiciada y un mayor desgaste para la bomba.

² KORKEN IDEX, Guía de los equipos Corken Oara Ek trasiego del gas licuado, Oklahoma City, 1992,75 p

Formación de vapor en las líneas de succión: La formación de vapor en la línea de succión de la bomba se puede atribuir a dos causas. 1) a la transferencia de calor a la línea desde una fuente externa, lo cual causa una ebullición inducida externamente. 2) caídas de presión en la línea, lo cual causa una ebullición inducida internamente.

Para disminuir la transferencia de calor debido a las condiciones ambientales 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 líquido de color blanco, ya que así se reflejan parte de los rayos solares en vez de absorberse, también es aconsejable instalar las líneas de succión en la sombra del tanque de almacenamiento.

Las caídas de presión que contribuyen a la formación de vapor en la línea de succión pueden atribuirse a cambios de elevación, fricción y arrastre de vapor.

La presión en la succión de la bomba de GLP se puede expresar como:

$$P = P_v + z - f$$

Donde

P_v = presión de vapor, z = presión columna de GLP, f = pérdidas por fricción

Siempre que un fluido fluye sobre una superficie se produce fricción. En las líneas de GLP esta fricción causa que parte de la energía del fluido se convierta en calor. Hay dos factores que determinan que tan grande es la caída de presión, la velocidad del líquido y la turbulencia del líquido.

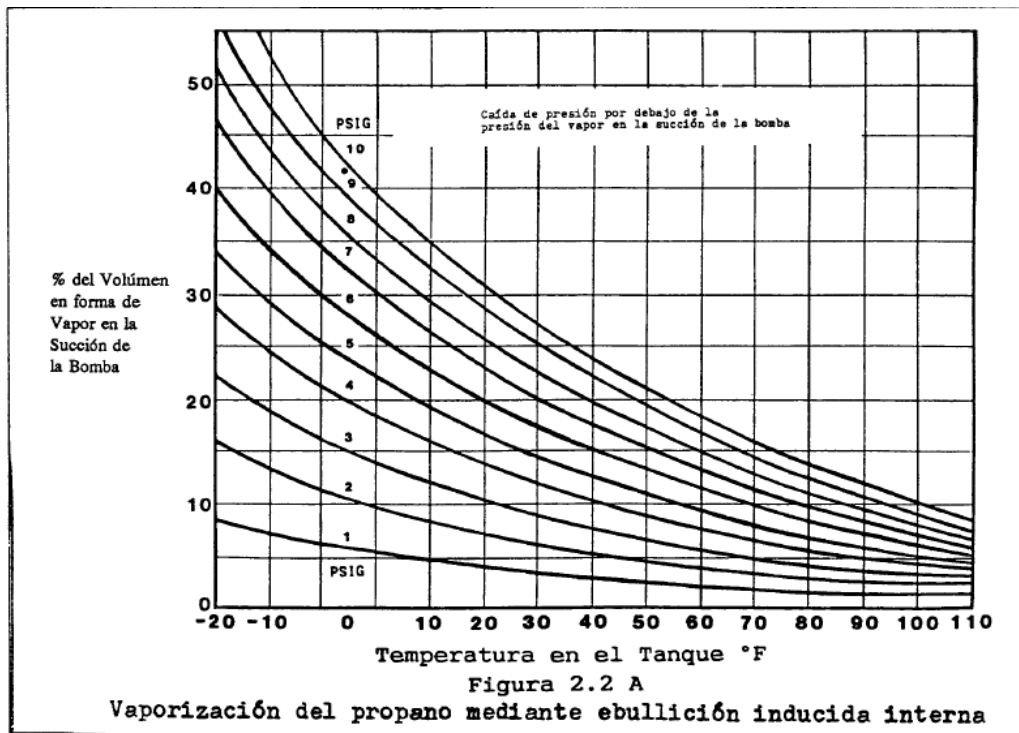
La cantidad de calor generado por fricción a través de una línea es proporcional al cuadrado de la velocidad. En tuberías de mayor diámetro la velocidad del líquido es menor, por lo tanto las pérdidas por fricción son menores.

Las restricciones en la línea producen velocidades más altas y mayores caídas de presión, estas restricciones generalmente son debidas a filtros, válvulas de exceso de flujo o válvulas de retención, de ahí que en la línea de succión de la bomba son preferibles las válvulas de bola a las válvulas de globo.

La turbulencia del GLP puede ser ocasionada por restricciones en la línea y por cambios en la dirección del flujo por los codos del sistema, con el fin de mejorar la operación de la bomba se deben alejar los accesorios que causen turbulencia a una distancia superior a diez veces el diámetro de la tubería.

La línea de succión de la bomba debe ser diseñada para que la presión del GLP no caiga por debajo de la presión de vapor. La figura 19 muestra la cantidad de vapor presente en la succión de la bomba como resultado de la ebullición inducida internamente.

Figura 19. Vaporización del propano mediante ebullición interna

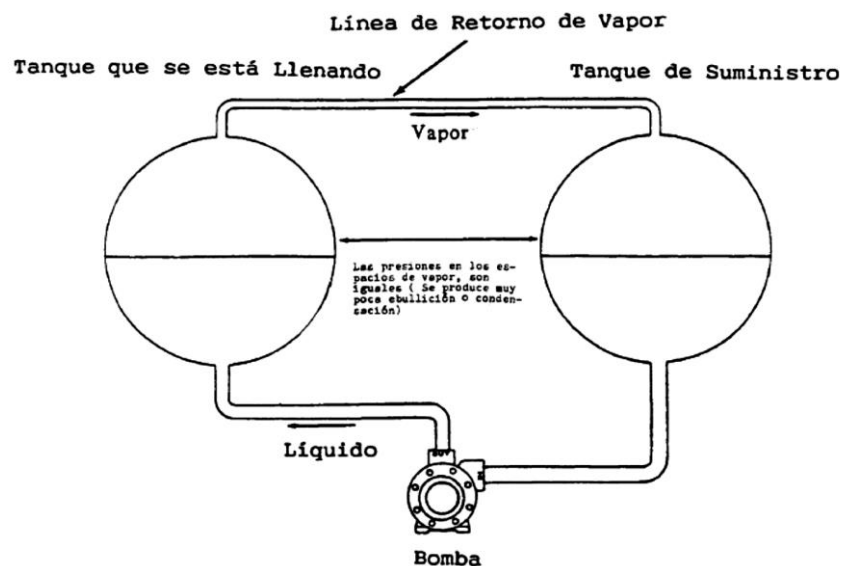


El porcentaje mostrado en la figura 19 son valores mínimos ya que la ebullición que se produce en el tanque de almacenamiento como consecuencia del trasiego de GLP, debido a la caída de presión en el interior de tanque a medida que la bomba saca líquido produciendo lo que se denomina vapor de arrastre, aumenta el porcentaje de GLP en estado de vapor.

La ebullición se produce en el fondo del tanque lo cual aumenta las probabilidades de ser arrastrado a la succión de la bomba. Para mantener el arrastre a un nivel bajo y proteger la bomba, no debe removerse más del 3 % del volumen del tanque por minuto.

El mejor método para reducir el arrastre de vapor en el tanque de almacenamiento es mediante la conexión de la línea de retorno de vapor del tanque del cliente (Figura 20), ya que a medida que se extrae líquido del carro tanque el espacio es llenado por el vapor proveniente del tanque que está siendo llenado. Sin embargo cuando se utiliza esta conexión parte del GLP que se suministra al cliente regresa al carro tanque, por lo cual esta conexión se debe limitar a casos en los cuales la presión del envase sea mayor que la presión del carro tanque.

Figura 20. Trasiego con conexión de la línea de vapor



Diseño de las bombas de GLP: El tipo más común de bomba para líquidos es la bomba centrífuga, la cual extrae el fluido por medio de un impulsor que recoge el líquido, lo acelera y lo envía a una restricción que se encuentra en el punto de descarga convirtiendo la energía cinética en energía potencial, en este tipo de bombas el líquido debe ingresar a alta velocidad, lo cual genera 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 GLP, impidiendo que se puedan utilizar bombas centrífugas de una sola etapa para bombear GLP.

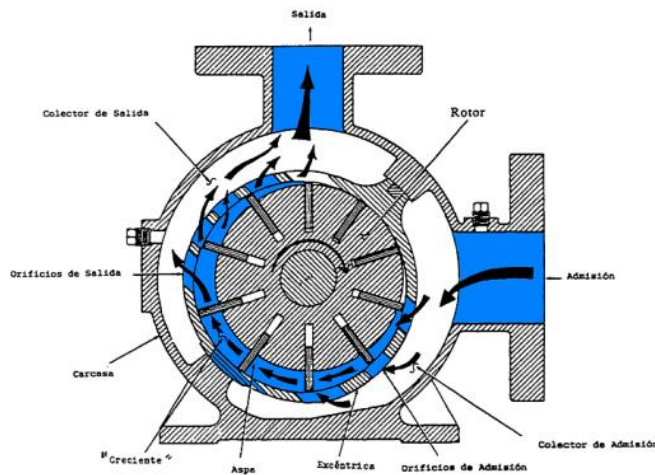
Otra bomba común, la bomba de pistones, este tipo de bomba no es adecuada para el bombeo de GLP, ya que el flujo hacia adentro y hacia afuera del cilindro está restringido por válvulas de succión y de descarga. Estas restricciones ocasionan caídas de presión que dan como resultado una formación de vapor inaceptablemente grande en el líquido de GLP

Las bombas con características de operación similares a las de desplazamiento positivo, que rotan (en vez de tener un movimiento alternativo) son las favoritas en la industria del GLP. Estas bombas han dominado el mercado debido a que no causan una evaporación significativa y a que pueden bombear cierta cantidad de vapor sin experimentar daño, comprimiendo el GLP sin la aceleración de las bombas centrífugas y tienen amplios orificios de succión sin restricciones, produciendo un flujo continuo y uniforme gracias a su movimiento giratorio.

El tipo de bomba de paletas deslizantes es la bomba más popular en la industria del GLP para la obtención de flujos altos (20 GPM a 350 GPM). Estas bombas combinan la ventaja de un costo bajo, alta confiabilidad y fácil mantenimiento.

Son bombas ideales para aplicaciones típicas como el llenado de cilindros y cargue y descargue de camiones de abastecimiento.

Figura 21. Funcionamiento bomba de paletas



El principio de operación es muy sencillo, se coloca un rotor ranurado en una cavidad excéntrica. Se sella el rotor cerca de la pared excéntrica mediante dos placas laterales. El rotor tiene aspás que se deslizan hacia adentro y afuera de las ranuras a fin de sellar los volúmenes entre el rotor, la cavidad excéntrica y la placa lateral. El líquido entra a la cámara de bombeo a través de orificios en la excéntrica donde es barrido hasta el extremo opuesto de la cámara de bombeo, para ser expulsado a medida que se aproxima al final de la cámara(fig. 21).

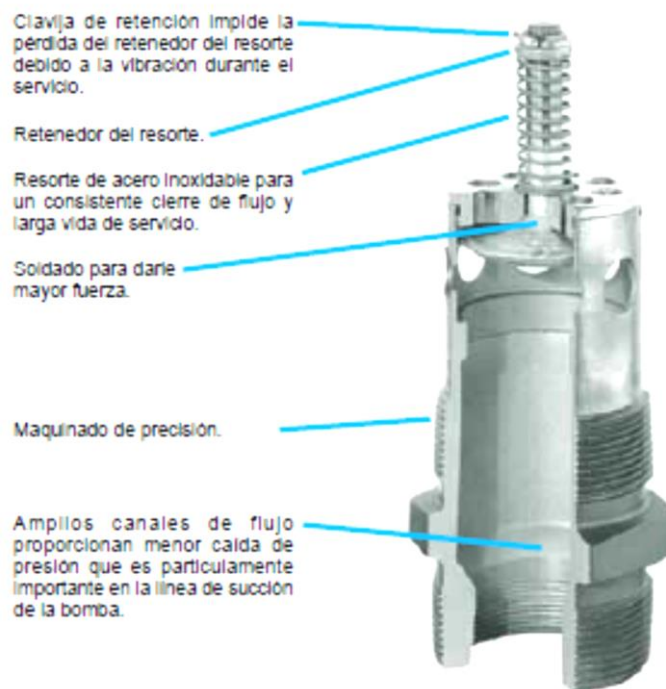
Instalación de bombas de GLP. En la instalación de bombas para GLP se deben seguir las recomendaciones ilustradas en el anexo E.las cuales pueden resumirse en los siguientes puntos básicos.

- Reduzca al mínimo la caída de presión en la línea de succión, para disminuir la formación de vapor en el punto de succión de la bomba. Para reducir la caída de presión utilice la línea más corta que pueda, utilice en menor número de válvulas y accesorios posibles, instale el menor número de codos posibles, utilice una línea de succión cuyo diámetro sea mayor o igual al de succión de la bomba.

- Reduzca al mínimo la turbulencia en la succión de la bomba, para esto ubique los accesorios tales como filtros y codos, alejados de la succión a una distancia igual o superior a diez veces el diámetro de la bomba
- Instale la línea de succión de tal forma que las fuerzas de flotación ayuden a regresar el vapor al tanque de alimentación, para esto instale la bomba debajo del tanque y las líneas con una inclinación descendente hacia la bomba.
- Cuando la línea de descarga es larga, instale una válvula de retención de asiento suave, inmediatamente después de la válvula de retorno. 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.
- Se debe evitar que las líneas pasen por puntos calientes, como el sistema de escape en los camiones, la tubería de líquido se debe pintar de color blanco.
- Las llaves a instalar se situarán con su eje en posición horizontal para evitar la localización de burbujas.
- Evitar las reducciones de sección bruscas, y de realizarlas, montarlas excéntricas. Situar las reducciones necesarias en la línea de succión, distanciadas de las bridas de la bomba a más de 5 veces el diámetro.
- En el tramo de impulsión se puede producir exceso de presión que puede dañar a la bomba. Para evitar esto último, se ha de situar una derivación con una válvula diferencial, que solo se abra cuando la presión en la impulsión se eleve anormalmente. La válvula diferencial se debe tarar correctamente para evitar la sobrepresión en la bomba.

2.3.2 Válvulas de exceso de flujo³. Una válvula de exceso de flujo es un dispositivo protector para ayudar a controlar la descarga de producto en caso de una ruptura total de las líneas de tubería o de una manguera. Sin embargo, una válvula de exceso de flujo sólo puede ofrecer protección limitada en cuanto a la descarga de gas, porque sólo se cerrará bajo aquellas condiciones que causen que el flujo a través de la válvula exceda su volumen de flujo de cierre; y aun cuando esté cerrada, permite necesariamente un mínimo escape a través de la válvula.

Figura 22. Válvula de exceso de flujo



Fuente: catalogo L-102 SV-EQUIPOS DE GAS LP Y AMINIACO ANHIDRICO, Rego)

Una válvula de exceso de flujo (figura 22) no está diseñada para cerrar y por lo tanto puede que no proporcione protección, si alguna de las siguientes condiciones está presente:

³Catalogo L-102 SV-EQUIPOS DE GAS LP Y AMINIACO ANHIDRICO, Rego)

- Las restricciones del sistema de tuberías (debido a la longitud, las ramificaciones y la reducción en el tamaño de la tubería o al número de otras válvulas) disminuyen el volumen de flujo a un volumen menor que el flujo de cierre de la válvula. (La válvula se debe seleccionar por el volumen de flujo de cierre, no sólo por el tamaño de la tubería.
- La rotura o el daño a la línea corriente abajo no es suficientemente grande para permitir un flujo que sea suficiente para cerrar la válvula.
- Una válvula de cierre instalada en la línea está sólo parcialmente abierta y no permite que haya suficiente flujo para cerrar la válvula de exceso de flujo.
- La presión de GLP corriente arriba de la válvula de exceso de flujo, no es suficientemente alta para producir un volumen de flujo de cierre.
- Contaminantes (tal como escorias de soldadura) están atascados en la válvula e impiden el cierre.
- La ruptura o el daño en la tubería ocurren corriente arriba de la válvula de exceso de flujo de línea, de manera que el producto que se escapa no está pasando por la válvula.
- El flujo a través de la válvula va en la dirección incorrecta. (Las válvulas de exceso de flujo sólo responden a flujo en una dirección.)

Pruebas de Válvulas de Exceso de Flujo: En general, la mayoría de pruebas hacen uso del hecho que las válvulas de exceso de flujo son “sensibles a oleadas” y se cerrarán más rápidamente con una oleada repentina que con un flujo bajo y constante. Frecuentemente se puede crear una descarga suficiente usando una válvula de cierre rápido para controlar un flujo súbito y/o momentáneo hacia un tanque o hacia una sección de tubería que contiene una presión muy baja. Se escuchará un “clic” de la válvula de exceso de flujo (y el paro correspondiente de flujo) indicará que la válvula está cerrada.

Una prueba que involucra la descarga de gas hacia la atmósfera es peligrosa y puede ser poco práctica o ilegal.

Cualquier prueba de una válvula de exceso de flujo no comprobará que la válvula cerrará en una situación de emergencia, debido a las razones citadas anteriormente. Esta prueba sólo verificará la condición de la válvula y el tamaño del volumen de flujo para esas condiciones de prueba.

2.3.3 Válvulas internas accionamiento manual o neumático⁴ .Se denominan válvulas internas a aquellas válvulas que están roscadas directamente al tanque de almacenamiento o transporte. Estas válvulas son las encargadas de permitir el paso de GLP líquido hacia la bomba durante la operación de trasiego, se instalan en las salidas de GLP líquido.

Son válvulas normalmente cerradas con función de exceso de flujo, accionadas por cable o por actuador neumático (Ver figura 23).

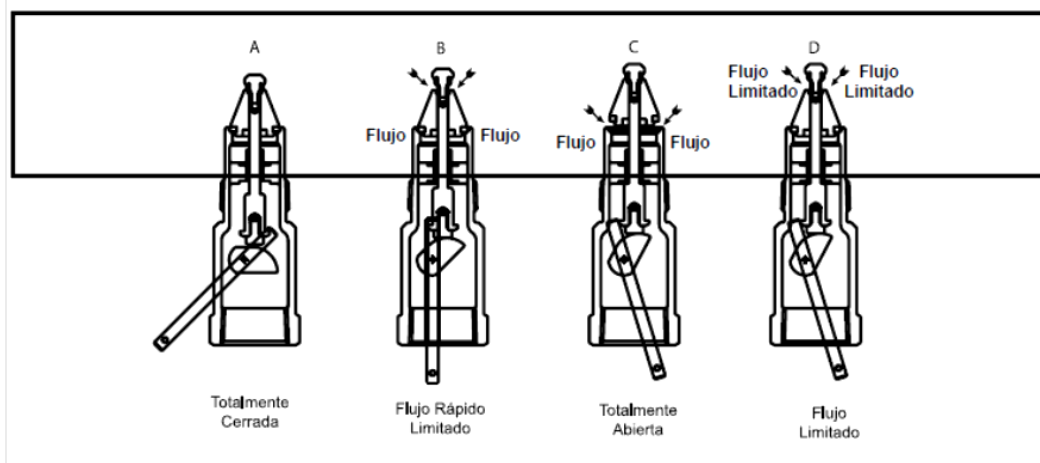
Figura 03. Válvula interna de accionamiento manual o neumático



⁴Catalogo L-102 SV-EQUIPOS DE GAS LP Y AMINIACO ANHIDRICO, Rego)

Cómo Trabajan estas Válvulas: Refiérase a la figura 24. El dibujo “A” muestra la válvula cerrada y sin flujo, mantenida en dicha posición por la presión del tanque y el resorte de cierre de la válvula. La activación únicamente de la palanca de operación no abre la válvula, solo permite que se iguale la presión entre entrada y salida mediante el flujo rápido y restringido de producto corriente abajo de la válvula. Esta presión igualada permite entonces que la válvula se abra por medio del resorte interno.

Figura 24. Funcionamiento de la válvula interna con exceso de flujo



La válvula se abre al mover la palanca al punto intermedio, vea el dibujo “B”. Esta posición permite al operador colocar la parte igualadora del vástago de la válvula en la apertura que causará mayor flujo de producto corriente abajo que si la palanca fuese totalmente abierta. En pocos segundos, el tanque y la presión corriente abajo serán casi iguales. El resorte del exceso de flujo empujará el cabezal/asiento principal a la posición abierta, vea el dibujo “C”, en ese momento la palanca se deberá mover a la posición donde estará completamente abierta. Si al principio la palanca se mueve rápidamente a la posición completamente abierta, la válvula permite que una pequeña cantidad fluya corriente abajo, pero mucho menos que durante el flujo rápido (figura B).

Esto resulta en un período más largo de igualación de presión antes que se abra la válvula principal.

El asiento principal no se abrirá hasta que la presión de salida aproximadamente iguale la presión del tanque.

Una vez que el asiento principal se haya abierto, un flujo mayor que el volumen de exceso de flujo calibrado o una oleada correspondiente de flujo fuerzan al asiento principal a cerrarse contra el resorte de exceso de flujo, tal como se ve en la figura B. En esta posición la válvula piloto continuará abierta permitiendo una pequeña cantidad de flujo corriente abajo, pero mucho menos que durante un flujo rápido (figura B).

Cuando la palanca de operación se mueve a la posición cerrada, la válvula se cerrará y se volverá a establecer un cierre a prueba de fugas tal como se ve en la figura A.

Para proporcionar protección contra sobre flujo, la capacidad nominal de la bomba, tubería, acoples y manguera en la entrada y salida de la válvula deben ser mayores a la capacidad de flujo de la válvula. Cualquier reducción que disminuya el flujo a menos de la capacidad del exceso de flujo de la válvula interna hará que esta válvula no opere cuando sea necesario.

Precauciones y Operación de la Válvula

1. La válvula se debe abrir antes de conectar la bomba
2. Mantenga el sistema de la bomba “mojado” para evitar que se sequen los sellos y así reducir el tiempo que toma abrir la válvula. Evacue la tubería solamente cuando sea requerido por los códigos o las prácticas seguras de operación.

3. Cuando la tubería está seca o a una presión más baja que la del tanque, abra la válvula a la mitad por unos cuantos segundos para permitir que se iguale la presión de la línea antes de abrir completamente la palanca de la válvula. Puede ser que el asiento principal no se abra inmediatamente si la palanca se coloca en posición abierta muy rápido.

4. Las oleadas de flujo pueden cerrar la válvula de exceso de flujo y por lo tanto deben ser evitadas. Si la válvula se cierra de golpe, pare inmediatamente la bomba, cierre la válvula más cercana corriente abajo y mueva la palanca a una posición al medio para igualar la presión hasta que se vuelva a abrir la válvula con un audible “clic”, luego vuelva a conectar la bomba y abra lentamente la válvula corriente abajo.

5. Siempre mantenga la válvula cerrada, excepto cuando se transfiera producto.

6. Abra totalmente todas las válvulas mientras bombee. Las válvulas que estén parcialmente abiertas pueden impedir que cierre la válvula de exceso de flujo cuando se requiere, aún en un sistema debidamente diseñado.

7. Todo el personal debe conocer la ubicación de los cierres remotos y su operación en caso de emergencia. También deben estar conscientes de la apertura de igualación a través de la cual puede haber un flujo restringido de producto después de que actúe la válvula de exceso de flujo.

8. Nunca, bajo ninguna circunstancia, amarre con alambre la palanca de operación de una válvula interna para mantenerla permanentemente abierta.

2.4 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL MEDIDOR TIPO CORIOLIS⁵

Figura 25. Medidor Másico tipo Coriolis



Fuente: SOLANO CASTELLANOS, FAVIO EDUARDO. Monografía, EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL MEDIDOR DE FLUJOMÁSICO TIPO CORIOLIS PARA GAS NATURAL, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE GAS. BUCARAMANGA. 2006.

Los medidores de caudal que determinan directamente la masa usando sus propiedades, como los de tipo coriolis, fueron desarrollados en la década de los 80. Estos medidores han encontrado diversas aplicaciones porque esta tecnología es robusta y soporta variaciones moderadas en las propiedades del fluido sin disminuir su desempeño. La medida del flujo es insensible a los cambios de presión, temperatura, viscosidad y densidad.

⁵SOLANO CASTELLANOS, FAVIO EDUARDO. Monografía, EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL MEDIDOR DE FLUJOMÁSICO TIPO CORIOLIS PARA GAS NATURAL, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE GAS. BUCARAMANGA. 2006

La medida directa de la masa se basa en principios básicos de la mecánica clásica, considerando al fluido como un medio continuo para obtener una medida exacta.

En 1835 el ingeniero y matemático francés Gustave Gaspard Coriolis descubrió una fuerza inercial conocida como el efecto coriolis. El efecto de la fuerza Coriolis es una desviación aparente en la trayectoria de un objeto que se mueve dentro de un sistema móvil de coordenadas. En realidad el objeto no se desvía de su trayectoria pero parece hacerlo debido al movimiento del sistema.

Cuando un fluido se desplaza a través de los tubos del sensor en oscilación se produce la fuerza de coriolis. Esta fuerza origina una flexión de sentidos opuestos entre la entrada y salida del sensor; esto origina una torsión. El flujo másico a través del sensor se incrementa, la flexión es mayor y es medida por los detectores montados en la entrada y salida de los tubos.

La ventaja más grande del medidor de coriolis es probablemente su alta exactitud la cual en muchos medidores está en la gama de 0.5 %. Lo cual es una característica ideal en procesos de transferencia y custodia del producto.

Además de la ventaja anterior los medidores de coriolis por no poseer ninguna pieza móvil, tienen requisitos mínimos de mantenimiento y al medir directamente la masa lo hace altamente rentable en aplicaciones de medición GLP.

El medidor de flujo se fundamenta en el teorema del matemático francés Gustave Gaspar Coriolis (1795-1843). El cual expresa que una partícula que se desplaza con una velocidad lineal “ v ” a través de una superficie que a la vez gira a una velocidad angular ω experimenta una aceleración adicional denominada aceleración de coriolis a_c cuya magnitud es la siguiente.

$$a_c = 2 * \omega * v \text{ Ec. 6.1}$$

a_c = Aceleración de Coriolis.

ω = Velocidad de rotación del sistema de referencia (SR) móvil.

v = velocidad relativa al SR móvil.

Si un cuerpo A experimenta una aceleración es porque hay una fuerza actuando sobre él, proveniente de otro cuerpo B con el cual interactúa; a la vez según la ley de acción y reacción; el cuerpo B ejercerá otra fuerza sobre el cuerpo A con la misma dirección y magnitud pero en sentido opuesto. Siendo la fuerza proporcional tanto a la aceleración como a la masa del cuerpo. Según lo anterior las fuerzas para los cuerpos A Y B quedarían así:

$$F_{cA} = 2m * \omega * v \text{ Ec 6.2}$$

$$F_{cB} = -2m * \omega * v \text{ Ec 6.3}$$

Siendo m es la masa.

El medidor de flujo másico coriolis consiste en un tubo doblado en U a través del cual fluye el gas (figura 26). Mediante dispositivos electromagnéticos el tubo en U se hace vibrar de tal forma que para cualquier instante el tubo tenga una velocidad angular ω cuya dirección va a lo largo del eje x.

Si el gas que fluye por el tubo es el cuerpo A mencionado anteriormente y el tubo en U es el cuerpo B el lado izquierdo del tubo en U experimenta una fuerza igual a:

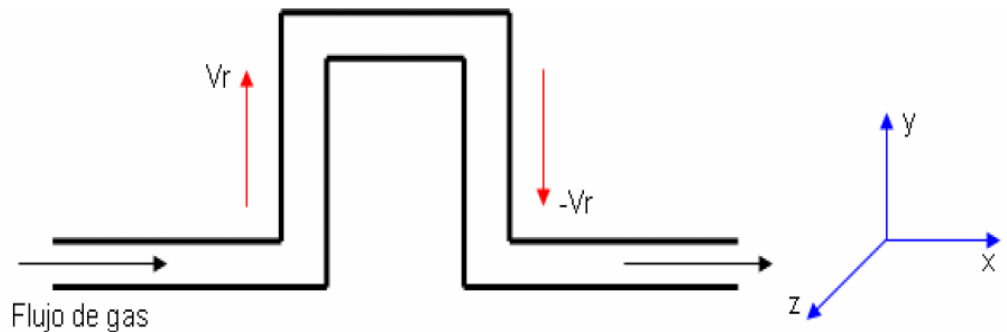
$$F_{tubo} = -2m * \omega * v \text{ Ec 6.4}$$

Donde m es la masa de gas al interior del tubo y v es la velocidad relativa del gas respecto al lado izquierdo del tubo en U.

La dirección y sentido de la fuerza es el resultado de aplicar la ecuación vectorial 6.4. En todo caso la dirección de la fuerza es perpendicular al plano formado por los ejes de las direcciones ω y v , es decir perpendicular al plano donde se encuentra el

tubo (eje z). Como los sentidos de las velocidades relativas del gas respecto al lado izquierdo y respecto al lado derecho del tubo son contrarias, también lo serán las fuerzas aplicadas sobre estos tramos del tubo. Este par de fuerzas contrarias están deformando permanentemente el tubo.

Figura 26. Esquema medidor másico coriolis



Cuando el tubo en U vibra con el sentido de la velocidad angular, las fuerzas aplicadas en los tramos izquierdo y derecho del tubo en U van en los sentidos mostrados, de tal forma que la fuerza F en el lado izquierdo del tubo hace retardar su movimiento y la fuerza $-F$ sobre el lado derecho del tubo hace adelantar su movimiento.

En la figura 27. Se representa el cambio en los sentidos de las fuerzas sobre el tubo en U, debido al cambio de sentido en la velocidad angular del tubo provocado por la vibración, haciendo que el movimiento del lado izquierdo se adelante y el lado derecho se atrase.

El conducto del flujo se debe hacer vibrar controladamente a su frecuencia de resonancia para reducir la energía requerida. El movimiento de cualquier punto del tubo, representa una onda sinusoidal (figura 28). Si no hay flujo a través del tubo, todos sus puntos se mueven en fase con el controlador (ver figura 28 a) con el flujo

a través del tubo existe siempre un desfase entre los movimientos de ambos lados del tubo, que representa un retardo entre los tiempos de t1 y t2 (ver figura 28 b) al pasar por una determinada posición de referencia. La ordenada x de la figura 28b representa la posición de partículas del tubo.

La fuerza de coriolis (ver figura 27) generada por el flujo es descrita por la siguiente ecuación:

$$F = 2 \cdot m \cdot \omega \cdot v \quad \text{Ec. 6.5}$$

m = masa de fluido al interior de tubo

ω = Velocidad de rotación

v = velocidad del flujo

Figura 27. Fuerzas sobre el tubo en U

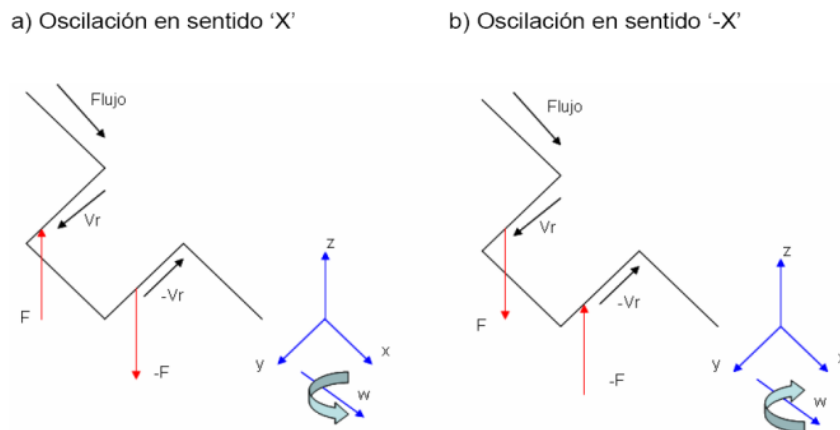
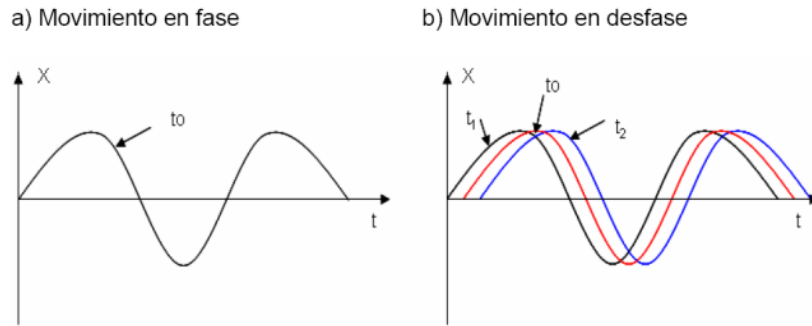


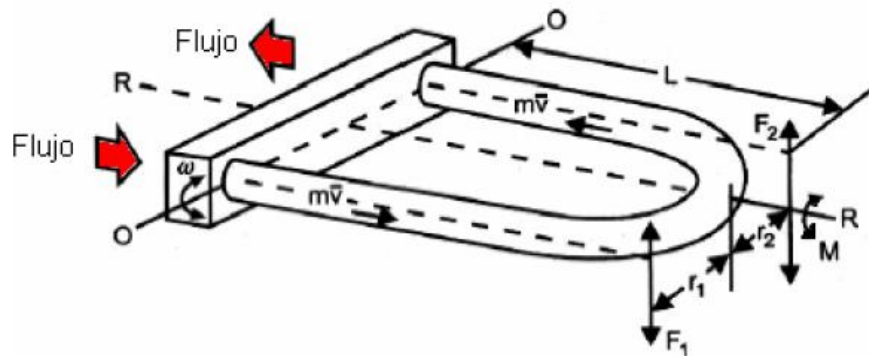
Figura 28. Diagrama de movimiento del tubo



Puesto que el tubo oscila alrededor del eje o-o las fuerzas desarrolladas crean un momento de oscilación M alrededor del eje $R-R$ con un radio “ r ” esto se expresa como:

$$M = F_1.r_1 + F_2.r_2 \quad \text{Ec. 6.6}$$

Figura 29. Esquema del momento de oscilación del tubo



Las magnitudes de las fuerzas F_1 y F_2 son iguales a F y $r_1 = r_2 = r$ de tal forma que:

$$M = 2F.r = 4.m.v.\omega.r \quad \text{Ec. 6.7}$$

Por otro lado, la velocidad es definida como longitud “ L ” recorrida por una partícula de fluido, por unidad de tiempo y el caudal másico W se define como la masa que fluye por unidad de tiempo así:

$$v = \frac{L}{t} \text{ Ec. 6.8}$$

$$W = \frac{m}{t} \text{ Ec. 6.9}$$

$$W = m \cdot v/L \text{ Ec. 6.10}$$

Reemplazando se obtiene.

$$M = 4mrWL \text{ Ec. 6.10}$$

El momento M genera una deformación angular θ en el tubo de medición alrededor del eje $R-R$, directamente proporcional al momento aplicado e inversamente proporcional a una constante “ k ” de rigidez, así:

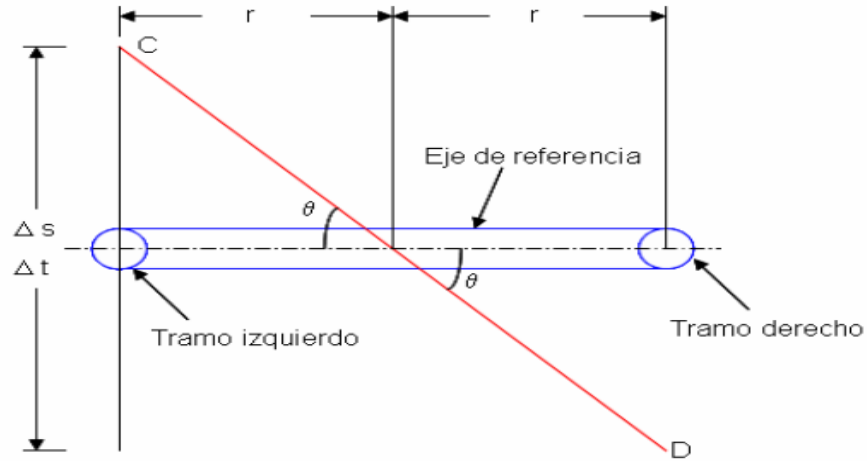
$$\theta = M/k \text{ Ec. 6.11}$$

Al remplazar M con la ecuación 6.10 se obtiene:

$$W = \frac{k\theta}{4wrL} \text{ Ec. 6.12}$$

Cada sensor usa un método de procedimiento de señales para medir θ (ver figura 30) como una función del tiempo que le toma a cada tramo del tubo para cruzar un eje de referencia. La diferencia entre los tramos es cero (0) para una condición sin flujo. Cuando se establece un flujo se genera una deformación angular θ , que se mide con una diferencia de tiempo entre las señales correspondientes a los extremos C y D de los tramos del tubo. Este diferencial de tiempo debe ser proporcional a la cantidad de flujo que pasa por el medidor coriolis, como se demostrara a continuación.

Figura 30. Representación de la deformación angular del tubo



De la figura 30 se tiene:

$$\tan\theta = \Delta s / 2r \quad \text{Ec.6.13}$$

Para ángulos pequeños $\tan\theta = \theta$

Según los principios cinemáticos se tiene que:

$$\Delta s = v \cdot \Delta t \quad \text{Ec.6.14}$$

$$v = \omega L \quad \text{Ec.6.15}$$

Por lo cual:

$$\theta = \frac{\omega L \Delta t}{2r} \quad \text{Ec.6.15}$$

Remplazando en la ecuación 6.12

$$W = \frac{k \cdot \Delta t}{8 \cdot r^2} = K \Delta t \quad \text{Ec.6.16}$$

Lo anterior expresa que el caudal másico es proporcional únicamente al desfase Δt y a una constante K que depende de las condiciones geométricas y el materia del tubo. Este caudal másico es independiente de la frecuencia de la vibración del tubo del medidor.

K es una constante de proporcionalidad, que debe ser compensada por cambios de temperatura que ocurran en el proceso. Comúnmente la temperatura de la superficie del tubo es monitoreada utilizando un sensor de temperatura RTD. Con los cambios de temperatura el sistema electrónico procesa las señales y ajusta continuamente la constante de proporcionalidad, al mismo tiempo que la escala Δt para obtener una medición de caudal másico corregida.

3. FASE DE DISEÑO

3.1 CONSIDERACIONES NORMATIVAS DE DISEÑO

Para el diseño del sistema hidráulico se deben tener en cuenta las exigencias de la norma técnica colombiana NTC 3853 EQUIPO, ACCESORIOS, MANEJO Y TRANSPORTE DE GLP.

REQUISITOS NTC 3853	
Accesorios de tuberías rígidas y semirrígidas	<p>Los accesorios deben ser de acero, bronce, cobre o plástico y deben cumplir con los requisitos a continuación establecidos en los ítems a, b y c; No deben utilizarse accesorios de fundición de hierro.</p> <p>a. las uniones en acero, bronce o cobre pueden ser roscadas, soldadas o soldadas de latón.</p> <p>b. Los empalmes de conductos de acero, bronce o cobre deben ser embocinados, hechos con soldadura de latón o ensamblados con acoples para tubería de gas.</p> <p>c. El empalme en conductos y tuberías de polietileno se deben elaborar por fusión térmica y los accesorios de transición ensamblados en fábrica. Todos los accesorios empleados en la unión de tuberías de polietileno deben someterse a ensayos y estar recomendados por parte del fabricante para su uso con tuberías de polietileno, así también instalarse de acuerdo con sus instrucciones escritas.</p>
Válvulas diferentes a las válvulas del recipientes	<p>Las partes metálicas de las válvulas sometidas a presión, incluidas las válvulas manuales de cierre, de exceso de flujo, de cheque, de cierre de emergencia, de control remoto utilizadas en los sistemas de tuberías, deben ser de acero, hierro dúctil, hierro maleable o bronce. Para hierro dúctil debe cumplir con la norma ANSI/ASTM A395 y el hierro maleable con la norma ANSI/ASTM A 47.</p>

<p>Válvulas diferentes a las válvulas del recipientes</p> <p>Mangueras, acoples rápidos, conexiones de mangueras y conectores flexibles</p>	<p>Todos los materiales utilizados, incluyendo los discos de los asientos, los empaques, los sellos y diafragmas deben ser resistentes a la acción del GLP en condiciones de servicios.</p> <p>Las válvulas deben ser apropiadas para soportar las presiones de trabajo: las válvulas sometidas a presiones superiores tales como las de la tubería de descarga de bombas deben soportar como mínimo 350 Psig.</p> <p>Las válvulas que se empleen con GLP en estado líquido o gaseoso a presiones 125 Psig. deben soportar presiones de 250 Psig Las válvulas de uso GLP en vapor deben soportar presiones de trabajo de 125 Psig</p> <p>Las mangueras, conexiones y conectores deben ser fabricados con materiales resistentes al GLP. Las mangueras y acoples rápidos deben ser adecuados para el uso con GLP.</p> <p>Las mangueras deben estar diseñadas para presiones de trabajo de 350 Psig con factor de seguridad de 5 a 1 y deben estar marcados con las leyendas "GLP", "PROPANO", "PRESION DE TRABAJO DE 350 PSI" el nombre de su fabricante o marca comercial. Las mangueras ensambladas junto con conectores deben tener una capacidad de diseño para soportar una presión no inferior a 700 Psig.</p>
<p>Válvulas de alivio hidrostático</p>	<p>Las válvulas de alivio que se encuentren entre válvulas de corte del flujo cerradas deben tener una calibración entre 400 y 500 Psig a menos que el sistema sea diseñado para operar por encima de 350 Psig para este caso deben estar calibradas entre 110 % y 125% de la presión del diseño del sistema.</p>
<p>Equipos</p>	<p>Los equipos deben ser adecuados para las presiones de trabajo respectivas: equipos sometidos a presiones superiores a la del recipiente deben estar en capacidad de soportar presiones de trabajo no inferior a 350 Psig.</p> <p>Los equipos que en manejo de GLP soporten presiones superiores a 125 Psig pero inferiores a 250 Psig deben estar en condiciones de soportar presiones 250 Psig los equipos de GLP vapor que soporten presiones 20</p>

	<p>Psig pero inferiores a 125 Psig deben soportar presiones de trabajo de 125 Psig.</p> <p>los equipos en el manejo de GLP vapor tengan que soportar presiones no superiores a 20 Psig deben estar en condiciones de soportar presiones adecuadas al servicio</p>
Equipos	<p>Las partes metálicas sometidas a presión serán de acero, fundición dúctil (de acuerdo con las normas ASTM A 395 o A 536 Grado 60-40-18 ó 65-45-12) fundición maleable (ASTM A 47) fundición gris de alta resistencia (ASTM A 48, Clase 40B), bronce o materiales equivalentes. No se deben emplear las fundiciones de hierro en filtros o indicadores de flujo</p>
Bombas	<p>Deben estar diseñadas específicamente para servicio con GLP, la presión máxima de descarga de líquido bajo condiciones normales de operación, debe limitarse a 350 Psig.</p>
Filtros	<p>Deben estar diseñados para minimizar la posibilidad de obstrucción de la tubería. El elemento filtrante debe ser accesible para propósito de limpieza.</p>
Seguridad durante la operación	<p>Los recipientes a los cuales se les trasiega GLP deben cumplir con las siguientes exigencias en lo referente a presiones de servicio o de diseño en relación a la presión de vapor de GLP:</p> <p>Recipientes con especificaciones NTC 522-1, la presión de servicio señalada en el recipiente corresponde a la presión máxima de servicio de 1654 Kpa. (Recipientes entre 50 y 190 kg de GLP las especificaciones serán las establecidas en la NTC 3712).</p>
Operación de los sistemas de trasiego	<p>Al efectuar las operaciones de conexión y desconexión, o en los períodos durante los cuales se libere GLP a la atmósfera, se debe controlar fuentes de ignición. Adicional se debe aplicar los siguientes requisitos:</p> <p>No se permite motores de combustión interna a una distancia menor de 5 m. del punto de trasiego, mientras se realice dicha operación, excepto en algunos casos: motores de los vehículos para transporte a granel, mientras tales motores se encuentren moviendo las bombas de trasiego o compresores de dicho vehículo destinado a realizar el llenado.</p>

Operación de los sistemas de trasiego	Las mangueras deben inspeccionarse visualmente para detectar fugas o daños que representen riesgo, en caso se presentarse alguna anomalía se deben sacar inmediatamente de servicio.
Liberación de GLP por purga	<p>El proceso de liberación de gas de un recipiente ya sea para purga u otro propósito se debe realizar de la siguiente manera:</p> <p>Cuando se realice en recintos, los recipientes solo pueden liberar su contenido dentro de estructuras que hayan sido diseñadas y construidas. La instalación de la tubería debe hacerse de tal forma que, el producto sea liberado a la atmosfera en un punto de ubicación a 1m por encima de punto más alto de construcción circundante en un radio de 7,6 m.</p> <p>Si se utilizan un múltiple para liberar simultáneamente vapor de varios recipientes, cada línea debe estar provista de una válvula de cheque.</p>
Transporte en recipientes portátiles	Las partes del vehículo destinados a transportar los recipientes deben encontrarse aislada del compartimiento destinado al conductor, del motor y del sistema de escape
Transporte en recipientes portátiles	Los vehículos que transportan más de 454 KG de GLP incluido el peso de los recipientes, deben dotarse con señales y letreros de identificación, de acuerdo con la NTC 1692 y las regulaciones pertinentes
Transporte en Vehículos de carga	Los vehículos utilizados para transporte de granel de GLP en forma líquida deberán cumplir con los reglamentos sobre transporte de materiales peligrosos incluidos en la NTC 1692 y las regulaciones pertinentes dictadas por la autoridad competente.
Recipientes instalados sobre un vehículo de carga o que constituye una parte de él	Las mangueras de conducción de líquido de tamaños nominales 1-1/2 pulgada y superiores y las mangueras de conducción de vapor de tamaños nominales de 1-1/4 pulgadas y superiores deben estar protegidas con una válvula de cierre de emergencia, excepto: en caso de que una válvula interna satisfaga los requisitos funcionales de una válvula de cierre de emergencia no se requerirá la válvula en la tubería; se puede utilizar válvula de cheque en la tubería de recipiente de carga o en el recipiente mismo en lugar de la válvula de emergencia, siempre y cuando el flujo este direccionado solamente hacia la válvula que reemplaza.

<p>Tuberías, elementos de acople y válvulas</p>	<p>La tubería rígida debe ser de acero, (negro o galvanizado), bronce o cobre. Los tubos semirrígidos deben ser de acero, bronce o cobre. Los acoples de la tubería rígida y semirrígida deben ser de acero, bronce, o cobre. Las uniones de la tubería pueden ser rosadas, bridadas, o soldadas. En caso en que las uniones sean rosadas o rosadas y luego soldadas, la tubería y los nipples debe ser de cédula 80 y los accesorios de tubería deberán ser de acero para presión de trabajo mínima de 350 Psi, las tuberías y los nipples de cobre y bronce deben tener una resistencia equivalente. En caso de que las uniones sean soldadas o sobresoldadas, la tubería y los nipples deben ser de cédula 40 como mínimo. Los accesorios de tubería de acero deberán ser de acero y de un espesor de pared compatible con la tubería utilizada y las bridas para tubería de acero deben cumplir como mínimo Clase ANSI 300. Las uniones sobresoldadas deben realizarse con un material de aporte que tenga un punto de fusión superior a 350 °C</p>
<p>Tuberías, elementos de acople y válvulas</p>	<p>Los conectores flexibles utilizados para amortiguar los esfuerzos y la vibración en las tuberías no deben tener una longitud total superior a 1 m.</p>
<p>Tuberías, elementos de acople y válvulas</p>	<p>Todas las válvulas principales, rosadas directamente a los recipientes de transporte, usadas como conexiones de líquido y vapor, deberán ser de acero.</p>
<p>Seguridad en las instalaciones</p>	<p>Las líneas de transferencia se deben limpiar y probar hidrostáticamente a la presión de 250 Psig. antes de su puesta en servicio durante un tiempo mínimo de una hora y verificar cuidadosamente la presencia de fugas y rajaduras, desempates, repliegues, fragilidad, descamación, mugre o cualquier otra situación que pueda causar algún riesgo.</p>

3.2 CONSIDERACION PARA DETERMINAR EL CAUDAL DE DISEÑO O CAUDAL REQUERIDO

Para poder realizar el suministro a los clientes de tanques estacionarios se debe realizar una serie de actividades previas y posteriores al trasiego. La tabla 1 muestra el listado de las diferentes actividades, junto con el tiempo promedio de duración, teniendo en cuenta que la capacidad máxima instalada por tanque estacionario es de 1000 Gal, y la capacidad al 95% del carrotanque es de 3000 Gal.

Tabla 1. Tiempos promedio para el suministro a clientes estacionarios

ACTIVIDAD	TIEMPO MIN	TIEMPO HORAS
Alistamiento del sistema y del vehículo	15	0,3
Traslado del vehículo a la planta de llenado	10	0,2
Llenado del carrotanque	35	0,6
Traslado del carrotanque a las instalaciones del usuario	90	1,5
Registro y autorización de ingreso del carrotanque	10	0,2
Alistamiento para el trasiego	15	0,3
Trasiego primer tanque 1000 Gal		t1
Desconexión	10	0,2
Trasiego segundo tanque 1000 Gal		t2
Desconexión	10	0,2
Trasiego tercer tanque 1000 Gal		t3
Desconexión	10	0,2
Legalización del suministro	30	0,5
Regreso a la planta de llenado	90	1,5
Liquidación de la entrega	45	0,8
Traslado del carrotanque al parqueadero	10	0,2
Imprevistos	40	0,7
TIEMPO TOTAL		7+t1+t2+t3

Por recomendación de la compañía el tiempo de suministros no debería superar las 8 horas laborales, con el fin de disminuir el pago de horas extras.

Por lo cual el sistema de trasiego debe ser diseñado para despachar 3000 Gal de GLP en 60 minutos (50 GPM), manteniendo las demás actividades en los valores mencionados en la tabla 1.

3.3 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA HIDRAULICO

Figura 31. Esquema general del sistema hidráulico

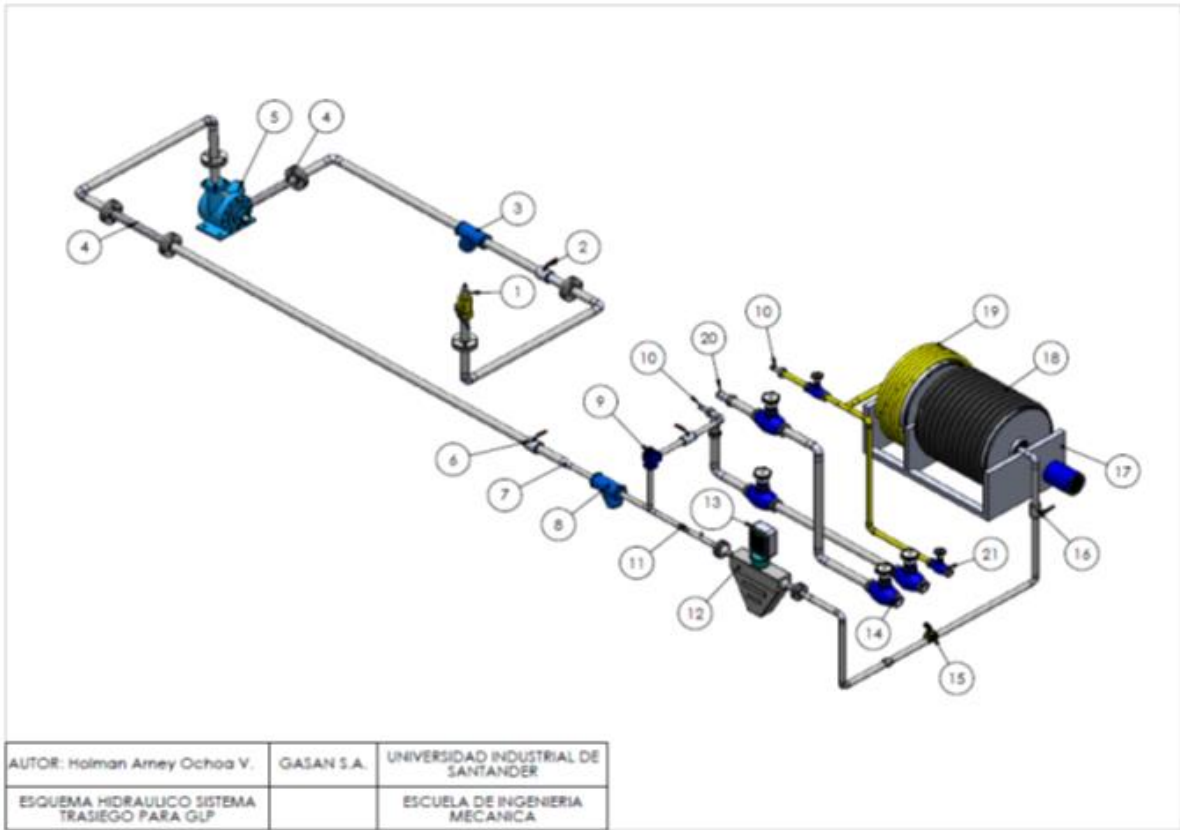
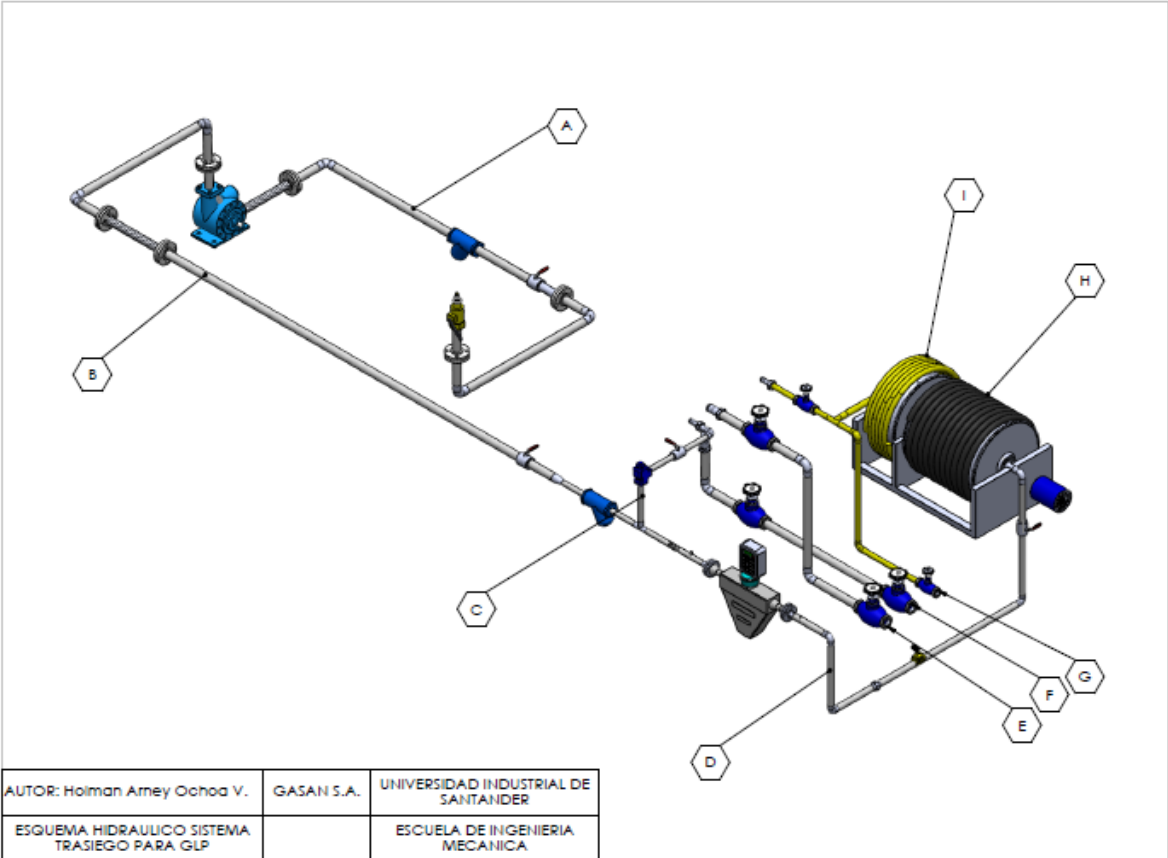


Figura 32. Líneas hidráulicas del sistema



3.3.1 Listado de componentes

NUMERO	DESCRIPCION
1	Válvula de exceso flujo neumática
2	Válvula de bola
3	Filtro línea de succión
4	Junta flexible
5	Bomba
6	Válvula de bola
7	Reducción excéntrica
8	Filtro medidor másico
9	Válvula bypass
10	Válvula exceso de flujo línea vapor
11	Válvula check
12	Medidor másico
13	Registro electrónico
14	Válvulas de globo líneas de cargue y descargue
15	Válvula de corte
16	Válvula de globo línea suministro
17	Carretel doble
18	Manguera para GLP líquido
19	Manguera para retorno de vapor
20	Válvula de exceso de flujo línea de descarga
21	Válvulas de globo líneas de vapor

LINEA	DESCRIPCION
A	Línea de succión de la bomba
B	Línea de descarga de la bomba
C	Línea de retorno a tanque
D	Línea de suministro del medidor
E	Línea de llenado del tanque
F	Línea de descarga del tanque
G	Línea de vapor
H	Manguera de suministro GLP líquido
I	Manguera de retorno de vapor

3.3.2 Descripción de los principales componentes y líneas

Válvula neumática:

Es una válvula de exceso de flujo con actuador neumático, normalmente cerrada, esta válvula está conectada al coupling de salida del tanque de almacenamiento. Su función es la de permitir la salida del GLP líquido hacia el tramo de succión de la bomba, siempre que el caudal de salida sea inferior al caudal de regulación por exceso. En caso de presentarse un flujo superior al de exceso como consecuencia de una rotura de la tubería o cualquier otra situación indeseada, esta válvula se cerrará parcialmente con el fin de evitar una salida descontrolada del GLP.

Válvula de paso línea de succión:

Esta válvula se instalada para facilitar la labores de mantenimiento, al cerrarla permite evacuar la tubería aguas arriba, con lo cual se pueden realizar labores de

mantenimiento como la limpieza de los filtros, o el desmonte de la bomba sin necesidad de evacuar el tanque.

Filtro línea de succión de la bomba

Su función es la de retener las partículas abrasivas antes de llegar a la bomba.

Junta anti vibratoria

La función de la junta de expansión metálica es absorber los movimientos que se presentan en los sistemas de tubería, ocasionados por los cambios de temperatura, cambios de presión, velocidad del fluido, cierres de válvulas, entre otros.

Bomba

La bomba es el equipo encargado de impulsar el GLP líquido a través de sistema de trasiego.

Junta anti vibratoria

La función de la junta de expansión metálica es absorber los movimientos que se presentan en los sistemas de tubería, ocasionados por los cambios de temperatura, cambios de presión, velocidad del fluido, cierres de válvulas y por la acción de la bomba, se instala para proteger al medidor másico de estas vibraciones.

Válvula de paso línea de descarga

Esta válvula se instala para facilitar las labores de mantenimiento del sistema, sin necesidad de evacuar la tubería de succión ni descarga de la bomba.

Reducción excéntrica

La función de esta reducción excéntrica es permitir la reducción de diámetros de tubería además de evitar la formación de bolsas de vapor, las cuales pueden afectar la precisión del medidor másico.

Filtro medidor másico

Su función es la de filtrar las impurezas presentes en el GLP líquido antes de llegar al medidor másico.

Bypass

Es la válvula de seguridad del circuito hidráulico, su función es limitar la presión máxima en la línea de descarga derivando el GLP al tanque cuando se alcanza la presión calibrada.

Válvula check

Su función es mantener empaquetado el GLP en el medidor, con el fin de evitar la formación de vapor dentro del mismo, o la acumulación de errores debidos al movimiento del GLP dentro de los tubos del medidor.

Medidor másico

Es el dispositivo encargado de medir el flujo (masa o volumen) de GLP que pasa a través del sistema de trasiego.

Registro electrónico

Es el sistema de adquisición de datos, permite el control de la válvula de corte, el registro impreso de los despachos, la programación de las rutas, el registro de los clientes etc.

Electroválvula de corte

Es la válvula encargada de abrir o cortar totalmente el flujo de GLP

Carretel doble

Es el equipo sobre el cual se enrollan las mangueras de suministro, tiene dos divisiones una para la manguera de GLP líquido y la otra para el retorno de GLP en fase gaseosa.

Línea de succión

Es la línea de entrada de GLP líquido a la bomba, está conectada a la parte inferior del tanque, el paso de GLP es controlado por la válvula interna.

Línea de descarga

Es la línea de descarga de la bomba, transporta el GLP líquido hacia el medidor másico.

Línea de retorno a tanque

Es la línea en la cual se instala la válvula bypass permite el retorno del GLP líquido al tanque, cuando la presión diferencial supera el valor calibrado en la válvula bypass.

Línea de suministro

Es la línea después del medidor transporta el GLP hacia el carretel doble, el GLP que pasa por esta línea es propiedad del cliente.

Línea de llenado del tanque

Permite el llenado del tanque de transporte en la planta de abastecimiento

Línea de descarga del tanque

Permite la descarga el tanque de transportes sin necesidad de utilizar el medidor másico.

Línea de vapor

Permite la conexión entre fases de vapor, especialmente durante el llenado del tanque de transporte en la planta de abastecimiento.

Manguera de suministro de GLP líquido

Permite la conexión al tanque estacionario del cliente, permanece enrollada en el carretel doble.

Manguera de conexión de vapor

Permite conectar las fases de vapor del tanque de transporte con la fase de vapor del tanque estacionario.

3.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES

3.4.1 Selección del medidor másico

Información de entrada

Capacidad de despacho mínima de 50 GPM

Presión de operación máxima 0-350 Psi

Temperatura de operación 0 a 50 grados centígrados.

Voltaje de operación 12-24 V.

Fluido Gas licuado del petróleo

Para la selección del medidor másico tipo coriolis se realizó la consulta con tres de los importadores de sistemas de medición para el sector del GLP en Colombia a saber:

Alcanos de Colombia Web: <http://www.alcanosesp.com>

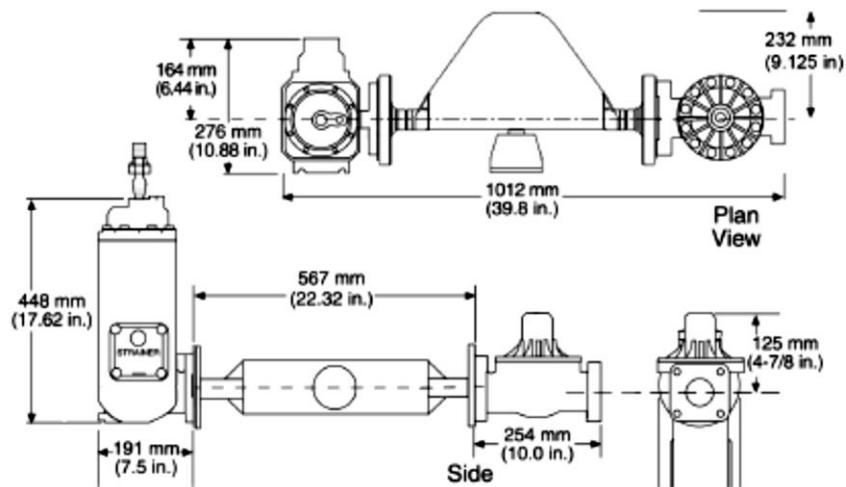
Antorcha Ingeniería Web: <http://www.antorchaingenieria.com>

Saena de Colombia Web: <http://www.empresario.com.co/saena/>

De esta consulta se determinó adquirir el sistema de medición másico tipo coriolis ITRON RML2000 (figura 33) con sistema de adquisición de datos y registró electrónico Ri505, por ser un sistema diseñado específicamente para montaje en

carro tanques que transportan GLP y NH₃, se puede adquirir con todos los accesorios necesarios para la instalación y programación del sistema.

Figura 33. Medidor másico ITRON RML 2000



Verificación requisitos de selección:

- Capacidad de despacho entre 8-82 GPM.....O.K
- Presión de operación máxima 350 Psi.....O.K
- Temperatura operación ente -40 a 60 °C.....O.K
- Voltaje de operación ente 9- 16 V.....O.K
- Diámetro de entrada 1”O.K.
- Diámetro de salida 1”.....O.K.

3.4.2 Selección de tubería

Para la selección del diámetro óptimo de la tubería se utiliza la siguiente fórmula:

Tubería de acero al carbono

$$Di = 282 * m^{0.52} * \rho^{-0.37}$$

Donde Di = diámetro interior óptimo, mm

m = flujo másico kg/s

ρ = densidad del fluido, kg/m³

Para efectos de cálculo se toma el valor promedio de densidad del GLP refinera Barrancabermeja.

$$\rho = 570 \text{ Kg/m}^3$$

$$m = Q * \rho$$

Q = Flujo máximo medidor

$$m = 82 \frac{\text{Gl}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * 0,003785 \frac{\text{m}^3}{\text{Gl}} * 570 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 2.948 \frac{\text{Kg}}{\text{seg}}$$

$$Di = 282(2.948)^{0.52} * 570^{-0.37} = 47,28 \text{ mm}$$

Según la tabla de dimensiones (figura 34) este diámetro interno corresponde a tubería de 2".

De acuerdo a los requisitos de la NTC. 3853, se debe utilizar tubería de acero al carbono cedula 80, para uniones roscadas o roscadas y luego soldadas.

Los accesorios como niples, codos, T, reducciones se seleccionan en acero al carbón cedula 80.

Figura 34. Dimensiones de tubería acero al carbón

NB	Outside Diameter		Wall Thickness		Weight		Designation STD/XS/XXS	Schedule Nos.
	In.	mm	In.	mm	Lb/ft	kg/m		
1/8"	0,405	10,3	0,049	1,24	0,19	0,28		10S
			0,068	1,73	0,24	0,36	STD	40(S)
			0,095	2,41	0,31	0,46	XS	80(S)
1/4"	0,540	13,7	0,065	1,65	0,33	0,49		10S
			0,088	2,24	0,42	0,63	STD	40(S)
			0,119	3,02	0,54	0,80	XS	80(S)
3/8"	0,675	17,1	0,065	1,65	0,42	0,63		10S
			0,091	2,31	0,57	0,85	STD	40(S)
			0,126	3,20	0,74	1,10	XS	80(S)
1/2"	0,640	21,3	0,065	1,65	0,54	0,80		5S
			0,083	2,11	0,67	1,00		10S
			0,109	2,77	0,85	1,26	STD	40(S)
			0,147	3,73	1,09	1,62	XS	80(S)
			0,188	4,78	1,31	1,95		160
			0,294	7,47	1,71	2,54	XXS	
3/4"	1,050	26,7	0,065	1,65	0,69	1,03		5S
			0,083	2,11	0,86	1,28		10S
			0,113	2,87	1,13	1,68	STD	40(S)
			0,154	3,91	1,47	2,19	XS	80(S)
			0,219	5,56	1,94	2,89		160
			0,308	7,82	2,44	3,63	XXS	
1"	1,315	33,4	0,065	1,65	0,87	1,29		5S
			0,109	2,77	1,40	2,08		10S
			0,133	3,38	1,68	2,50	STD	40(S)
			0,179	4,55	2,17	3,23	XS	80(S)
			0,250	6,35	2,84	4,23		160
			0,358	9,09	3,66	5,45	XXS	
1 1/4"	1,660	42,2	0,065	1,65	1,11	1,65		5S
			0,109	2,77	1,81	2,69		10S
			0,140	3,55	2,27	3,38	STD	40(S)
			0,191	4,85	3,00	4,46	XS	80(S)
			0,250	6,35	3,76	5,60		160
			0,382	9,70	5,21	7,75	XXS	
1 1/2"	1,900	48,3	0,065	1,65	1,28	1,90		5S
			0,109	2,77	2,09	3,12		10S
			0,145	3,68	2,72	4,05	STD	40(S)
			0,200	5,08	3,63	5,40	XS	80(S)
			0,281	7,14	4,86	7,23		160
			0,400	10,20	6,41	9,54	XXS	
2"	2,375	60,3	0,065	1,65	1,61	2,38		5S
			0,109	2,77	2,64	3,94		10S
			0,154	3,91	3,65	5,43	STD	40(S)
			0,218	5,54	5,02	7,47	XS	80(S)
			0,344	8,74	7,46	11,10		160
0,436	11,10	9,03	13,40	XXS				
2 1/2"	2,875	73,0	0,083	2,11	2,48	3,71		5S
			0,120	3,05	3,53	5,26		10S
			0,203	5,16	5,79	8,62	STD	40(S)

Verificación requisitos de selección

Tubería acero al carbón cedula 80O.K

Diámetro interno 49.22 mmO.K

3.4.3 Selección de la bomba

Información de entrada

Caudal mayor a 50 GPM (capacidad de despacho deseada) y menor a 82 GPM

Fluido GLP

Diámetro 2”

Presión de trabajo máximo 350 PSI

Diferencial de presión: 80 Psi según calculo ANEXO G.

Para la selección de la bomba se debe tener en cuenta que esta se acopla al tomafuerza de la caja de velocidades, la reducción de velocidad en el tomafuerza es de un 25 % respecto al motor. La velocidad giro del motor es de 800 RPM a ralentí por lo cual la velocidad en la bomba a ralentí es de 600 RPM.

Con la información de entrada se selecciona la línea de la bomba siguiendo las recomendaciones del fabricante, se selecciona el proveedor Blackmer por estandarización de equipos.

Figura 35. Guía para la selección de equipos Blackmer

Guía de los equipos Blackmer para gas licuado

Producto	Descripción / Aplicación	Página
LGF1 LGF1P LGB1 LGB1P	Bombas de velocidad del motor para llenado de cilindros, abastecimiento de bajo volumen del motor y vaporizadores pequeños. = Capacidades de hasta 15 galones estadounidenses por minuto (57 litros por minuto).	4 - 5
LGR1F1.25 LGL(F)1.25 LGL1.5	Bombas de velocidad del motor para llenado de cilindros de estaciones múltiples, abastecimiento de motores, transferencia de bajo volumen y vaporizadores. = Capacidades de hasta 35 galones estadounidenses por minuto (132 litros por minuto).	6 - 7
LGLD2 LGLD3 LGLD4 LGLH2 LGL3021 LGL154 LGL156 LGL158	Bombas montadas en el pie para plantas de productos a granel, terminales, vaporizadores, camiones cisternas y transportadores. = Capacidades de hasta 350 galones estadounidenses por minuto (1325 litros por minuto).	8 - 12
TLGLF3 TLGLF4	Bombas montadas en bridas para camiones cisternas y transportadores. = Capacidades de hasta 350 galones estadounidenses por minuto (1325 litros por minuto).	13 - 14
LB161 LB361 LB601 LB942	Compresores de gas libres de aceite para transferencia de líquidos y recuperación de vapor. = Capacidades de hasta 125 cfm (1325 m ³ /h).	15 - 18
BV0.75 BV1 BV1.25 BV1.5 BV2	Válvulas de derivación para protección de sistemas en línea. = Capacidades de hasta 250 galones estadounidenses por minuto (946 litros por minuto).	19

Según la figura 35 la serie de la bomba a utilizar es LGL las cuales son el modelo de bomba recomendada para el montaje en camiones.

Figura 36. Características de las bombas Blackmer serie LGL

Bombas Para Transportes y Autotanques

Modelo	Conexiones (entrada/salida)	RPM Max.	Max. DP PSI (kg/cm ²)	GPM a 90 PSID (LPM a 6.3 kg/cm ²)
LGLD2E	2" x 2" NPT	640	150 (10.5)	65 (246)
LGLD3E	3" x 3" NPT	640	150 (10.5)	150 (568)
TLGLF3	3"-300 # x 2" NPT	640	125 (8.8)	81 (301)
TLGLF4	4"-300 # x 2-2" NPT	640	125 (8.8)	245 (927)



De la serie LGL se selecciona la bomba LGLD2E que corresponde a una bomba de paletas de 2" de diámetro para las tuberías de entrada y de descargue, con una brida NPT estándar (figura 37).

Figura 37. Bomba Blackmer LGL2E



Curvas de rendimiento

Figura 38. Curvas de rendimiento bomba Blackmer LGL2E

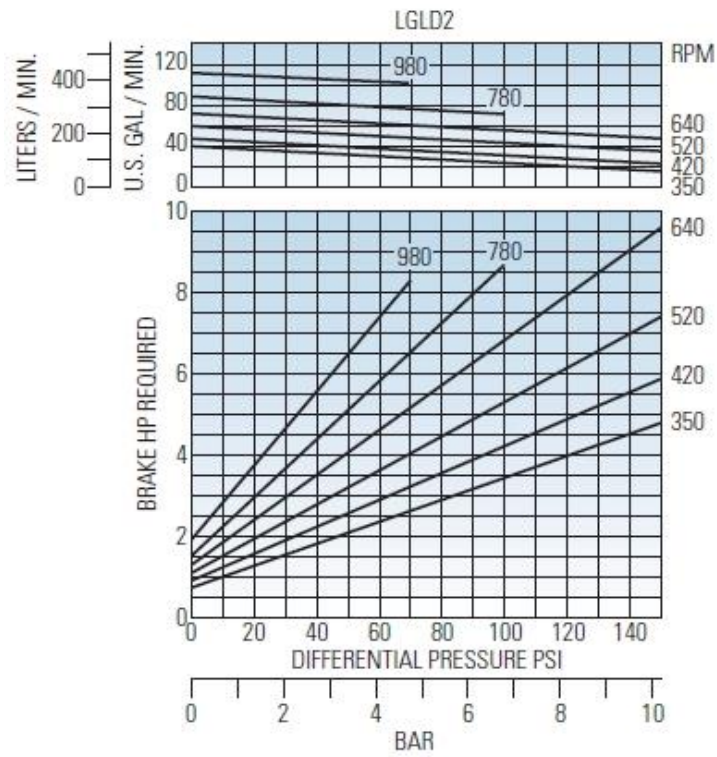
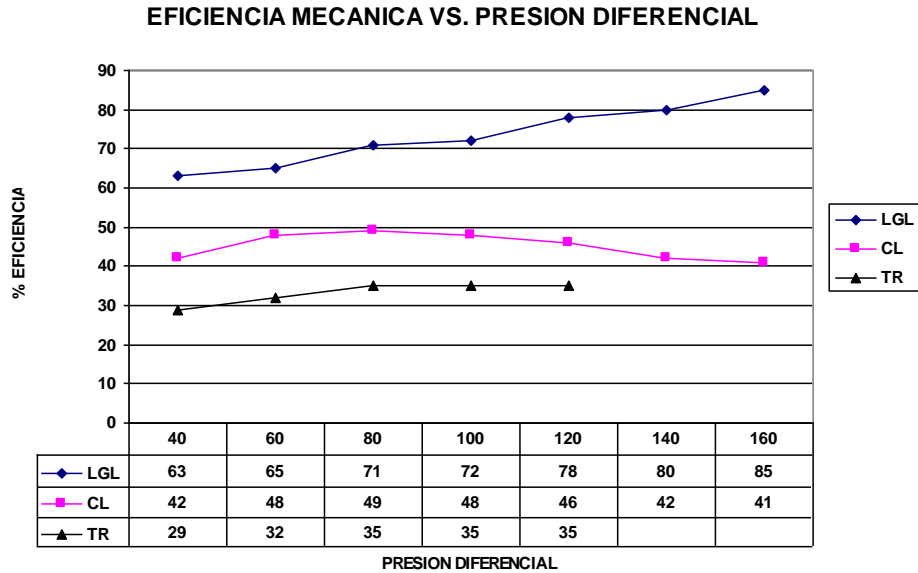


Figura 39. Curva de eficiencia mecánica Vs presión diferencial Bombas LGL.



Potencia requerida

Según la gráfica 3-8 para una presión diferencial de 80 Psi a 600 RPM la potencia necesaria es de 5.5 HP

Según la curva de potencia del motor ver ANEXO C, la potencia a 800 RPM del motor es de 74 HP.

Verificación requisitos de selección

- Caudal de GLP líquido hasta 65 GPM.....O.K
- Sección de entrada y descargue de 2 "brida estándar NPT... ..O.K
- Presión diferencial máxima 150 Psi.....O.K
- Presión máxima de trabajo 350 Psi.....O.K

3.4.5 Selección de válvulas y accesorios.

- Selección válvula interna roscada

Información de entrada

Diámetro 2 in

Fluido GLP

Material acero

Flujo de cierre mayor a capacidad de la bomba (65 GPM).

Figura 40. Tabla de selección válvula interna

Válvulas Internas Roscadas para Camiones de Reparto, Transportes y Tanques Estacionarios de Almacenamiento

Aplicación
Diseñadas principalmente para uso con Gas-LP y amoníaco anhidro en descarga de líquido, transferencia de vapores o igualación de vapores en camiones de reparto, transportes, tanques estacionarios de almacenamiento e instalaciones en línea. La válvula se puede operar manualmente, por cable o palanca y también neumáticamente.



Número de parte	Conexión de Entrada NPT M.	Conexión de Salida NPT F.	Flujo de Cierre (GPM) Medio Cople		Flujo de Cierre (GPM) Cople Entero		Capacidad de Vapor Gas-LP (SCFH/Propano)		A	B	C	D	E	F	Accesorios	
			GLP	NH3	GLP	NH3	25 PSIG Entrada	100 PSIG Entrada							Palanca Térmica	Actuador Neumático
A3212R105	2"	2"	105	95	65	59	42,900	73,000	1 1/2"	4 1/2"	4 1/2"	-	-	-		
A3212R175			175	150	100	90	48,100	81,800								
A3212R250	3"	3"	250	225	130	117	57,000	97,000	1 1/2"	5 1/2"	4 1/2"	-	-	7 1/2"	A3213TL	A3213PA
A3213R150			150	135	125	113	-	-								
A3213R200			200	180	160	144	44,100	75,100								
A3213R300			300	270	250	225	57,900	90,500								
A3213R400			400	360	325	293	71,400	121,300								

De la figura 40 se selecciona la válvula REGO A3212R175 con actuador neumático A3213PA.

Verificación requisitos de selección

Diámetro 2 in.....O.K.
 Accionamiento neumático A3213PA.....O.K
 Flujo de cierre 100 GPM mayor a 67 GPMO.K
 Materia Acero.....O.K.

• **Selección de válvula de retorno automático bypass**

Información de entrada

Bypass para bomba de 2 in
 Presión de apertura según NTC 3853 inferior a 150 PSI.
 Del catálogo de válvulas de retorno Blackmer se tiene:

Figura 41. Tabla de selección válvula bypass

VÁLVULAS DE RETORNO AUTOMÁTICO "BY - PASS".



PARTE No.	ENTRADA Y SALIDA	RECOMENDADA PARA USO CON TAMAÑO DE BOMBA	AJUSTE ESTANDAR DE FABRICA PSI (KG/CM ²)
BL-BV0.75	3/4"	1 1/4" y 1 1/2"	95 (6,65)
BL-BV1	1"	1 1/4" y 1 1/2"	95 (6,65)
BL-BV1-25AA	1 1/4"	1 1/2" y 2"	115 (8,05)
BL-BV1,5A	1 1/2"	3"	115 (8,05)
BL-BV2A	2"	3" y 4"	95 (6,65)

Se selecciona el BY-PASS BLACKMER BL-BV1-25AA diámetro de 1 ¼ in.

Verificación Requisito de selección

Recomendada para bomba de 2 in.....O.K.
 Presión de apertura 115 PSI.....O.K

- Selección válvula check 1 ¼

Información de entrada

Material acero

Diámetro de conexión 1 ¼

Capacidad de flujo mayor a 65 GPM

Del catálogo de válvulas REGO se tiene

Figura 42. Tabla de selección válvula check

Número de parte		A Conexión de Entrada NPT F.	B Conexión de Salida NPT M.	C Hexágono Para Llave	Largo	Capacidad de Propano Líquido a Varias Presiones Diferenciales (GPM)			
Latón	Acero					5 PSIG	10 PSIG	25 PSIG	50 PSIG
3146	A3146	¾"	¾"	1½"	1¾"	11	16	25	36
3146S									
3176	A3176	1¼"	1¼"	2"	1¾"	28	40	63	89
	A3276BC				2½"	32	45	73	103
	A3186	2"	2"	2¾"	2½"	124	175	276	391
	A3187S	2" M & 1¼" F	2" M & 1¼" F	2¾"	4¾"	60	110	225	350
	A3196	3"	3"	4"	3¾"	297	420	664	939
	A3198S	3" M & 2" F	3" M & 2" F	3½"	3 ¼"	210	290	400	

Se selecciona la válvula A3276BC por su capacidad de flujo.

Verificación Requisitos de selección

Material acero.....O.K.

Capacidad de flujo 73 GPM a 25 Psi mayor a 67 GPM.....O.K

Conexión de 1 ¼.....O.K.

- Selección válvulas de exceso de flujo de 2 y 1 ¼ in.

Información de entrada

Material acero según norma NTC 3853

Diámetros de 2 in y de 1 ¼ in. Estos diámetros corresponden a los diámetros de diseño del tanque de almacenamiento.

Flujo de cierre para la válvula 2 in mayor a 100 GPM que corresponde al flujo de las bombas de 3in. instaladas en las plantas de llenado.

Figura 43. Tabla de selección válvula de globo

Número de Parte	Latón o Acero	A Conexión de Entrada (NPT M.)	B Conexión de Salida (NPT F.)	C Hexágono Para Llave	D Longitud Apropriada Efectiva	Flujos Aproximados Cierre*		
						Líquido (GPM Propano)	Vapor SCFH (Propano)	
							Entrada de 25 PSIG	Entrada de 100 PSIG
12472	Latón	¾"	¾"	1½"	1½"	4	1,050	1,700
3272E						10	2,100	3,700
3272F						15	2,800	5,000
3272G						20	3,700	6,900
A3272G						Acero	30	5,850
3282A	Latón	1¼"	1¼"	2"	1¾"	40	7,600	13,600
3282B						50	9,000	16,300
3282C						Acero	90	15,200
A3282C	Acero	70	14,000	25,000				
7574	Latón	1½"	1½"	2¼"	1¾"	75	14,200	24,800
7574L						100	18,100	32,700
3292A						Acero	122	22,100
A3292A	Acero	2"	2"	2½"	1¾"			
3292B	Latón							
A3292B	Acero							
A3292C	Acero							

* Basado en una instalación horizontal de la válvula de exceso de flujo. Los flujos se incrementan levemente si las válvulas son instaladas con la salida arriba y levemente menos con la salida abajo.

NOTA: Multiplique el volumen de flujo por .94 para determinar el flujo de butano líquido y por .90 para determinar el flujo de amoníaco anhidro.

De la figura 43 se selecciona la válvula A3292C de 2" para las líneas de cargue y descargue del tanque de transporte.

De la figura 43 Se selecciona la referencia A3282C para la válvula de 1 ¼" para las líneas de vapor.

Verificación requisitos de selección

Diámetro 2 “	O.K.
Diámetro 1 ¼ “	O.K
Material acero.....	O.K
Flujo de cierre 122 GPM mayor a 105 GPM	O.K

- **Selección válvulas de globo**

En las líneas de llenado y descarga del tanque de transporte se deben instalar válvulas de globo, la función de estas válvulas no es la de regular el caudal, ya que siempre estará completamente abierta durante el trasiego, o completamente cerrada cuando no se está realizando la operación de trasiego.

Se instalan de globo, para que la apertura de las válvulas sea gradual y de esta forma evitar oleadas de GLP, que puedan activar las válvulas de exceso de flujo.

Información de entrada

Diámetro de la válvula 2 “

Figura 44. Tabla de selección válvulas de globo

Número de parte				Conexión de Entrada y Salida	Diámetro del Puerto	Flujo a una Caída de Presión de 1 PSIG (Cv) (GPM/Propano)***		Accesorios	
Discos de Asiento Buna N		Discos de Asiento de Teflón*				Recta	Angular	Válvula de Seguridad Hidrostática	Válvula de Venteo
Recta	Angular	Recta	Angular						
.	.	TA7034P	TA7034LP	½" NPT F.	¾"	10,0	14,8	SS8001U	TSS3169
A7505AP	A7506AP	TA7505AP	TA7506AP	¾" NPT F.		12,0	17,7		
A7507AP	A7508AP	TA7507AP	.	1" NPT F.	1"	17,8	22,0		
A7509BP	A7510BP	TA7509BP	TA7510BP	1NPT H. de ¼"	1½"	36,5	54,0		
A7511AP	A7512AP	TA7511AP	TA7512AP	1½" NPT F.	1½"	43,0	55,5		
A7511FP	.	.	.	Brida de 1½" **		46,0	.		
A7513AP	A7514AP	TA7513AP	.	2" NPT F.	2"	75,0	88,5		
A7513FP	A7514FP	TA7513FP	TA7514FP	Brida de 2" **		78,0	133,0		
A7517AP	A7518AP	TA7517AP	TA7518AP	3" NPT F.	3¼"	197,0	303,0		
A7517FP	A7518FP	TA7517FP	.	Brida de 3" **					

* Válvulas con asiento de Teflón fabricadas solo bajo orden.

** Brida 300# ANSI RJF.

*** Para determinar un flujo aproximado a una caída de presión distinta a 1 PSIG, multiplique el flujo en la tabla por la raíz cuadrada de la caída de presión. Ejemplo: 7514FP @ 9 PSIG = 133 x√9 = 399 GPM/propano. Para flujos de NH3, multiplique el flujo de propano por .90.

Se seleccionan las válvulas de globo de 2 in A7513AP, válvulas de globo de 1 ¼ A7509BP. Por su capacidad de flujo.

- **Selección de las mangueras de líquido y vapor**

Información de entrada

Manguera para GLP

Presión de trabajo 350 Psi según norma NTC 3853

Factor de diseño 5:1

Para la aplicación en particular se requiere una longitud de mínimo 40 mts de manguera debido a que hay tanques estacionarios que se deben llenar a esta distancia por las condiciones de acceso. De la ficha del carretel doble esta longitud se puede enrollar usando una manguera de máximo 1 ¼ in. Para la manguera de vapor el diámetro máximo es de ¾ in.

Del catálogo de mangueras Parker se tiene:

Figura 45. Selección manguera para GLP 1 ¼ in

Tube: Black nitrile
Reinforcement: Multiple textile braids
Cover: Black chloroprene; perforated wrapped finish
Temp. Range: -40°F to +180°F (-40°C to +82°C) (The hose construction is capable of this rating, but LP Gas should NEVER be conveyed over 140°F/60°C)
Brand Method: **Side one:** Embossed
Side two: Black text on yellow stripe
Brand Example: **Side one (Embossed):** PARKER SERIES 7232 CGA TYPE I CAUTION - LP GAS HOSE MH6737 C UR® US ISSUE NO. XXXX 350 PSI MAX WP MADE IN USA (DATE CODE)
Side two (Stripe): PARKER LP GAS HOSE
Design Factor: 5:1
Industry Standards: UL21; CAN/CGA-8.1-M86 Type I; optional DOT factory hose assembly testing and marking available. Contact Parker.
Applications:

- LP gas/propane
- Bulk loading/unloading, in-plant tank transfer, transport
- Agriculture, commercial and residential heating, construction, general industrial

Vacuum: Not recommended
Compare to: Boston Blackline (LPG); Gates LP350; Thermoid Type 65
Packaging: Cartons, reels

(Continued on the following page)



200

Parker Industrial Hose Customer Service
 866 810 HOSE (4673) 800 242 HOSE (4673)
 Strongsville, OH South Gate, CA
 Eastern USA Western USA
www.safehose.com
 e-mail: indhose@parker.com

Series 7232 – LP Gas Hose, UL21, CSA Type I (Continued)

Part Number	ID (In)	ID (mm)	Reinf Braids	OD (In)	OD (mm)	Approx Wt (lbs/ft)	Approx Wt (kg/ft)	Min Bend Rad (In)	Min Bend Rad (mm)	Max Rec WP (psi)	Max Rec WP (bar)	Perm Cplg Rec *	Std Pack Qty (ft)	Stock Status **
7232-1252	1-1/4	31.8	2	1.815	46.1	0.85	0.39	12.0	304.8	350	24.1	HY	300	Y
7232-1252100	1-1/4	31.8	2	1.815	46.1	0.85	0.39	12.0	304.8	350	24.1	HY	100	Y
7232-1503K	1-1/2	38.1	2	2.156	54.8	1.12	0.51	14.0	355.6	350	24.1	43	150	Y
7232-2003K	2	50.8	3	2.750	69.9	1.90	0.90	16.0	406.4	350	24.1	7661	150	Y

* Couplings: Refer to CrimpSource at www.safehose.com for coupling recommendations and crimp specifications.

** Stock: "Y" indicates stocked item; "N" indicates non-stocked item. Stock status subject to change. Contact Parker Customer Service.

⚠ WARNINGS!

- ▶ Use only with couplings qualified by Parker. Do not use with male swivel couplings or other couplings containing o-rings, which may dry out, crack and fail over time.
- ▶ When using this product in a mobile application such as delivery or service vehicles, the inspection procedures detailed in DOT regulation 49CFR 180.416 must be strictly adhered to.

Figura 46. Selección manguera para GLP ¾ in

Series 7132XTC – X-TREME™ Low Temperature LP Gas Hose, UL21, CGA Type I (Continued)

Part Number	ID (in)	ID (mm)	Reinf Plies	OD (in)	OD (mm)	Approx Wt (lbs/ft)	Approx Wt (kg/ft)	Min Bend Rad (in)	Min Bend Rad (mm)	Max Rec WP (psl)	Max Rec WP (bar)	Perm Cplg Rec *	Std Pack Qty (ft)	Stock Status **
7132XTC-25354	1/4	6.4	4	0.610	15.5	0.14	0.06	2.5	63.5	350	24.1	7661	750	Y
7132XTC-38354	3/8	9.5	4	0.760	19.3	0.21	0.10	3.5	88.9	350	24.1	HY	650	N
7132XTC-50354	1/2	12.7	4	0.937	23.8	0.30	0.14	4.5	114.3	350	24.1	7661	500	N
7132XTC-75354	3/4	19.1	4	1.250	31.8	0.40	0.22	6.5	165.1	350	24.1	HY	350	Y
7132XTC-1000	1	25.4	4	1.500	38.1	0.63	0.29	7.5	190.5	350	24.1	7661	250	Y
7132XTC-1000100	1	25.4	4	1.500	38.1	0.63	0.29	7.5	190.5	350	24.1	7661	1 x 100	Y
7132XTC-1000125	1	25.4	4	1.500	38.1	0.63	0.29	7.5	190.5	350	24.1	7661	1 x 125	Y
7132XTC-1000150	1	25.4	4	1.500	38.1	0.63	0.29	7.5	190.5	350	24.1	7661	1 x 150	Y

* Couplings: Refer to CrimpSource at www.safehose.com for coupling recommendations and crimp specifications.

** Stock: "Y" Indicates stocked item; "N" Indicates non-stocked item. Stock status subject to change. Contact Parker Customer Service.

⚠ WARNINGS!

- ▶ Use only with couplings qualified by Parker. Do not use with male swivel couplings or other couplings containing o-rings, which may dry out, crack and fail over time.
- ▶ When using this product in a mobile application such as delivery or service vehicles, the inspection procedures detailed in DOT regulation 49CFR 180.416 must be strictly adhered to.

Se selecciona la manguera LP-UL21-CSA Tipo I- 7232-1252 para la manguera de 1 ¼ in.

Se selecciona la manguera LP-UL21-CSA Tipo I 7132XTC-75353 para la manguera de ¾.

Verificación requerimientos de selección

- Manguera para GLP.....O.K.
- Presión de trabajo 350 Psi.....O..K
- Diámetros de 3/4 inY de 1 1/4in.....O.K.
- Factor de diseño 5:1.....O.K

3.4.6 Listado de componentes y accesorios

DESCRIPCION	TAMANO	CANTIDAD	OBSERVACION
VALVULA INTERNA ROSCADA	2 in	1	A3212R175 Rego
VALVULA DE BOLA	2in	2	1000 WOG Tuvacol
FILTRO EN Y	2 in	1	HOWF
JUNTA FLEXIBLE	2 in	2	45 cm X 350psi
BOMBA	2 in	1	LGLD2E Blackmer
REDUCCION EXCENTRICA	2in a 1 1/4 in	1	Acero al carbón Cal. 80 para soldar
FILTRO EN Y	1 1/4 in	1	HOWF
BYPASS	1 1/4 in	1	BL-BV1-25AA Blackmer
VALVULA CHECK	1 1/4 in	1	A3276BC Rego
VALVULA DE BOLA	1 1/4 in	1	1000 WOG Tuvacol
VALVULA DE BOLA	1 1/4 in	1	1000 WOG Tuvacol
CARRETEL DOBLE	1 1/4 in	1	EPB282528LT Hannay Reels
MANGUERA PARA GLP	1 1/4 in	40 metros	LP-UL21-CSA Tipo 1
MANGUERA PARA GLP	3/4 in	40 metros	LP-UL21-CSA Tipo 1
VALVULA DE GLOBO	2 in	4	A 7513AP
VALVULA DE EXCESO DE FLUJO	2 in	2	A7509BP
VALVULA DE EXCESO DE FLUJO	1 1/4 in	2	A 3292C
CODO	2 in	5	Acero al carbón Cal. 80 para soldar
CODO	1 1/4 in	4	Acero al carbón Cal. 80 para soldar
REDUCCION CONCENTRICA	1 1/4 -1 in	3	Acero al carbón Cal. 80 para soldar
T	1 1/4 in	2	Acero al carbón Cal. 80 para soldar
UNIVERSAL	1 1/4 in	1	Acero al carbón x 3000 lb
TUBERIA	2 in	6 metros	Acero al carbón Cal. 80
TUBERIA	1 1/4 in	10 metros	Acero al carbón Cal. 80

3.4.7 Planos del sistema hidráulico. En la figuras 47, 48, 49 y 50 se presentan los planos hidráulicos del sistema de trasiego.

Figura 47. Plano de conjunto sistema de trasiego

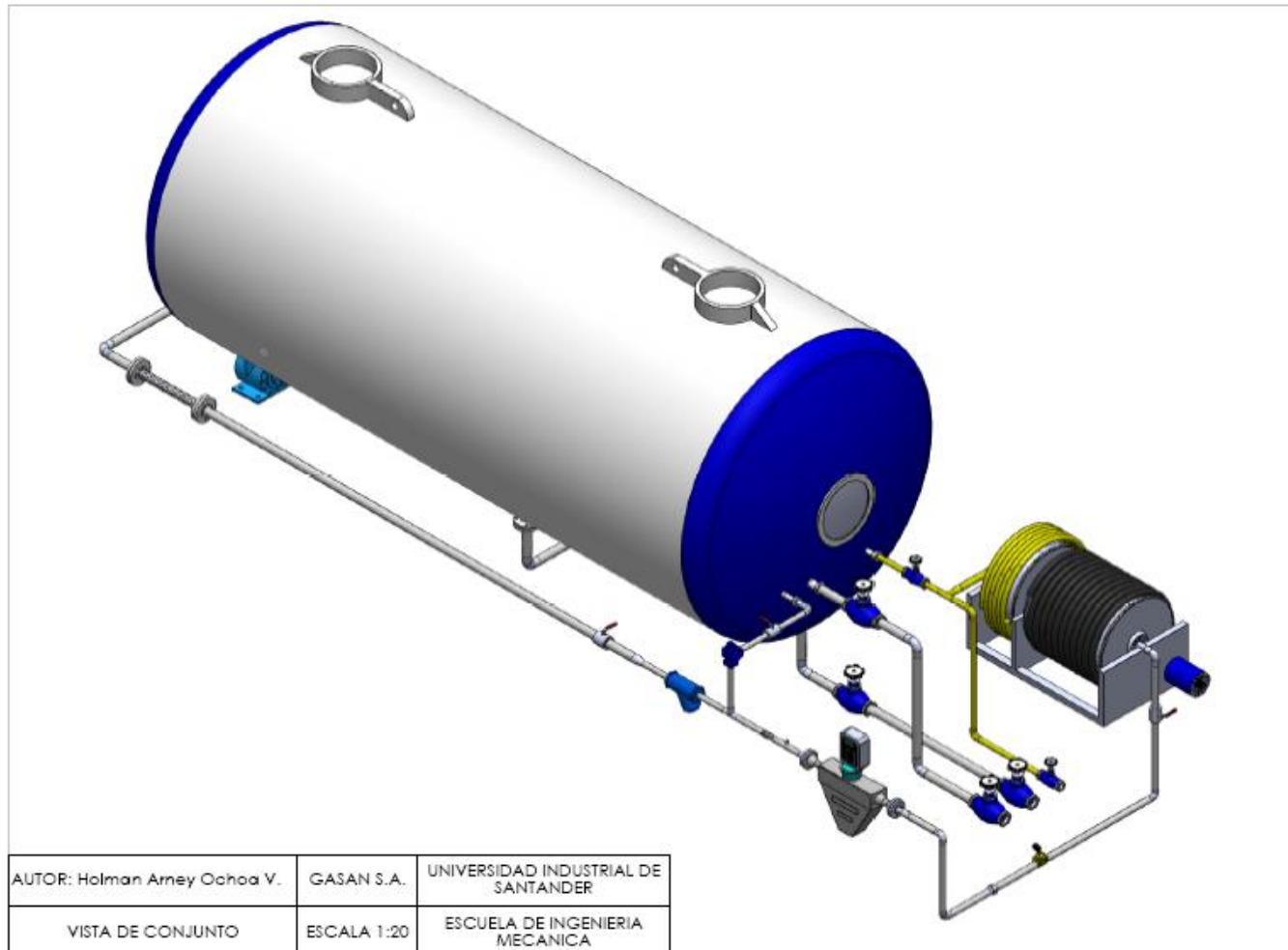


Figura 48. Plano frontal sistema de trasiego

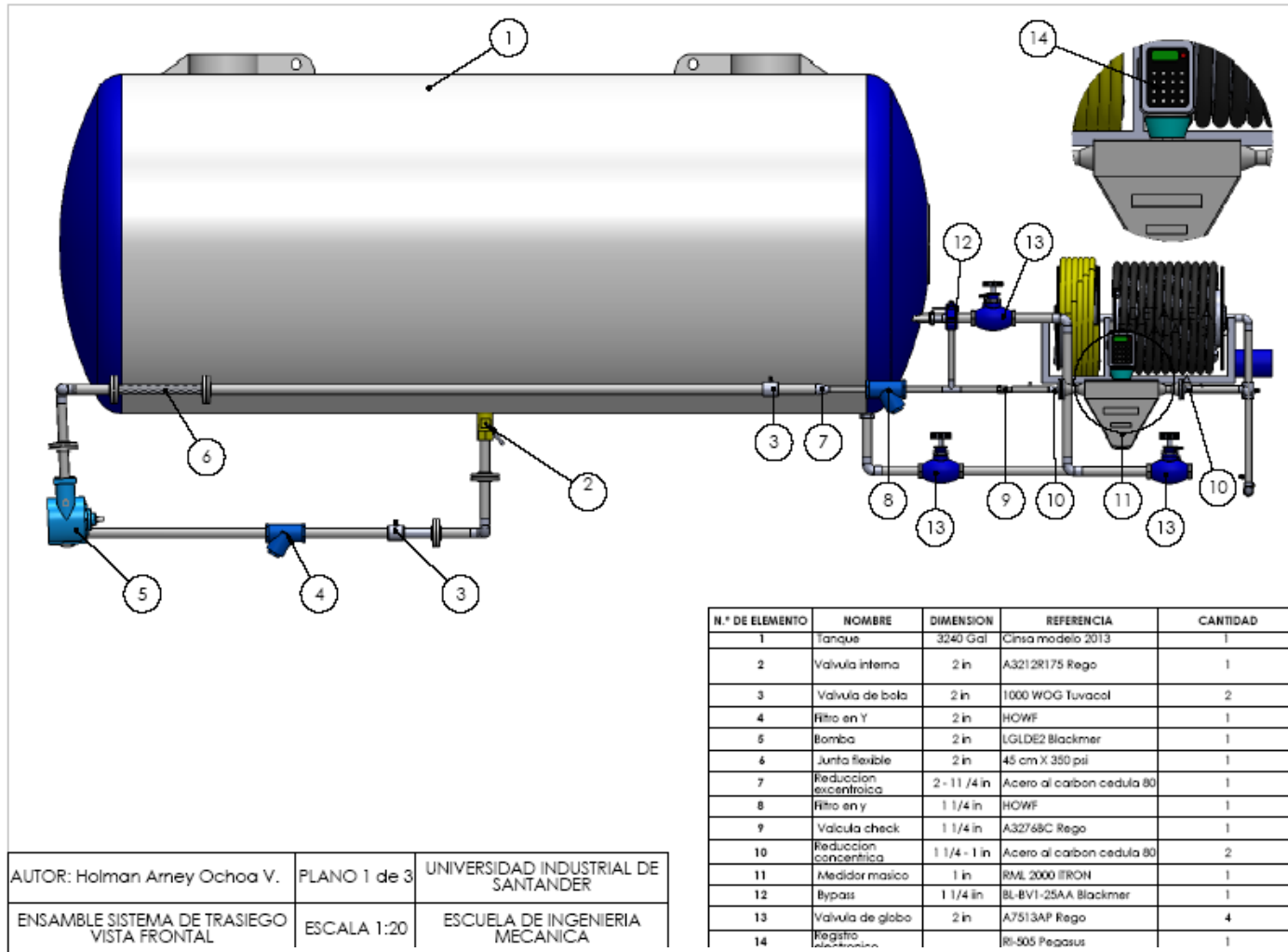


Figura 49. Plano superior sistema de trasiego

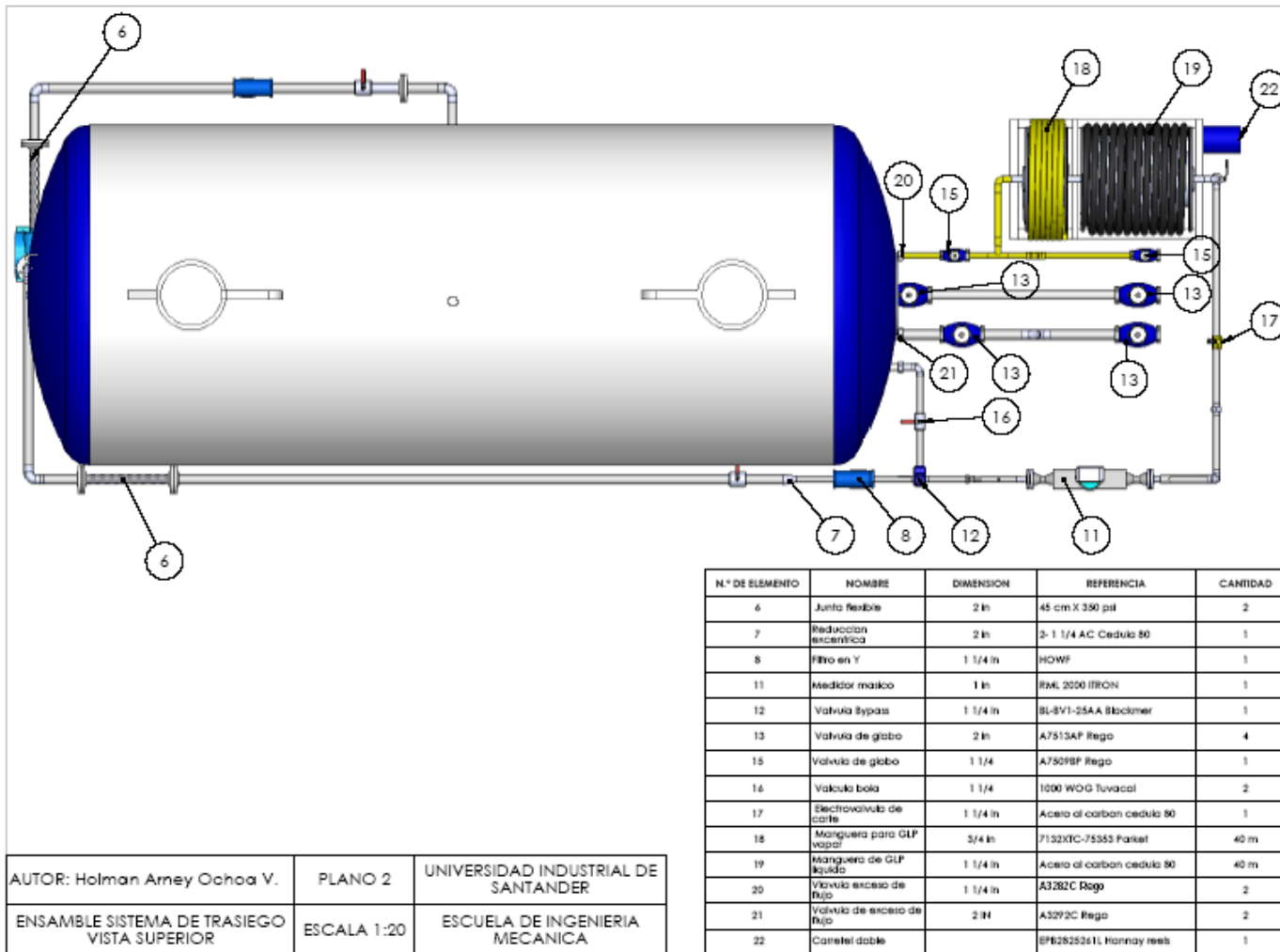
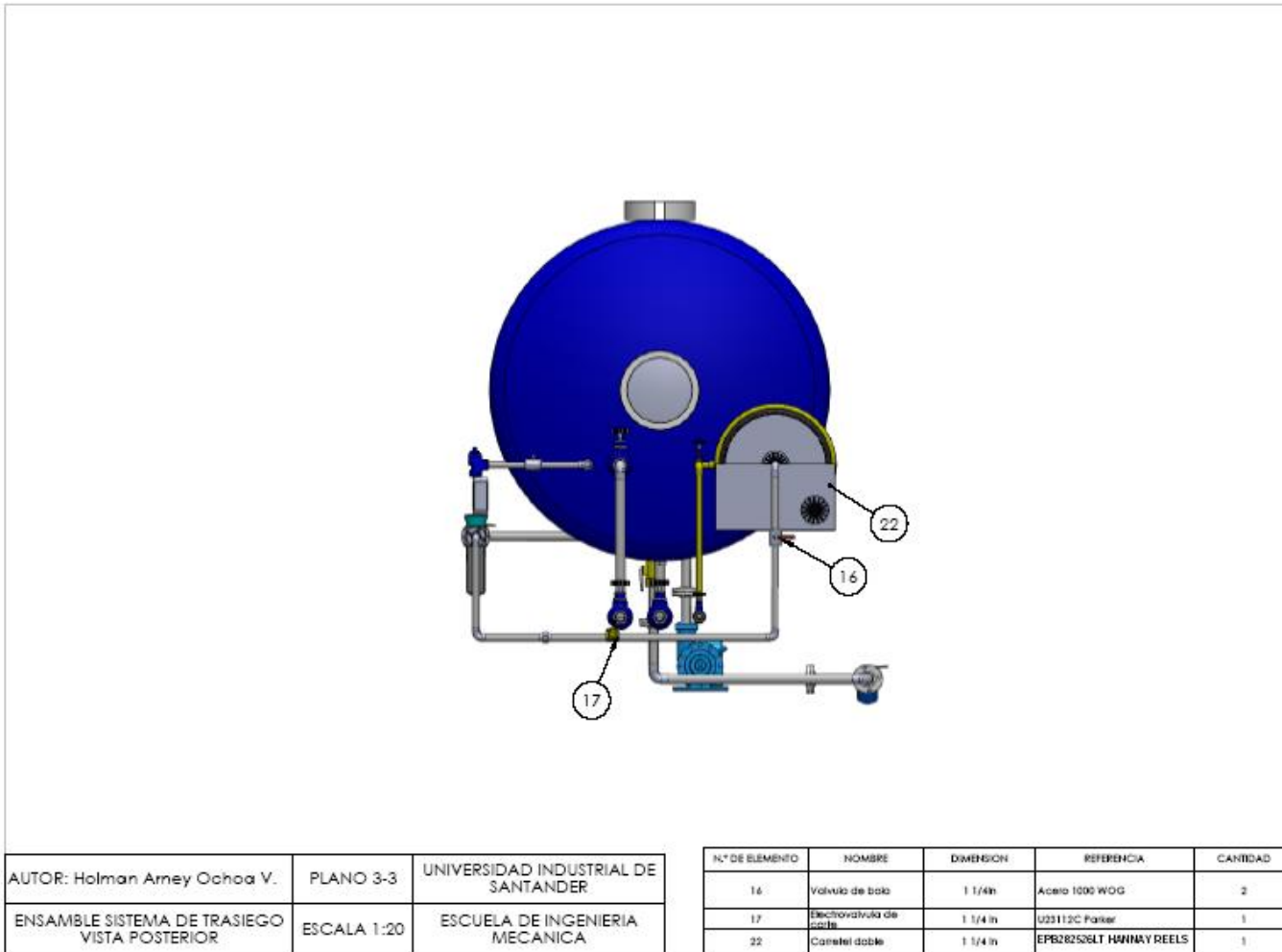


Figura 50. Plano posterior sistema de trasiego



4. FASE DE CONTRUCCION Y MONTAJE

Montaje del tanque sobre chasis:

Características del camión
Placas: TAX-271
Marca: Chevrolet
Línea: FTR FORWARD
Modelo: 2013
Potencia (HP a RPM): 240 a 2400
Peso bruto vehicular: 15000 kg.
Largo carrozable: 6.284 metros

Características del tanque de almacenamiento
Fabricante: CINSA
Capacidad: 3240 Gal de agua
Peso: 3520 Kg
Largo: 4.850 m
Alto: 1.829 m

El primer paso para la construcción del sistema de trasiego fue el montaje del tanque de almacenamiento sobre el chasis del camión. Para determinar la posición del tanque se realizó el cálculo de cargas sobre el chasis con el fin de no sobrepasar la capacidad de carga de la suspensión delantera o trasera.

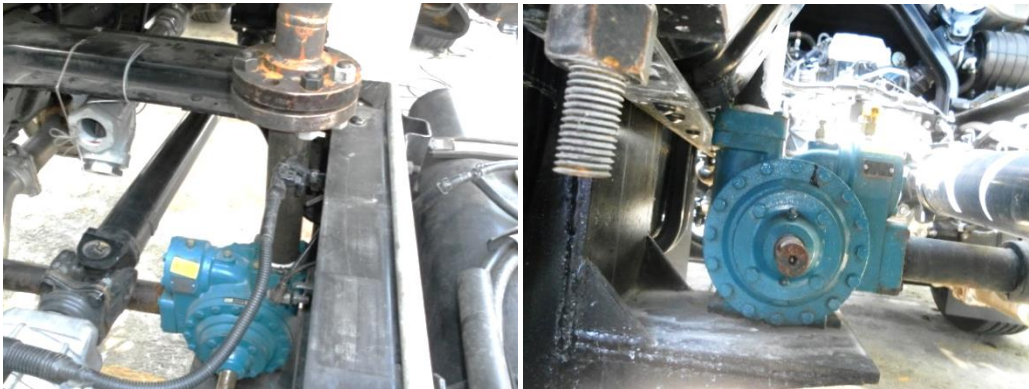
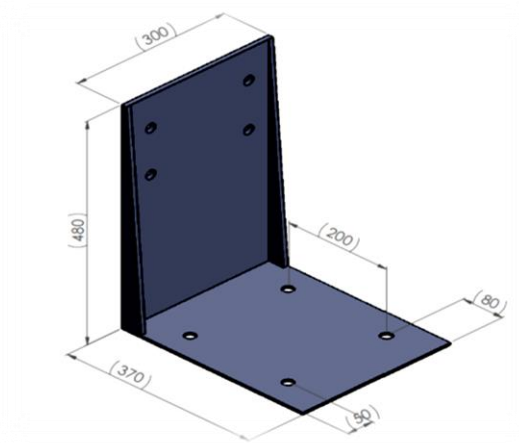
El montaje del tanque (figura 51) se realizó a 1.6 metros tomando como referencia el centro de mismo respecto al eje trasero de vehículo, según cálculo del anexo F.

Figura 51. Montaje del tanque sobre el chasis



Instalación bomba: la bomba se instala sobre una base en L (figura 52) fabricada en lámina de acero de 3/8 de pulgada, fijada directamente al chasis del vehículo con cuatro tornillos de 3/4 de pulgada

Figura 52. Montaje de la bomba Blackmer



Montaje de tubería y válvulas del sistema hidráulico: para el sistema hidráulico se utilizó tubería de acero al carbón calibre 80. Tanto para las uniones soldadas como roscadas según requisitos de la norma técnica Colombia NTC 3853.

El ensamble de la tubería y accesorios se realizó con soldadura por arco eléctrico, con electrodo 6010 como material de penetración y electrodo 7018 como material de aporte para la zona de soldadura.

La construcción del sistema hidráulico estuvo a cargo del personal de mantenimiento de la empresa, para la construcción se siguió la dirección del fluido, ensamblando primero las líneas de llenado y descargue del tanque, la línea de succión de la bomba, luego la línea de descarga de la bomba, la línea de retorno de líquido, la instalación del medidor másico, y la línea de suministro.

Las medidas de los tramos de tubería y ubicación de las válvulas y accesorios se determinaron durante el ensamble.

Figura 53. Construcción sistema de tubería

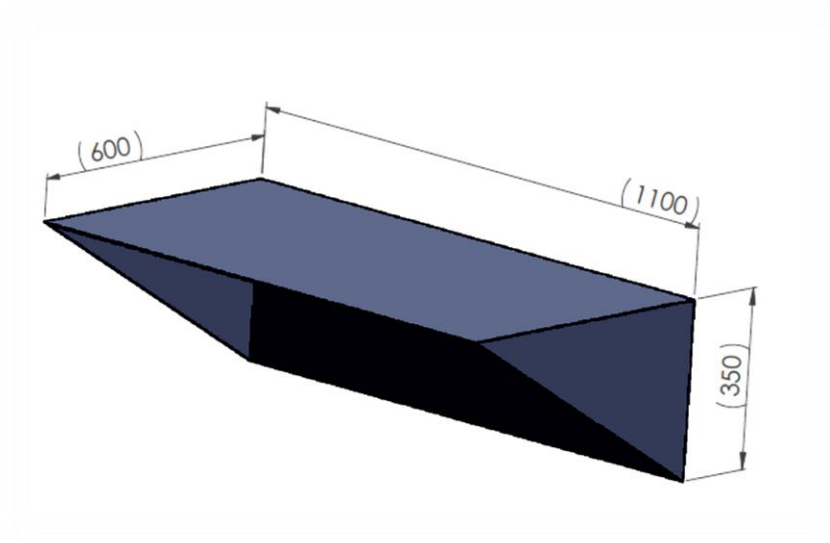


Instalación del carretel doble:

Una vez terminada la construcción de la línea de suministros se instaló en carretel doble sobre el cual posteriormente se enrollaran las mangueras de suministro.

El carretel doble se monta sobre una base construida en lámina de acero de 3/16 de pulgada. (figura. 54), la cual se instala directamente sobre el chasis del vehículo con seis tornillos de 3/4 “.

Figura 54. Montaje del carretel doble



Instalación del sistema eléctrico: la instalación del sistema eléctrico se realizó según el manual de montaje del sistema de adquisición de datos del RI-505. En el manual de instalación están especificados paso a paso las conexiones eléctricas y procedimientos de montaje (figura55), por lo cual no fue necesario crear planos eléctricos adicionales.

La instalación se realizó con por el personal de mantenimiento eléctrico y mantenimiento automotriz de la compañía, La caja de distribución del sistema se instaló dentro de la cabina del vehículo para proteger los componentes de factores ambientales como humedad, polvo y radiación solar. (Figura 56).

Figura 55. Vista del manual de montaje del sistema RI-505

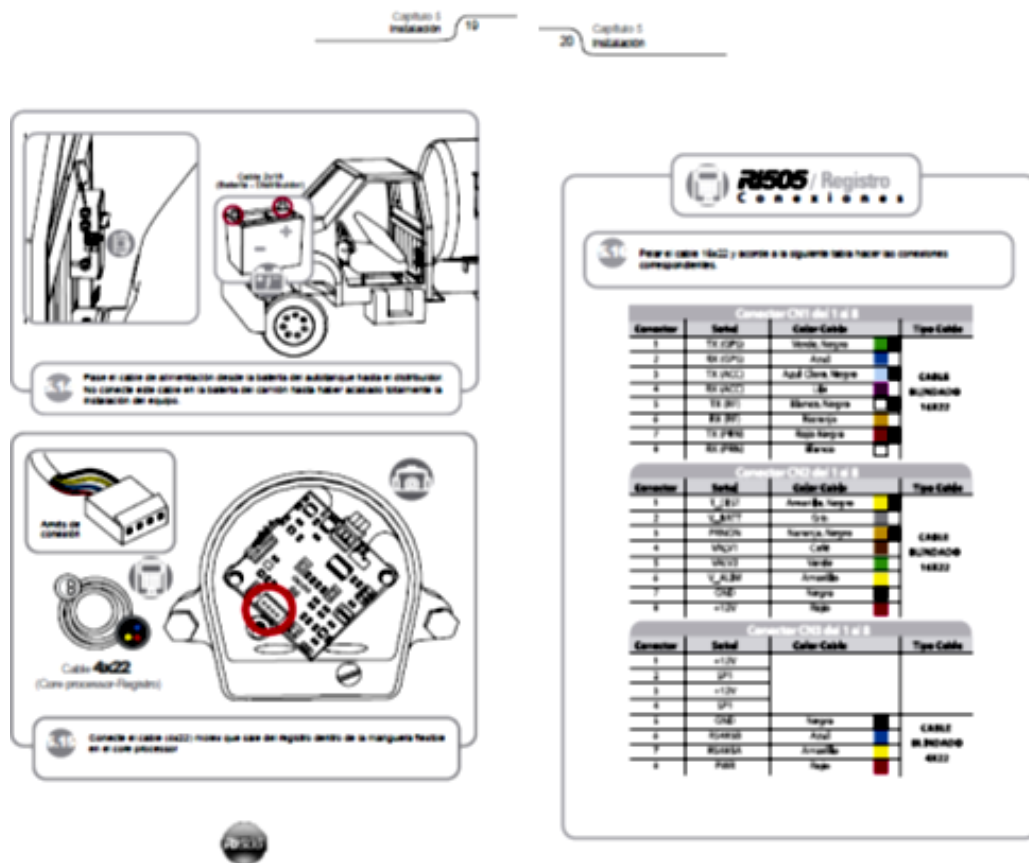


Figura 56. Caja de distribución RI-505.



Publicidad reglamentaria: Para la elaboración de la publicidad y señalización reglamentaria se tiene en cuenta los requerimiento de decreto 1609 de 2002, para el transporte de mercancía peligrosas, así como el manual de identidad de la empresa.

Esta labor fue contratada con la empresa Avisos y publicidad la placa. (Ver figura 57)

Figura 57. Publicidad y propaganda



Las líneas de transporte de GLP líquido se pintan de color blanco, las líneas de transporte de GLP en vapor se pintan de color amarillo.

Figura 58. Vista del sistema de trasiego antes de montaje cajón de protección



Construcción y montaje de cajón de protección: Para la construcción y montaje del cajón de protección se contrató con la empresa Indumetalicas Archila. Para su elaboración se utilizó lámina lisa de calibre 12.

En la figura 59 se muestra el proceso de fabricación del cajón de protección y en la figura 60 se muestra una vista del carrotanque una vez terminado el cajón de protección.

Figura 59. Fabricación cajón de protección



Figura 60. Vista del carrotanque una vez terminado el cajón de protección



Ensamble final

En la figura 61 se muestra la vista exterior del montaje final del sistema de trasiego y en la figura 62 la vista del medidor másico y el display del sistema de adquisición de datos.

Figura 61. Vista exterior del carrotanque



Figura 62. Vista del medidor másico, sistema de adquisición RI-505, sistema hidráulico



5. FASE DE PRUEBAS

5.1 PRUEBA DE HERMETICIDAD EN TUBERIAS

Objetivo

Verificar la hermeticidad y resistencia de las líneas del sistema de trasiego

Documentos de referencia

- ASME B:31.8
- API 11 10
- NTC 3853

Procedimiento

Según la norma técnica colombiana NTC. 3853 las líneas de transferencia se deben limpiar y probar hidrostáticamente a la presión de 250 Psig antes de su puesta en servicio durante un tiempo mínimo de una hora y verificar cuidadosamente la presencia de fugas y rajaduras, desempates, repliegues, fragilidad, descamación, mugre o cualquier otra situación que pueda causar algún riesgo.

Para la realización de la prueba se desacoplan las bridas, válvulas y demás elementos, se instalan ciegos y accesorios para la medición (Manómetro y termómetro). Luego se procede al llenado abriendo las válvulas y otras conexiones que sirvan como venteo, para evacuar el aire antes de la presurización de las líneas.

Se inicia la presurización y cuando alcance la presión de trabajo (115 Psi) se detiene el bombeo, se deja media hora para estabilizar y se chequean las conexiones roscadas y soldadas para detectar posibles fugas, se baja la presión nuevamente a cero y se repite el procedimiento anterior, se deja media hora y de encontrarse

normal se subirá la presión de prueba (250 Psi), se inicia la toma de valores de presión y temperatura con intervalos de una hora.

Para la realización de la prueba se contrata con TK. Asme, api. Ingeniería E.U. Con resultados satisfactorios en la estanquidad de tuberías ver anexo G.

5.2 PRUEBAS DE DESPACHO CON REGISTRO DE ENTREGA

Procedimiento:

- Realizar el cargue del vehículo con Gas LP.
- Realizar el pesaje del vehículo cargado (bascula central de abastos)
- Realizar la descarga por el másico, con impresión de comprobante de despacho.
- Análisis de resultados.

Tabla 2. Resultado de las pruebas

Fecha	Peso lleno	Peso despues de descargue	Kg descargados	Kg Registrados sistema	Duracion del suministro (min)	Caudal masico	Diferencia Bascula Vs Masico	% Error	Accion tomada
20-oct-13	13860	9986	3874	3918	45	87,1	44	1,14%	Sistema de despacho con error inferior a 1%.
20-oct-13	15236	10002	5234	5282	55	96,0	48	0,92%	
20-oct-13	13250	9950	3300	3289	35	94,0	-11	-0,33%	
20-oct-13	14600	9545	5055	5101	46	110,9	46	0,91%	
20-oct-13	16010	10050	5960	6013	61	98,6	53	0,89%	
20-oct-13	12950	9986	2964	2994	25	119,8	30	1,01%	
TOTAL			26387	26597	267	99,6	210	0,80%	

El porcentaje de error del sistema es inferior al 1 %, se despacharon 26387 kg de GLP, y se registraron 26597 Kg con una diferencia neta de 210 Kg, lo cual corresponde a un 0.8 % de error.

El caudal másico promedio registrado por el sistema durante las pruebas es de 99.6 Kg/min. (aprox. 47.2 GPM).

En todas las pruebas realizadas el sistema RI-505, realizó la impresión de los comprobantes de entrega.

6. MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Con el fin de mantener el sistema de trasiego en una condición adecuada de mantenimiento y garantizar la disponibilidad de este vehículo, se deben realizar las actividades de mantenimiento preventivo relacionadas en la figura 63, las cuales surgen de las recomendaciones del fabricante, de la experiencia recogida por el personal de mantenimiento de la compañía y el estudio realizado de la literatura correspondiente al mantenimiento de los equipos que conforman el sistema de trasiego.



Figura 63. Actividades de mantenimiento preventivo

EQUIPO		Frecuencia					
		Diari	Semana	Mensu	Trimest	Semestr	Anual
VEHICULO	Realizar inspeccion preoperacional del sistema	X					
	Realizar cambio de aceite y filtros				o cada 6000 km		
	Realizar cambio de aceite Tomafuerza						o cada 24000 km
TANQUE	Realizar lavado general del tanque y el vehiculo			X			
	Realizar revision parcial del tanque segun formato de inspeccion					X	
FILTROS	Drenar los filtros		X				
	Inspeccion interna de la malla de filtrado				X		
	Reemplazo de la malla de filtrado						X
BOMBA- TOMAFUERZA	Inspeccion visual conjunto Bomba-Tomafuerza	X					
	Verificacion presion de descarga				X		
	lubricacion				X		
	Engrase juntas del cardan tomafuerza				X		
	Mantenimiento General (inspeccion interna)						X
MEDIDOR MASICO	Limpieza externa	X					
	Calibracion						X
VALVULA BY-PASS	Inspeccion componentes internos						X
CARRETEL DOBLE	Engrase				X		
	Inspeccion y limpieza manguera de GLP			X			
SISTEMA ELECTRICO	Realizar inspeccion electrica segun formato de inspeccion			X			
TUBERIA Y VALVULAS	Realizar pruebas defuga con agua jabonosa o detector de gases				X		
	Pintura general						X
CAJON DE PROTECCION	lavado general			X			
	Pintura general						X

6.1 FORMATOS DE INSPECCIÓN


Para realizar las inspecciones contempladas en el plan de mantenimiento se crearon los formatos para las actividades de inspección pre operacional, revisión parcial del tanque, inspección de condiciones reglamentarias y sistema eléctrico, ver figuras 64, 65 y 66 respectivamente.

Figura 64. Formato de inspección pre operacional para carrotanque

				INSPECCION PREOPERACIONAL CARROTANQUES													
				CONDUCTOR	AGENCIA	PLACA	SEMANA							MES:	AÑO:		
KM																	
MANTENIMIENTO DIARIO														OBSERVACIONES			
Revisión de Niveles																	
1	Aceite																
2	Refrigerante																
3	Líquido Frenos																
4	Hidráulico																
5	Fugas																
6	Nivel de combustible																
7	líquido limpiabrisas																
8	Presencia de fugas (lubricantes, combustibles, refrigerantes)																
Inspeccion de Llantas																	
9	verificar esta de la llantas (cortes, desgaste irregular)																
10	Verifique la presion de las llantas																
11	revisar presencia de fugas																
12	Revisar Rines / Pernos / Tuerca (Ajuste)																
Inspeccion del Estado del Vehiculo																	
13	Estado de Luces: Altas, Bajas, Direccionales																
14	Estado master de corriente																
15	Cinturón de Seguridad																
16	Estado de Espejos																
17	Pito																
18	Alarma de Reversa																
19	Documentación																
20	Ruidos Motor																
21	Tanque de Combustible																
22	Correas																
23	Mangueras																
24	Baterías y Cables																
Inspeccion suspension																	
25	Hojas de Muelles																
26	Terminales Direccional																
27	Amortiguadores																
Inspeccion sistema de frenos																	
28	frenos																
29	freno de emergencia																
Inspeccion sistema de trasiego																	
30	Presencia de oxido en valvulas y tuberías																
31	Limpieza del medidor masico y el displa																
32	Estado soportes de la tubería																
33	Estado de las juntas antivibratorias																
34	Estado general de mangueras de GLP																
35	Ruidos anormales el la bomba																
36	Presencia de fugas de GLP																
37	Estado del manometro																
38	Funcionamiento general de sistema																

Nota: Realice Lista de Chequeo Antes de Iniciar Operación ✓ Optimas Condiciones X condicion irregular

Figura 65. Formato revisión parcial de carrotanques

		REVISION PARCIAL DE TANQUES PARA EL TRANSPORTE DE GLP			CODIGO	
					VERSIÓN	
Empresa: _____ Planta: _____ No. Interno: _____ Capacidad: _____ gls Serie: _____ Año fabricación: _____ Fabricante: _____ Ubicación tanque: _____ Municipio: _____ Fecha de Inspección: _____						
		C: CONFORME	NC: NO CONFORME	NA: NO APLICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	C	NC	N.A.	OBSERVACIONES	
1	El tanque esta libre de escapes en sus conexiones y válvulas (Agua Jabonosa o detector de fugas)					
CUERPO DEL TANQUE						
1	El tanque esta libre de focos de oxidación y corrosión					
2	El tanque esta libre de golpes					
3	El tanque esta libre de protuberancias (mayor al 1% del diámetro)					
4	El tanque esta libre de abolladuras (mayor al 1% del diámetro)					
6	El estado de la pintura muestra buenas condiciones de protección					
7	El tanque esta libre de defectos resanados con masillas o pinturas					
CABEZAS O TAPAS						
8	Las cabezas o tapas están libres de oxidación y corrosión					
9	Las cabezas o tapas están libres de golpes					
10	Las cabezas o tapas están libres de protuberancias					
11	Las cabezas o tapas están libres de abolladuras					
13	El estado de la pintura muestra buenas condiciones de protección					
14	Las cabezas o tapas están libres de defectos resanados con masillas o pinturas					
JUNTAS DE SOLDADURA						
16	Las juntas de soldadura dan muestra de haber sido realizadas por personal calificado o son originales de fabrica					
17	La soldadura de couplings y bridas al tanque muestran haber sido realizadas por personal calificado					
18	El tanque esta libre de poros que hayan sido corregidos con puntos de soldadura					
VALVULAS DE ALIVIO						
19	La fecha de fabricación de válvula(s) de alivio es inferior a 10 años					
20	Todas las válvulas están libres de alteraciones o reajustes					
21	Están protegidas contra el medio ambiente y daño físico con tapon de facil remoción					
22	El resorte esta libre de oxidación o corrosión					
23	Presenta un ajuste normal de entrada en el coupling (no completamente embebido)					
24	Las válvulas de alivio son de la capacidad requerida para el tanque					
INDICADOR DE NIVEL, MANOMETRO Y TERMOMETRO						
27	Esta libre de daños el indicador magnético de nivel					
28	La lectura en el disco del rotogage es legible					
29	Se observa bien nivelado el disco del rotogage					
30	El rotogage gira adecuadamente a ambos lados					
31	El indicador del rotogage permite la toma de una lectura confiable (maximo 2% de diferencia entre lados)					
32	Se tiene instalado un manómetro con rango mínimo de 0 a 300 psig en el tanque					

33	Es completamente legible y de facil observación la lectura del manómetro				
34	Se tiene instalada una válvula de corte entre el tanque y el manómetro				
35	La lectura en el termómetro es legible, tiene el rango adecuado para su lectura				
36	Esta correctamente instalado el termómetro (garantiza lectura en fase liquida)				
DRENAJE					
40	El drenaje tiene instalada una válvula de exceso de flujo directamente al tanque				
41	El drenaje tiene dos válvulas de corte				
OTRAS CONEXIONES					
46	El grifo de máximo nivel opera adecuadamente				
47	Todos los niples conectados al tanque son de especificación SCH80 y bridas ANSI 300				
48	Todos los accesorios conectados al tanque son de especificación 3000 psi				
49	Se tiene instaladas las válvulas de exceso de flujo en las conexiones de salida y entrada requeridas				
50	Los espárragos en bridas y manhole no presentan oxidación				
ASPECTOS GENERALES					
51	Las fajas de apoyo, sobresanos y soportes están libres de oxidación y corrosión				
52	Las conexiones del tanque están debidamente identificadas con su usu y direccion de flujo				

OBSERVACIONES GENERALES


Elaborado por: _____

Aprobado por: _____

Firma: _____

Firma: _____

Figura 06. Formato inspección mensual de carrotanques con medidor másico

	INSPECCIÓN DE CARROTANQUES CON MEDIDOR MASICO	CODIGO:
		VERSIÓN:

INFORMACIÓN GENERAL		
EMPRESA:	PLANTA:	FECHA:
INFORMACIÓN DEL VEHICULO		
PLACA:	No. INTERNO:	CONDUCTOR:
INFORMACIÓN DEL TANQUE		
FABRICANTE:	AÑO DE FABRICACIÓN:	CAPACIDAD:
No. SERIE:	No. INTERNO:	

INSPECCIONADO POR: _____ CARGO: _____

ITEM DE REVISION CADA VEZ QUE CARGA UN CARROTANQUE: RESPONSABLE: JEFE DE OPERACIONES	SI	NO	NA	OBSERVACIONES
1. TANQUE				
1.1 TIENE PLACA DE FABRICACIÓN ORIGINAL Y ES LEGIBLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
1.2 TIENE PLACA DE RECALIFICACIÓN LEGIBLE Y ASEGURADA AL TANQUE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
1.3 TIENE PLACA DE MANTENIMIENTO TOTAL (EJECUCIÓN INFERIOR A 5 AÑOS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
1.4 TIENE REGISTRO DE REVISIÓN PARCIAL VIGENTE (1 AÑO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
1.5 LA SUPERFICIE EXTERNA ESTA LIBRE DE CORROSIÓN Y OXIDACIÓN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
1.6 LA SUPERFICIE ESTA LIBRE DE ABOLLADURAS, PROTUBERANCIAS Y GOLPES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
1.7 EL TANQUE ESTA ADECUADAMENTE ASEGURADO AL CHASIS DEL VEHÍCULO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2. VÁLVULAS Y ACCESORIOS				
2.1 LAS VALVULAS DE ALIVIO ESTÁN PROTEGIDAS CONTRA LA LLUVIA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2.2 TODAS LAS SALIDAS TIENEN EXCESO DE FLUJO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2.3 EXISTE TERMÓMETRO Y MANÓMETRO ADECUADO PARA EL USO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2.4 LA CONEXIÓN DE SALIDA A BOMBA TIENE VALVULA INTERNA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2.5 LA VÁLVULA INTERNA TIENE CONTROL REMOTO INSTALADO ADECUADAMENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2.6 ESTÁN LAS SALIDAS PROTEGIDAS CON VÁLVULAS DE CORTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2.7 DISPONE DE TAPAS EN CONEXIONES DE LLENADO Y VAPOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3. TUBERÍAS Y MANGUERAS				
3.1 NO EXISTEN ESCAPES EVIDENTES EN EL SISTEMA DE TUBERIAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.2 EXISTE INFORME DE PRUEBA HIDROSTÁTICA DE LAS TUBERÍAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.3 LA TUBERÍA ESTÁ LIBRE DE FUGAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.4 LA TUBERÍA ESTÁ LIBRE DE CORROSIÓN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.5 EXISTEN VÁLVULAS DE ALIVIO HIDROSTÁTICO ENTRE VÁLVULAS DE CORTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.6 ESTÁ LA TUBERÍA PINTADA ADECUADAMENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.7 ESTÁ LA TUBERÍA BIEN SOPORTADA Y PROTEGIDA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.8 LAS MANGUERAS DE SUMINISTRO SON ADECUADAS PARA GAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.9 LAS MANGUERAS DISPONEN DE VALVULA DE GLOBO AL FINAL DE LINEA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

6.2 DIAGNOSTICO DE FALLAS

A continuación se relacionan las fallas más comunes que se pueden presentar en el sistema de trasiego. Para los códigos de fallas que se presenten en el registro electrónico RI-505 consulte el manual del fabricante.

SINTOMA	CAUSA PROBABLE	ACCION
La bomba no ceba	El taque no tiene liquido	Revisar nivel liquido con el rotogage
	El filtro está tapado	Limpiar filtro
	Hay bloqueo por burbujas de vapor	Despresurizar la línea
	La bomba gira a muy baja velocidad	Aumentar revoluciones de motor
	Válvula de exceso de flujo cerrada	Abrir válvula
Caudal Reducido en el medidor	La bomba está operando a muy baja velocidad	Aumentar revoluciones de motor
	La válvula interna está parcialmente cerrada	Reparar
	Excesiva restricción en la succión	Abrir válvulas, limpiar filtros
	Partes de la bomba gastadas o dañadas	Reparar
	Válvula bypass desgastada o mal calibrada	Reparar o calibrar
	Válvulas de descarga parcialmente abiertas	Abrir válvulas
	Tanque receptor presurizado	Conectar línea de retorno de vapor
Sistema no despacha	Electroválvula de corte sin energía	Revisar conexiones eléctricas
	Piloto de la electroválvula obstruido	Limpiar canal de regulación de la electroválvula
	Válvulas de conexión a tanque cerradas	Abrir válvulas
Ruido	Presión excesiva en la bomba	Revisar válvula BY-PASS
	Alta velocidad de la bomba	Disminuir revoluciones al motor
	Rodamientos gastados o dañados	Reparar
	Vibración por soportes de tubería flojos o dañados	Ajustar o cambiar soportes
	Hay una válvula dañada en el sistema	Remplazar
	La válvula de alivio esta calibrada muy bajo	Calibrar
Caudal diferente de cero bajo condiciones sin flujo	Tubería mal alineada	Corregir montaje de la tubería
	Ajuste al cero del sensor incorrecto	Vuelva a ajustar el cero del medidor
	Unidad de medición inadecuada	Revise la configuración
	Factor de calibración de caudal incorrecto	Verificar la caracterización
	Válvula o sello con fuga	Revisar la tubería y válvulas
Lectura de densidad más alta de lo real	Tubo de caudal obstruido	Revisar la ganancia de la bobina y frecuencia de los tubos
	Valor de K2 incorrecto	Revise la caracterización
	Erosión del sensor	consultar con el fabricante

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se diseñó, se construyó y se puso en operación el sistema de trasiego con medidor másico tipo coriolis de acuerdo a los objetivos planeados del proyecto.
- Se programaron, asignaron y ejecutaron todas las actividades necesarias para la construcción del sistema de trasiego, generando en el personal de la compañía el conocimiento y experticia necesaria para la implementación de un nuevo proyecto de montaje según las necesidades de empresa GAS DE SANTANDER.
- Se diseñaron los formatos de inspección que permitirán el control y registro de las diferentes actividades de mantenimiento preventivo, con el fin de mantener el sistema de trasiego en una adecuada condición de operación
- Al culminar este proyecto la empresa GAS DE SANTANDER S.A. cuenta con un carrotanque dotado con una herramienta tecnológica de alta confiabilidad y rendimiento para el suministro de GLP a clientes de tanques estacionarios, lo cual indudablemente aumentara la satisfacción del cliente final y será un factor diferenciador frente a las demás compañías del sector energético del gas licuado de petróleo.
- La experiencia vivida, durante el diseño, ejecución y puesta en marcha del proyecto para la empresa GASAN S.A. fue muy enriquecedora para el ejecutor de este proyecto, incrementando sus conocimientos técnicos y reafirmando los teóricos.
- Se recomienda capacitar al personal de mantenimiento y tecnología informática, en la programación del sistema del medidor másico con registro electrónico RI-505,

con el fin de prestar soporte técnico al interior de la empresa, sin necesidad de estar sujetos a los tiempos de respuesta del proveedor.

- Se recomienda conectar la manguera de retorno de vapor cuando la presión del tanque estacionario sea mayor o igual a la presión del tanque de almacenamiento, de esta forma evitar que la presión diferencial de la bomba supere la presión de taraje del bypass.
- Se recomienda mantener el nivel del carrotanque superior a 5%, para disminuir la probabilidad de descebado de la línea de succión.

BIBLIOGRAFIA

BECCO, J. L. Lorenzo. "Los G.L.P. Los gases licuados del petróleo.", edita: Dirección de Marketing de Repsol Butano, S.A., Madrid 1989

Catalogo L-102 SV-EQUIPOS DE GAS LP Y AMINIACO ANHIDRICO, Rego

LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. Manual de instalaciones de GLP, CEPESA, ELF, GAS.

NFPA 58 (2004): Norma para el Almacenamiento y Manipulación de Gases Licuados de Petróleo

SOLANO CASTELLANOS, Favio Eduardo. Monografía, EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL MEDIDOR DE FLUJOMÁSICO TIPO CORIOLIS PARA GAS NATURAL, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE GAS. BUCARAMANGA. 2006

ANEXOS

ANEXO A. BOMBAS BLACKMER



Bombas y compresores Blackmer para gas licuado

Durabilidad / Alta eficiencia / Funcionamiento silencioso / Mantenimiento sencillo

Guía de los equipos Blackmer para gas licuado

Producto	Descripción / Aplicación	Página
LGF1 LGF1P LGB1 LGB1P	Bombas de velocidad del motor para llenado de cilindros, abastecimiento de bajo volumen del motor y vaporizadores pequeños. • Capacidades de hasta 15 galones estadounidenses por minuto (57 litros por minuto).	4 - 5
LGRF1.25 LGLF1.25 LGL1.5	Bombas de velocidad del motor para llenado de cilindros de estaciones múltiples, abastecimiento de motores, transferencia de bajo volumen y vaporizadores. • Capacidades de hasta 35 galones estadounidenses por minuto (132 litros por minuto).	6 - 7
LGLD2 LGLD3 LGLD4 LGLH2 LGL3021 LGL154 LGL156 LGL158	Bombas montadas en el pie para plantas de productos a granel, terminales, vaporizadores, camiones cisternas y transportadores. • Capacidades de hasta 350 galones estadounidenses por minuto (1325 litros por minuto).	8 - 12
TGLGF3 TGLGF4	Bombas montadas en bridas para camiones cisternas y transportadores. • Capacidades de hasta 350 galones estadounidenses por minuto (1325 litros por minuto).	13 - 14
LB161 LB361 LB601 LB942	Compresores de gas libres de aceite para transferencia de líquidos y recuperación de vapor. • Capacidades de hasta 125 cfm (1325 m ³ /h).	15 - 18
BV0.25 BV1 BV1.25 BV1.5 BV2	Válvulas de derivación para protección de sistemas en línea. • Capacidades de hasta 250 galones estadounidenses por minuto (946 litros por minuto).	19

Blackmer ofrece una línea completa de bombas para licuado y compresores de gas libres de aceite, diseñados para un máximo rendimiento y confiabilidad. Desde la operación más pequeña de llenado de cilindros hasta los sistemas más sofisticados de descarga de plantas a granel y por vagones cisterna, encontrará las bombas y los compresores Blackmer en funcionamiento alrededor del mundo.

El diseño de paleta deslizante es ideal para butano, propano, amoníaco anhidro, propulsores, refrigerantes y gases licuados similares.

Las bombas Blackmer para gas licuado se utilizan ampliamente para el llenado de cilindros, abastecimiento de motores, transferencia a granel, vaporizadores, y en camiones cisterna y transportadores.

Mediante el diseño exclusivo de paletas deslizantes de Blackmer, estas bombas de desplazamiento positivo ofrecen las mejores características combinadas de rendimiento sostenido de alto nivel, eficiencia energética, operación sin problemas y bajo costo de mantenimiento.

Los modelos de bombas están disponibles con tamaños de puertos de 1 a 4 pulgadas. Todos los modelos tienen una construcción de hierro dúctil para resistencia térmica a los choques, cojinetes de bolas de baja fricción para mayor eficiencia y funcionamiento silencioso, y collarines de bloqueo roscados que impiden el desgaste por empuje en los extremos.

Revestimiento de la carcasa y discos extremos reemplazables

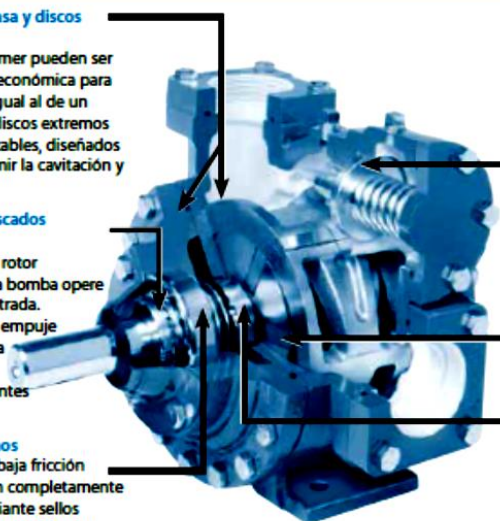
Los modelos LGL de Blackmer pueden ser reconstruidos de manera económica para obtener un rendimiento igual al de un equipo nuevo utilizando discos extremos y revestimientos reemplazables, diseñados especialmente para suprimir la cavitación y reducir el desgaste.

Collarines de bloqueo roscados de dos piezas

Posicione con precisión el rotor y el eje, permitiendo que la bomba opere bajo presiones altas de entrada. Asimismo, este control de empuje de bloqueo positivo ayuda a evitar un desgaste prematuro a los componentes internos.

Cojinetes de bolas externos

Los cojinetes de bolas de baja fricción lubricados con grasa están completamente aislados del bombeo mediante sellos mecánicos para brindar un servicio sin problemas y una larga vida útil.



Construcción de hierro dúctil

Todas las piezas de presión son de hierro dúctil para una mayor resistencia tanto al choque térmico como mecánico.

Válvula de alivio interna

Protege la bomba contra un exceso de acumulación de presión en el caso de una línea de retorno obstruida o cerrada.

Paletas Duravane no metálicas

Diseñadas para resistir el desgaste bajo condiciones no lubricantes. Estas paletas químicamente inertes están formuladas con un material de resina resistente para lograr una larga vida útil y una operación silenciosa.

Sellos mecánicos Blackmer

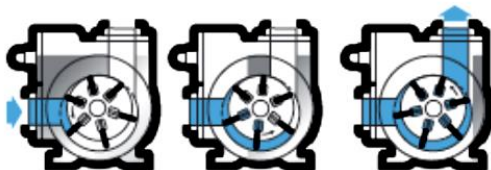
Desarrollados especialmente para líquidos no lubricantes, el diseño exclusivo de tipo de componentes de Blackmer está comprobado en terreno para proporcionar una larga vida útil y un servicio confiable en una amplia variedad de aplicaciones de gas licuado.

Características de diseño de alto rendimiento

Revestimientos para supresión de la cavitación

Los modelos de 1,25 a 4 pulgadas ahora tienen revestimientos especiales que "amortiguan" los efectos de burbujas de vapor que se contraen dentro de la bomba, reduciendo ampliamente el ruido, las vibraciones y el desgaste causados normalmente por los vapores atrapados. Consulte detalles adicionales en la página 6.

FIGURA 1. La acción de las paletas deslizantes de Blackmer



Cómo las bombas Blackmer de paletas deslizantes alcanzan una alta eficiencia

Tal como se muestra en la figura 1, las bombas Blackmer utilizan un rotor con paletas deslizantes que succonan el líquido detrás de cada paleta, a través del puerto de entrada y hacia el interior de la cámara de bombeo. A medida que gira el rotor, el líquido se transfiere entre las paletas a la salida donde se lo descarga mientras se comprime la cámara de bombeo. Cada paleta proporciona un empuje mecánico positivo al líquido que tiene por delante.

El contacto de la paleta con la pared de la cámara se mantiene mediante tres fuerzas: (1) fuerza centrífuga desde la rotación del rotor, (2) varillas de empuje que se mueven entre pares opuestos de paletas, y (3) presión de líquido que ingresa a través de las ranuras de las paletas y que actúan sobre la parte posterior de las paletas.

Cada revolución de una bomba Blackmer desplaza un volumen constante de fluido. La variación en la presión tiene un efecto mínimo. Se minimizan la turbulencia y el resbalamiento que desperdician energía y se aumenta la eficiencia volumétrica alta.

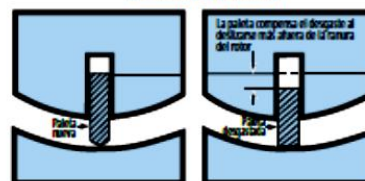
La eficiencia significa el ahorro de energía

La alta eficiencia de las bombas Blackmer significa que las mismas requieren menos caballos de fuerza que otras bombas de desplazamiento positivo. Por lo tanto, usted gasta menos en los motores inicialmente, y menos en la electricidad para operar las bombas después de haberlas instalado.

Una alta capacidad a menores velocidades significa un desgaste reducido

La eficiencia volumétrica de las bombas Blackmer ahorran más que energía. Su resbalamiento inherentemente bajo les permite operar a valores de rpm sustancialmente menores que otros tipos de bomba de desplazamiento positivo, a la vez que continúan suministrando una salida equivalente. Estas menores velocidades de operación significan un funcionamiento más silencioso, una vida útil en servicio más prolongada y menores requisitos de mantenimiento.

FIGURA 2. Cómo las bombas Blackmer de paletas deslizantes mantienen la eficiencia



Las paletas autoajustantes mantienen el rendimiento alto

El rendimiento de las bombas de engranaje constantemente disminuirá a medida que el desgaste aumenta las holguras. Para compensar el rendimiento reducido, deberá aumentar la velocidad de la bomba (lo cual acelera aún más el desgaste de la bomba) o aceptar una capacidad reducida hasta que el rendimiento decae hasta un nivel totalmente inaceptable. Las paletas de una bomba Blackmer automáticamente se deslizan fuera de las ranuras de sus rotores para ajustarse continuamente al desgaste. Ya no es necesario acelerar para compensar ni tampoco aceptar un rendimiento deficiente. Las bombas Blackmer mantienen una eficiencia y capacidad cercanas a la original a lo largo de la vida útil de las paletas.



El reemplazo simple de las paletas no requiere herramientas especiales.

En cuestión de minutos, la bomba puede volver al estado operativo. La inspección rutinaria es igual de sencilla. De hecho, la mayor parte del mantenimiento puede hacerse sin desconectar la bomba de su tubería ni del eje de transmisión.

Reemplazo de paletas en cuestión de minutos, inspección fácil

El reemplazo de las paletas es sencillo. Simplemente desmonte el conjunto del cabezal externo, quite las paletas antiguas deslizándolas hacia fuera, inserte las nuevas y reinstale el cabezal. En cuestión de minutos, la bomba puede volver al estado operativo. La inspección rutinaria es igual de sencilla. De hecho, la mayor parte del mantenimiento puede hacerse sin desconectar la bomba de su tubería ni del eje de transmisión.

Los revestimientos reemplazables restauran la eficiencia de manera económica

Las bombas LGL de Blackmer están equipadas con revestimientos reemplazables que protegen la carcasa de la bomba y proporcionan la economía de un simple reemplazo, restableciendo la bomba a una eficiencia igual a la de un equipo nuevo. No se requieren herramientas especiales para desmontar un revestimiento desgastado e instalar uno nuevo, y la operación sencilla puede completarse en pocos minutos sin quitar la bomba de la línea.



El revestimiento reemplazable restaura la eficiencia con facilidad.

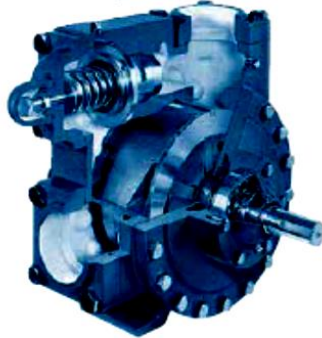
UL e ISO 9001

Todos los modelos de bomba y de válvula de derivación descritos en este boletín están listados por Underwriters Laboratories para servicio de gas LP y de amoníaco anhidro. Todos los productos de este boletín están fabricados de acuerdo con las normas de calidad ISO 9001.



Bombas LGLD2, LGLD3 y LGLD4

Bombas multipropósito para plantas de productos a granel, terminales y sistemas de camiones



Sección transversal del modelo LGLD4

Estas robustas bombas resultan ideales para servicio de plantas a granel, aplicaciones de llenado de varios cilindros, vaporizadores, camiones cisterna y transportadores.

Los modelos de eje de transmisión de extremo simple o doble se ofrecen con tamaños de puerto de 2, 3 y 4 pulgadas, con capacidades que van de 30 a 350 galones estadounidenses por minuto (114 - 1 325 L/min). Los modelos LGLD2 y LGLD3 han sido populares durante mucho tiempo para el servicio en camiones cisterna debido a su arreglo de eje de transmisión de extremo doble, que permite posicionar la bomba fácilmente para rotación del eje hacia la derecha o hacia la izquierda.

Todos los modelos tienen una válvula de alivio interna, y con un revestimiento de la carcasa y discos extremos reemplazables para una fácil reconstrucción de la cámara de bombeo en caso de que esto sea necesario. Además, estas bombas cuentan con revestimientos para la supresión de la cavitación para reducir el ruido, la vibración y el desgaste.

Los materiales de construcción estándar incluyen sellos mecánicos de Buna-N y paletas Duravane para manejar tanto el gas LP como el amoníaco anhidro.

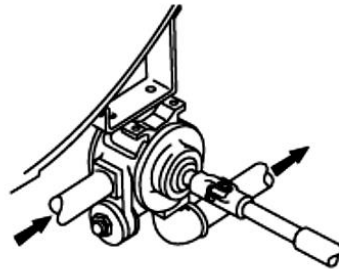
La máxima presión diferencial para los modelos de 2 y 3 pulgadas es de 150 psi (10,34 bar), y 125 psi (8,62 bar) para los modelos de 4 pulgadas. Los puertos se ofrecen con bridas accesorias con rosca NPT o con bridas soldadas.

Unidad montada en camiones

Las bombas LGLD2 de Blackmer con frecuencia se montan al chasis de un camión cisterna o a una plataforma de acero soldada al tanque.

Los modelos de 3 y 4 pulgadas pueden montarse en un transportador de diferentes maneras, por lo general cerca o entre los soportes del tren de aterrizaje del tanque.

Las bombas montadas en camiones normalmente son accionadas por medio de una toma de fuerza o un sistema de accionamiento hidráulico. Consulte el Manual de gas licuado de Blackmer - Boletín 500-001 para conocer los diversos tipos de camiones cisterna y sistemas de bombas de transporte.

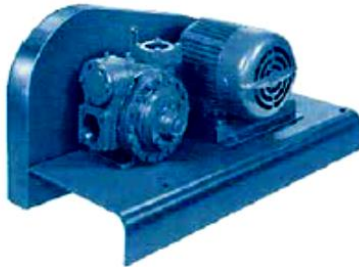


Unidades de bombas montadas

Estilo de accionamiento VB

Accionamiento por correas en V

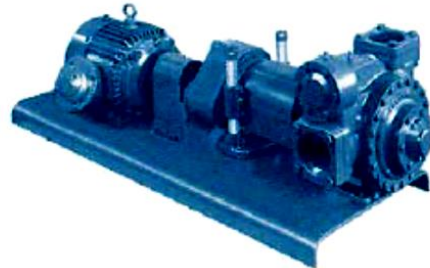
Hay disponibles unidades VB montadas en una base estándar, completas con una bomba, cubos, roldanas, correas en V de alta torsión y protector de correas, montados sobre una base común, listos para aceptar un motor NEMA estándar. Todas las unidades VB están disponibles con o sin motores.



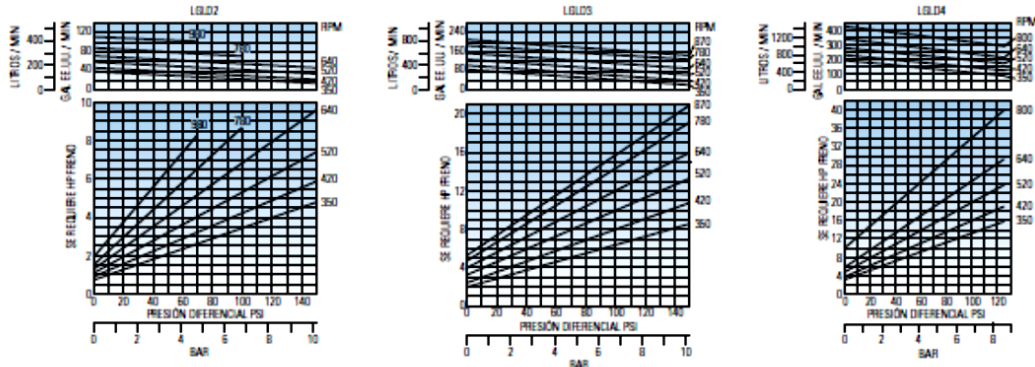
Estilo de accionamiento HR

Accionamiento de reducción por engranajes helicoidales

Hay disponibles unidades HR montadas en una base estándar, completas con una bomba, reductor de engranajes helicoidales Blackmer, soportes de montaje, acoplamientos y protectores del acoplamiento, montados sobre una base común, listos para aceptar un motor NEMA estándar. Todas las unidades HR están disponibles con o sin motores.



Curvas de rendimiento



Estas curvas se basan en las tasas aproximadas de suministro al manejar propano o amoníaco enfriado a 80°F (26,7°C). Las restricciones en la línea, tales como válvulas para flujos en masa, codos, etc., abastecerán los suministros de manera alterna. Para el propano a 32°F (0°C), el suministro real se verá reducido aún más a aproximadamente el 80% del valor nominal. El suministro de butano a 80°F (26,7°C) será del 60% al 70% de estos valores, y puede ser tan bajo como del 35% al 40% a 32°F (0°C). Esta pérdida de suministro no es una característica de la bomba sino que es causada por fenómenos termodinámicos inherentes de los gases licuados.

Datos de selección

Al seleccionar una bomba para camiones o sistemas de transporte, utilice las curvas de rendimiento incluidas en esta página. Para una bomba estándar o una unidad ensamblada, utilice la tabla mostrada. La tabla muestra las limitaciones de caballos de fuerza de los frenos para el accionamiento y la base de la unidad. Verifique estos límites contra los requisitos de caballos de fuerza de los frenos de la bomba, tal como se muestra en las curvas. Para aplicaciones de servicio continuo, por lo general es aconsejable utilizar velocidades de la bomba de 400 rpm o menos. Por ejemplo, los sistemas de plantas de control de picos requieren un servicio continuo de la bomba. Más aún, las bombas utilizadas en sistemas de plantas de control de picos deberán dimensionarse para una capacidad de al menos un 150% de la carga pico normal para evitar fallas del sistema debido a una vaporización anormal en la línea de entrada.

Bridas accesorias

Modelo de bomba	Estándar u opcional	Entrada	Descarga
LGLD2	Estándar	2" NPT	2" NPT
	Opcional	2" soldada	2" soldada
LGLD3	Estándar	3" NPT	3" NPT
	Opcional	3" soldada	3" soldada
LGLD4	Estándar	4" soldada	3" soldada
	Opcional	4" soldada	4" soldada

Modelo	Ajuste de la válvula de alivio de fábrica de 1750 rpm	Semiservicio aproximado de propano a las presiones diferenciales y velocidades de la bomba que se muestran				Máxima presión diferencial (psi (bar))	Máxima presión de trabajo ³ (psi (bar))	Clasificación del accionamiento (caballos de fuerza mínimos que trascenderá el accionamiento) ¹			Tamaño del motor para montar sobre una base estándar ⁴		
		50 psi (3,45 bar)		100 psi (6,89 bar)				0-3 horas de servicio	3-4 horas de servicio	8-24 horas de servicio	Tamaño mínimo de bujidor	Tamaño máximo de bujidor	
		gpm	L/min	gpm	L/min								
LGLD2-VB	150 psi (10,34 bar)	660	67	254	57	216	150	350	9,2	9,2	7,8	184†	213†
	420	50	189	41	155			6,4	6,4	5,4	182†	184†	
	330	30	114	23	87			4,8	4,8	4,0	182†	184†	
LGLD2-HBA	150 psi (10,34 bar)	640	65	246	55	208	150	350	8,9	7,1	5,7	182†	215†
	420	50	189	41	155			7,0	5,6	4,5	182†	215†	
	330	32	121	24	91			5,4	4,3	3,4	182†	215†	
LGLD3-VB	150 psi (10,34 bar)	640	133	503	112	424	150	350	12,1	12,1	10,2	215†	254†
	420	80	303	60	227			8,9	8,9	7,5	213†	215†	
	340	59	223	42	159			7,3	7,3	6,1	213†	215†	
LGLD3-HBA	150 psi (10,34 bar)	640	133	503	112	424	150	350	25,0	25,0	20,0	182†	256†
	420	80	303	60	227			24,3	19,4	15,5	182†	256†	
	350	63	238	45	170			17,8	14,3	11,4	182†	256†	
LGLD4-VB	150 psi (10,34 bar)	640	270	1022	230	833	125	330	26,9	26,9	22,8	254†	284†
	420	170	644	130	492			19,6	19,6	16,6	254†	256†	
	340	130	492	90	341			15,8	15,8	13,4	215†	256†	
LGLD4-HBA	150 psi (10,34 bar)	640	270	1022	230	833	125	330	30,0	30,0	26,9	182†	286†
	420	160	606	120	454			24,4	24,4	20,3	182†	286†	
								11,4	11,4	9,8	213†	215†	

- 1 Verifique los requisitos de suministro de la bomba y de caballos de fuerza del freno en las curvas de rendimiento en la página opuesta. Consulte la nota a pie de página con los cables que explican los factores que pueden causar variaciones en el suministro.
- 2 La máxima presión nominal de trabajo es de 350 psi (24,13 bar) para LPG y NH₃ distribuido por UL y NFPA 581.
- 3 Máximo caballos de fuerza que trascenderá un accionamiento estándar (como un V-belt de engranajes y base).
- 4 Los motores pueden ser especificados a partir de la lista de piezas de motores eléctricos No. 10-NETC-01.

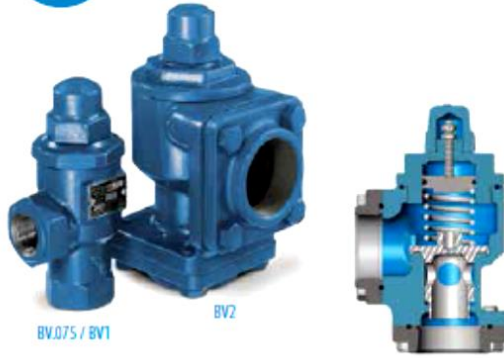
Nota: Consulte la cartilla para obtener información sobre la válvula de descarga externa.

ANEXO B. VALVULAS DE DERIVACION



Válvulas de derivación

Protección precisa de la presión en línea



Guía de selección

<p>Modelo BV0.75 / BV1 (los puertos son roscados de 3/4 de pulgada NPT) Modelo BV1 (los puertos son roscados de 1 pulgada NPT)</p> <p>Estos modelos se utilizan comúnmente para el sistema de llenado de cilindros. Cualquiera de las válvulas pueden utilizarse en modelos de bomba Blackmer de 1.25 o 1.5 pulgadas.</p>
<p>Modelo BV1.25 / BV1.5 (los puertos son roscados de 1-1/4 pulgadas NPT) Modelo BV1.5 (los puertos son roscados de 1-1/2 pulgadas NPT)</p> <p>Estos modelos se utilizan normalmente para cambios de sistema y sistemas más pequeños de plantas a granal. Cualquiera de las válvulas pueden utilizarse en modelos de bomba Blackmer de 2 o 3 pulgadas. Ambas válvulas están disponibles con resortes opcionales para uso con los modelos LGL 158 o LGL12.</p>
<p>Modelo BV2 (los puertos tienen bridas accesorios de 2 pulgadas NPT; se dispone de bridas NPT y soldadas de 1-1/4 pulgadas y 1-1/2 pulgadas)</p> <p>El modelo BV2 es el más ampliamente utilizado para transportadores o sistemas más grandes de plantas a granal. Se recomienda para uso con los modelos de bomba Blackmer de 3 y 4 pulgadas. El modelo BV2 se ajusta en la fábrica en un valor de 125 psi.</p>



Las válvulas de derivación diferencial de Blackmer están diseñadas para proteger a las bombas y a los componentes del sistema de daños excesivos por presión, y ninguna instalación de bombas de gas LP esta completa sin disponer de alguna de ellas. Blackmer ofrece cinco modelos diferentes que proporcionan un

control de presión de flujo completo hasta 250 galones estadounidenses por minuto (946 L/min) a 120 psid (8,27 bar). La instalación es sencilla con puertos roscados NPT en tamaños de 3/4" a 2". Todos los modelos son apropiados para servicio de gas LP y de amoníaco anhidro.

Asistencia técnica

En algunas aplicaciones, la selección de la bomba o compresor correctos puede requerir información más detallada de aquella que puede presentarse en este boletín. Su representante de Blackmer puede ayudarle a encontrar el equipo correcto para asegurar el mejor rendimiento posible para su aplicación específica.

Si usted tiene un problema singular de manejo de gases o fluidos, comuníquese con Blackmer al número de teléfono o fax que se indica a continuación.

Puede ver los videos de mantenimiento y capacitación en línea en <http://www.youtube.com/BlackmerGlobal/>.

Máximo flujo a través de la válvula

Modelo	Máximo flujo nominal* - gpm (L/min) a			
	20 psi (1,38 bar)	50 psi (3,45 bar)	80 psi (5,52 bar)	120 psi (8,27 bar)
BV0.75 / BV1	25 (95)	40 (151)	50 (189)	60 (227)
BV1.25 / BV1.5	60 (227)	80 (300)	100 (379)	125 (473)
BV2	150 (568)	180 (681)	220 (833)	250 (946)

*Caudales de derivación normales máximos sin exceder significativamente el límite de presión establecido.

En operación, las válvulas Blackmer proporcionan un control de la presión excepcionalmente estrecho, incluso bajo condiciones de flujo de derivación con variaciones amplias. La curva de rendimiento en la figura 4 a continuación muestra cómo una válvula Blackmer mantiene una presión virtualmente constante de 100 psi (6,89 bar) incluso a medida que el volumen que está en derivación aumenta de 10 gpm a 100 gpm (38-378 L/min). Si bien la curva es aquella de una válvula BV1.5, la precisión que demuestra es típica de cualquier válvula Blackmer.

Las válvulas de derivación de Blackmer no tienen pasajes de detección pequeños, fácilmente enchufables; y con solo dos piezas móviles, su operación es simple y confiable. Se abren precisamente a la presión de resorte preestablecida y se cierran de manera uniforme y silenciosa, gracias a un diseño de amortiguador patentado. Tal como se muestra en la figura 5, una pequeña cámara en el vástago de la válvula se llena con líquido cuando se abre la válvula. Este líquido luego proporciona un amortiguamiento hidráulico que impide que la válvula se cierre automáticamente en caso de liberarse repentinamente la presión. También minimiza el traqueteo y el desgast del asiento de la válvula cuando las presiones rondan el límite crítico.

FIGURA 4. Volumen de desvío/curva de presión del modelo BV1.5

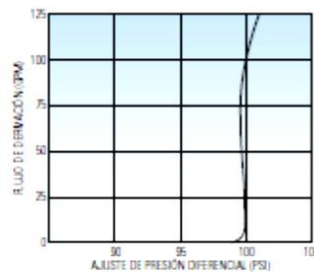


FIGURA 5. Operación de la válvula de derivación



La cámara amortiguadora sirve para amortiguar el cierre de la válvula



Los modelos BV0.75, BV1, BV1.25 y BV1.5 están listados por UL para 200 PSI.

ANEXO C. FICHA TECNICA CAMION CHEVROLET FTR FORWARD.

CAMIÓN FTR FORWARD

		MOTOR
Marca / Código		6HK-TCN
Tipo		Turbo-cargado intercooler
Desplazamiento (cc)		7,790
Nº de cilindros		6 en línea
Potencia (HP @ RPM)		240 @ 2,400
Torque (kgm @ RPM)		72 @ 1,450
Alimentación		Inyección directa Common Rail
Combustible		Diesel
Emissiones		Euro II
Enfriador de aceite		Plato sobre bloque motor

		TRANSMISIÓN
Accionamiento embrague		Hidráulico asistido por aire
Tipo		T/M 6 Vel. (D/D)
Reversa		6.58
Relación final de eje		6.143

		CHASIS
Dirección	Tipo	Asistida hidráulicamente de tornillo y bolas recirculantes
Suspensión delantera	Tipo	Ballesta semi-elíptica
	Capacidad (kg)	6,300
Suspensión trasera	Tipo	Ballesta semi-elíptica
	Eje	Totalmente flotante
Amortiguadores	Capacidad (kg)	9,200
		2 delanteros hidráulicos telescópicos, doble acción
Sistema de freno	Tipo	100% Aire con secador
	Delantero	Tambor
	Trasero	Tambor
	Freno de ahogo	Si
	Freno parqueo	Sobre ruedas posteriores
Medidas de llantas		275/70R22.5

		PESOS Y CAPACIDADES
Peso vacío (kg)		5,015
Peso bruto vehicular (kg)		15,000
Capacidad de carga (kg)		9,985
Tanque de combustible (L / gal)		200

		SISTEMA ELÉCTRICO
Batería		12V 52Ah x 2
Alternador		24V-60A

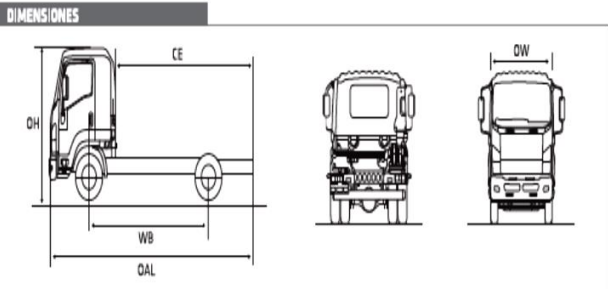
Regulaciones legales.
Regulaciones colombianas ambientales actuales.
Regulaciones del Ministerio de Transporte.
Garantía de motor: 1 año y/o 160,000 km.

APARIENCIA EXTERIOR
Corbatín Chevrolet
Sticker "Tecnología Isuzu"
Cabina abatible

PANEL DE INSTRUMENTOS
CONTROLES Y MEDIDORES
Ódómetro
Nivel de combustible
Tacómetro
Temperatura de refrigerador
Manómetro presión de aire
Velocímetro km/h
LUCES INDICADORAS
Baja presión de aceite
Baja presión de aire (alarma sonora)
Direccionales
Freno de parqueo / Falla del sistema de frenos
Freno de ahogo
Falla en sistema eléctrico
Luces de carretera altas
Temperatura del motor
SEGURIDAD
Cinturones de seguridad: 2 de 3 puntos y central de 2 puntos
Luces frontales halógenas
Pito eléctrico
Espejos retrovisores exteriores, 2 laterales y 1 frontal
Exploradoras
Canchos de remolque adelante y atrás
Bloqueo central de puertas
Tanque de combustible con llave

EQUIPO	
COMODIDAD Y APARIENCIA INTERIOR	
Encendedor de cigarrillo	
Bandeja en espaldar asiento central	
Apoyacabezas asiento conductor/pasajero integrado	
Asiento central	
Asientos en vinilo reclinables	
Tapetes piso en vinilo	
Columna de dirección telescópica y ajustable en posición	
Ceniceros en puerta del conductor (1)	
Ventilador y calefactor	
Parasol conductor y pasajero	
Limpiaparabrisas intermitente + 2 velocidades	
Motor con bujías de precalentamiento	
Radio CD con 2 parlantes y antena	No
Asiento conductor: neumático regulable en altura y posición	
Vidrios eléctricos	
Lavaparabrisas	
Manijas (2 manijas en puerta, 4 de acceso y 1 de techo)	
Bloqueo central	
Pantallas limpiaparabrisas (3)	
Llanta de repuesto	
Portavasos	
Cuarteras (1 de techo y 1 de millare)	
Cabina extendida	Si

DIMENSIONES	
WB	5,050
DAL	8,505
DH	2,720
DW	2,400
CE	6,284



Conozca nuestro completo portafolio de camiones.
Ingrese a www.chevrolet.com.co o comuníquese al 01 8000 124389 / 424 93 93 en Bogotá.

CONOCEMOS SU NEGOCIO

DRIVELINE AND CHASSIS SPECIFICATIONS

ENGINE: SITEC SERIES III 235 (ISUZU 6HK1-TCN)

Type: 6 cylinder 24 valve SOHC

Displacement: 7,790 cc

Compression Ratio: 17.5:1

Bore x Stroke: 115 mm x 125 mm

Max power (DIN-NET): 176 kW (236 HP) @ 2,400 RPM
(JIS Gross): 182 kW (244 HP) @ 2,400 RPM

Max torque (DIN-NET): 706 Nm (521 lb.ft) @ 1,450 RPM
(JIS Gross): 731 Nm (539 lb.ft) @ 1,450 RPM

Induction system: Electronically controlled variable nozzle turbocharger with air-to-air intercooler.

Fuel injection: Direct injection high pressure common rail system.

Emission control system: Cooled EGR with exhaust Diesel Particulate Diffuser (DPD). ADR 80/03 (Euro V) compliant. EEV compliant.

CLUTCH (MANUAL/AMT TRANSMISSION MODEL)

Standard model:

- Air assisted hydraulically control. Single plate 381 mm diameter.
- Total lining area: 1,363 cm²

Premium Pack:

- Fully automated hydraulically controlled wet clutch and fluid coupling with lock up.

TRANSMISSION

ISUZU MZW-6P (except auto model)

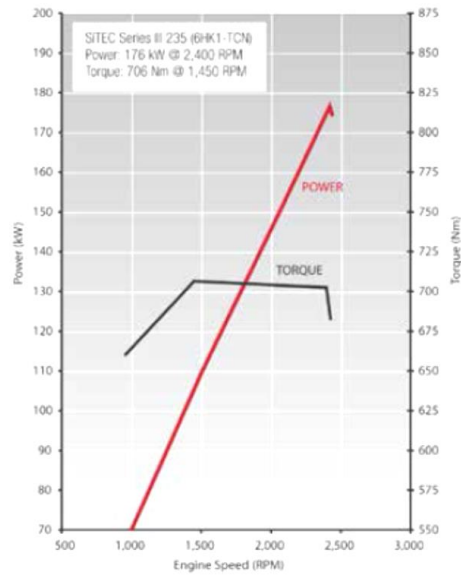
- Synchromesh on gears 2-6. Triple cone synchromesh on 2nd and 3rd gears. Integral oil pump provides full pressure lubrication.
 - PTO provision on LHS of transmission case. PTO drive from mainshaft gear.
 - Gear ratios (:1)
- | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | Rev |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6.615 | 4.095 | 2.358 | 1.531 | 1.000 | 0.722 | 6.615 |

Standard model:

- 6 speed manual with air assisted shift.

Premium Pack:

- 6 speed Automated Manual Transmission (AMT) with both fully automatic and clutchless manual operation modes.



BRAKES

- Dual circuit air over hydraulic front and rear drum brakes.
- ABS.
- ASR traction control.
- Hill Start Aid (HSA) - except auto model.
- Front drum size: 370 x 150 mm
- Rear drum size: 370 x 150 mm

RML2000

Coriolis Mass Flow Custody Transfer

The Next Wave of LP Gas Measurement Accuracy On the Bobtail



It's here...fully electronic flow measurement and transaction management on the bobtail. Successful in industrial applications for decades, proven Actaris Coriolis mass measurement technology now goes mobile on the bobtail.

Reducing costs today...and tomorrow

Coriolis mass measurement reduces LP Gas under-measurement—thanks to outstanding accuracy stability between yearly calibrations. Compared to traditional mechanical flowmeters, the Actaris mass flowmeter offers better accuracy with higher flow rates over a longer service life, thanks to its unobstructed dual vibrating tube design. No-moving-part technology reduces maintenance costs related to both product measurement and registration.

The Coriolis mass flowmeter provides volumetric flow measurement of LP Gas when interfaced with the same E4000 Electronic Register used with Actaris Type 4D-MT mechanical flowmeters. With the outstanding flexibility of the E4000 Register, the Actaris mass flow system allows an upgrade path not obtainable with competitive electronic transaction management systems. Electronic temperature compensation further enhances measurement accuracy.

The E4000 menu-driven register functions are easy to learn and remember. Interfacing through common handhelds and laptops makes data management fast and easy between truck and office.

Easy implementation

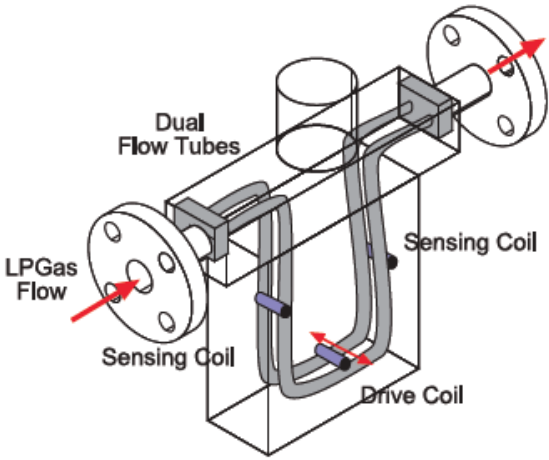
Accuracy savings aside, the space-efficient Actaris system is cost-

effective to implement on both new and existing vehicles. Retrofitting is easy using existing Actaris vapor releases and differential valves.

Here's stable accuracy, reduced maintenance, fast payback, plus the most cost-effective upgrade path in the market. Couple these benefits with strong Actaris support, and you can start realizing the benefits of total electronic operations today.

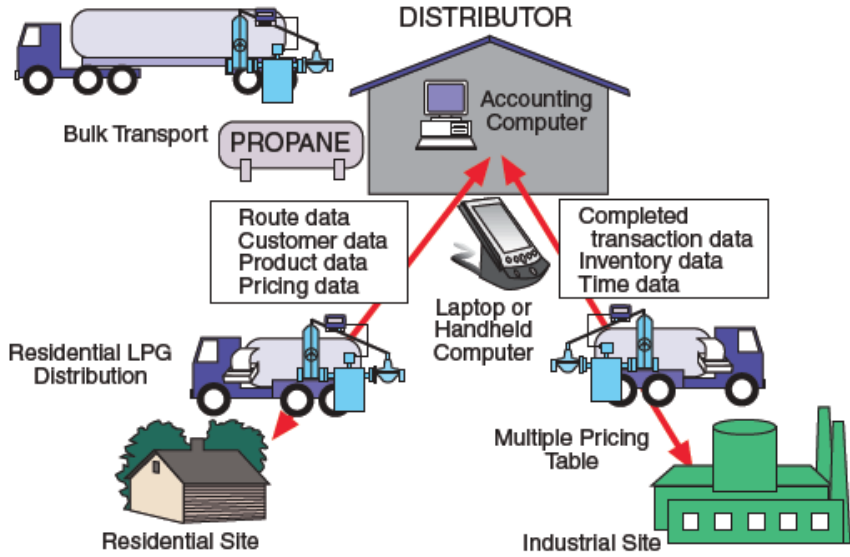


TS-614 Coriolis Mass Flow Custody Transfer



Dual Flow Tube Coriolis Technology For Stable Accuracy

A drive coil causes the tubes to vibrate. Fluid flow through the tubes causes them to twist. This twist, directly proportional to the mass flow rate of the fluid, is measured by two sensing coils. Electronics convert the resulting mass flow rate signal to volumetric flow for LP Gas delivery.

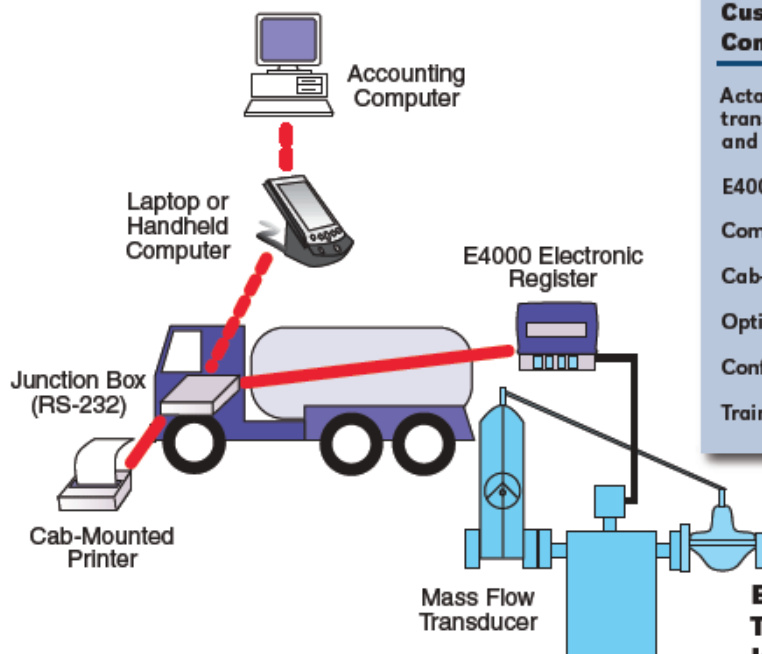


Comprehensive Information Flow, From Unloading Through Distribution

TS-614 Coriolis Mass Flow Custody Transfer

Features and benefits

- Reduced product losses between yearly calibrations
- No-moving-part technology means more reliable operation, less downtime and longer life cycles
- Typical payback less than two years based on accuracy stability alone
- High-frequency electronic temperature compensation sampling for improved accuracy
- Easy-to-use E4000 Electronic Register
- Electronic register handles multiple products and multiple pricing tables
- Electronic capture of all transaction data eliminates manual errors
- From simple pump and print to full electronic inventory management—all in one model without upgrades
- Communicates easily with office accounting and route management applications
- Actaris Coriolis mass flowmeters have applications from the bulk terminal to the end user: bulk transport, multi-product distribution, residential distribution, fuel oils, gasoline, aviation fuels
- Established technology in a new application—from a long-established name in LP Gas bobtail metering
- Actaris service and support



Actaris Mass Flow Custody Transfer System Components

Actaris Coriolis mass flow transducer with vapor release and differential control valve

E4000 Electronic Register

Compact junction box

Cab-mounted printer

Optional flow valve

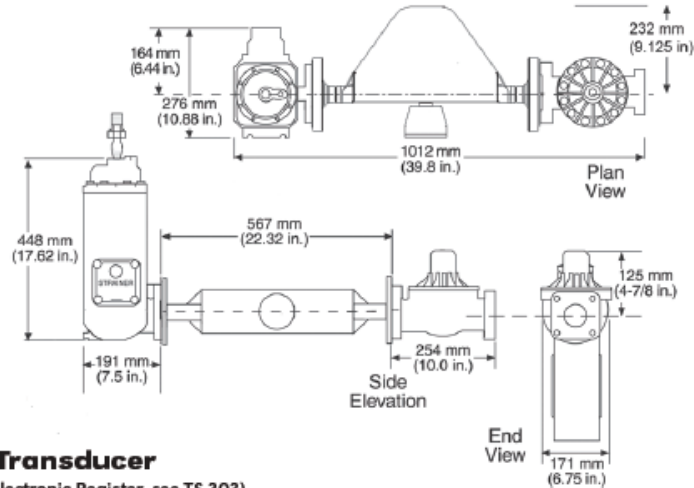
Configuration software

Training, support and consulting

**Easily Applied
To Conventional Truck
Installations**

TS-614 Coriolis Mass Flow Custody Transfer

Coriolis Mass Flow Transducer Dimensions



Specifications

Coriolis Mass Flow Transducer

(For specifications on the E4000 Electronic Register, see TS-303)

PHYSICAL

Wetted parts	316L stainless steel
Sensor housing	304L stainless steel
Signal transmitter	CF-3M stainless steel
Weight (transducer only), kg (lb)	13 (28)
Line size, mm (in.)	51 (2)

PERFORMANCE

Approved volumetric flow rate, litres/min (gpm)	30-310 (8-82)
---	---------------

ENVIRONMENTAL

Temperature range (E4000 Register) ¹ , °C (°F)	-30-55°C (-22-131°F)
Pressure rating, bar (psi)	24 (350)

APPROVALS

UL and CSA

Class I, Div. 2, Groups A, B, C, and D (when properly connected to a Actaris E4000 Electronic Register) pending NTEP approval to Handbook 44 and NCWM Publication 14

Weights and Measures

¹There is no ambient temperature limit for the transducer.



Neptune Liquid Measurement Division
 Tel.: (800) 833-3357
 Fax: (864) 223-0341
 E-mail: info@neptuneflowmeter.com
 www.neptuneflowmeter.com

ANEXO E. RECOMENDACIONES PARA EL MONTAJE BOMBAS PARA EL TRASIEGO DE GLP.

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.

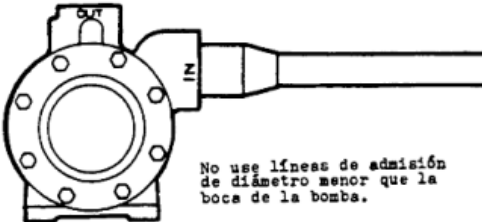
Este folleto se utiliza en CORKEN TRAINING SCHOOLS (Escuelas de Capacitación CORKEN). CORKEN coopera con los distribuidores de gas, asociaciones del ramo, y otros grupos, conduciendo programas de capacitación completos, para personas involucradas en el trasiego de gas licuado. Estas presentaciones incluyen 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.

1

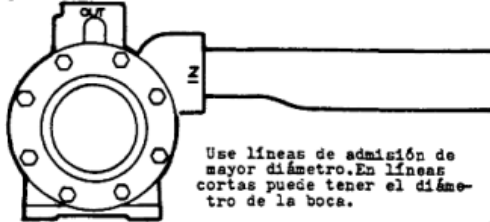
¡No!



No use líneas de admisión de diámetro menor que la boca de la bomba.

2

¡Si!

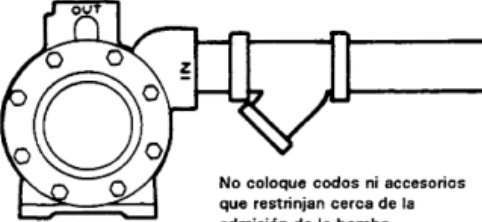


Use líneas de admisión de mayor diámetro. En líneas cortas puede tener el diámetro de la boca.

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

3

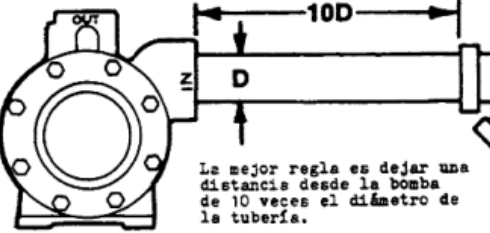
¡No!



No coloque codos ni accesorios que restrinjan cerca de la admisión de la bomba.

4

¡Si!

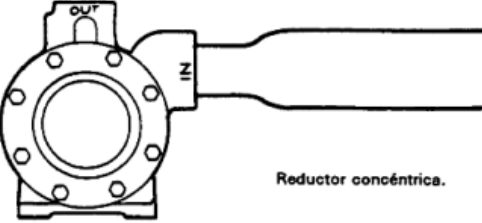


La mejor regla es dejar una distancia desde la bomba de 10 veces el diámetro de la tubería.

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

5

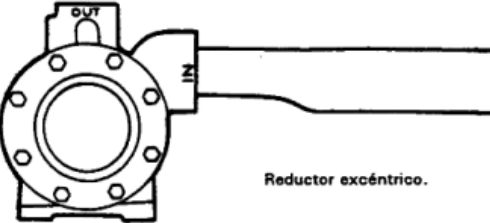
¡No!



Reductor concéntrica.

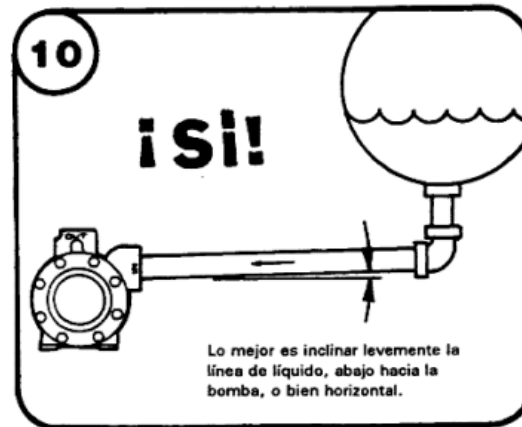
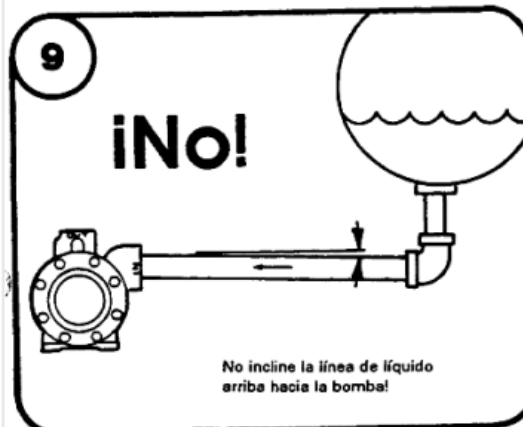
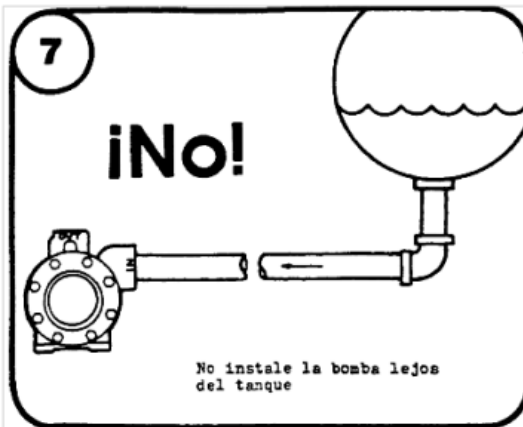
6

¡Si!

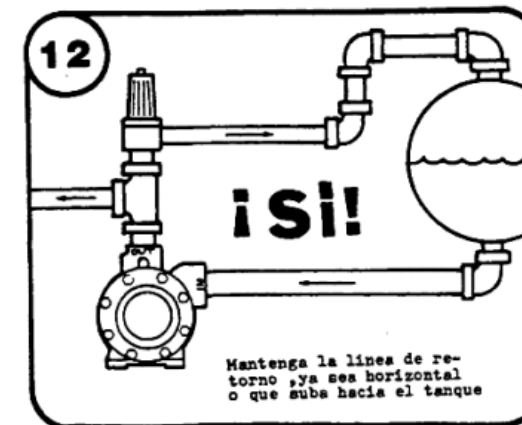
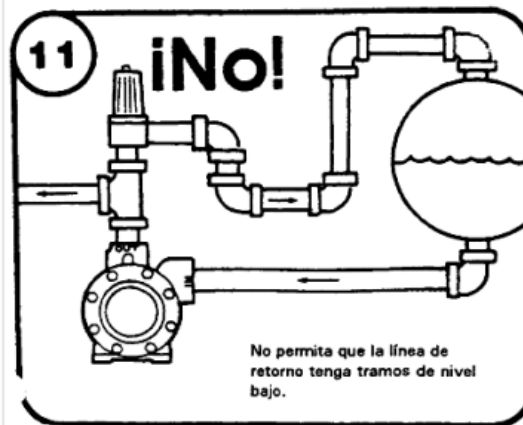


Reductor excéntrico.

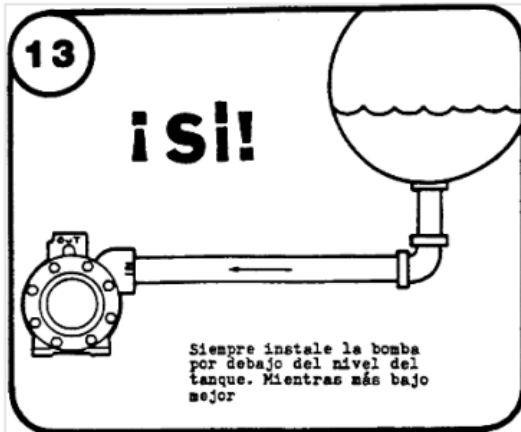
Siempre que vaya a reducirse el diámetro de la entrada de la bomba, y que además exista posibilidad de formación de vapor durante el bombeo, debe instalarse un reductor excéntrico. La porción superior plana del reductor evita que se acumule vapor, el que podría interferir en el funcionamiento de la bomba.



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 reemplazado por líquido.



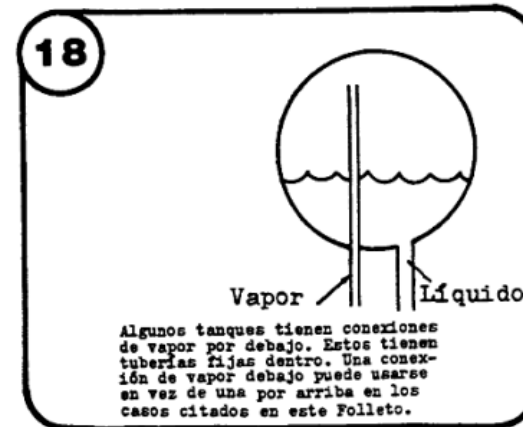
Los puntos bajos de la línea de retorno pueden recoger líquido, que impediría el paso normal del vapor para el cebano de la bomba, del mismo modo que la trampa P en el fregadero de la cocina. Esto no implica ningún problema en las líneas de retorno donde no se requiere la eliminación del vapor.

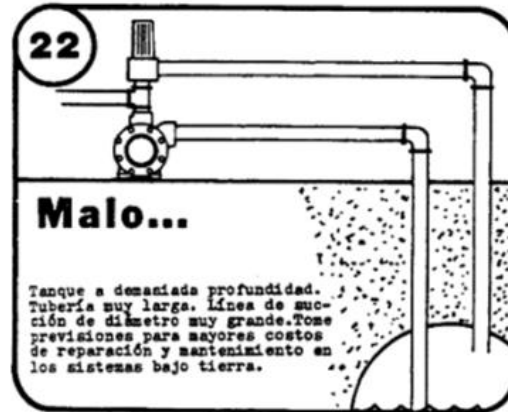
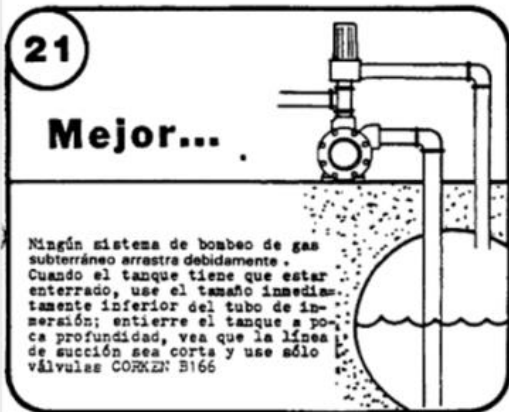
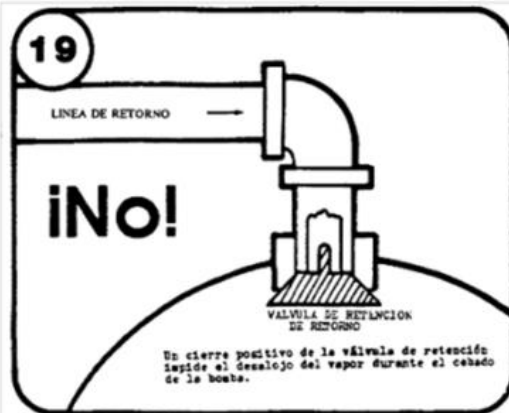


Puesto que el gas licuado ebulle cuando es arrastrado por la succión de la bomba, la alimentación de ésta debe ser por gravedad, para obtener una operación estable, libre de problemas.



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.



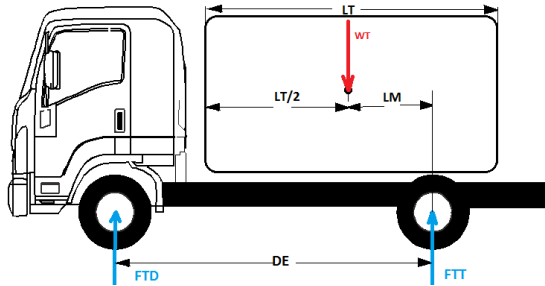


Quando necesite bombear desde tanques de almacenamiento enterrados, consulte datos de Ingeniería, Pág. 2 402



ANEXO F. CALCULO DE DISTRIBUCION DE TANQUE SOBRE EL CHASIS

Para la posición de tanque respecto al chasis del vehículo se tienen en cuenta la capacidad de carga máxima del eje trasero y delantero valores dados por el fabricante, según ficha técnica (ver anexo adjunto)



LT=

DE=5.050 m.

LM=?

V=3240 GL

$\rho_{glp} = 2.1 \text{ Kg/GL}$

$WT = W + WGLP$ donde:

W= Peso tanque vacío = 3520 kg

WGLP= Peso de GLP cuando el tanque se llena a su capacidad máxima permitida (95%)

$WGLP = \text{Capacidad tanque} \times \% \times \text{densidad} = 3240 \text{ (GL)} \times 0.95\% \times 2.1 \left(\frac{\text{kg}}{\text{GL}}\right) = 6464 \text{ Kg}$

$WT = 3520 + 6464 = 9984 \text{ Kg}$

De la ficha técnica del vehículo se tiene:

Capacidad máxima eje delantero = 6300 Kg

Capacidad máxima eje trasero = 9200 Kg

Peso eje delantero vacío = 2800 Kg; carga máxima disponible= 6300-2800 = 3500 Kg

Peso eje trasero vacío = 1555 Kg; carga máxima disponible= 9200-1555 =7645 Kg

Para el cálculo de la carga máxima en el eje trasero es necesario tener en cuenta el peso de sistema de trasiego el cual es estimado en 500 Kg. Por lo tanto la carga máxima disponible para en eje trasero es de 7145 Kg.

Del diagrama de fuerzas se tiene:

$$FTD + FTT = WT \quad (1)$$

Del diagrama de momentos se tiene:

$$FTD(DE - LM) = FTT \times LM \quad (2)$$

Al sustituir la ecuación 1 en la ecuación 2 se tiene:

$$FTD(DE - LM) = (WT - FTD)LM$$

$$FTD * DE - FTD * LM = WT * LM - FTD * LM$$

$$FTD * DE = WT * LM$$

$$LM = \frac{FTD * DE}{WT} \quad \text{Si} \quad \frac{DE}{WT} = \frac{5.050}{9984} = 5.058E^{-4} = k$$

$$LM = k * FTD \quad (3)$$

De la ecuación 3 se tiene:

$LM = 5.058E^{-4} * 3500 = 1.77 \text{ m}$. Es decir el centro del tanque se debe ubicar a máximo a 1.77 metros del eje trasero para no sobrecargar el eje delantero.

De la ecuación 3 y remplazando $FTD=WT-FTT$ se tiene:

$LM = 5.058E^{-4} * (9984 - 7145) = 1.44 \text{ m}$. Es decir para no sobrecargar el eje trasero el centro del tanque debe estar a mínimo 1.44 m del eje trasero.

Del análisis anterior se concluye que el centro del tanque debe estar entre 1.44 m y 1.77 m respecto al eje trasero.

ANEXO G. CALCULO HIDRAULICO DEL SISTEMA

Para determinar la longitud equivalente se emplean las tablas dadas por el fabricante de válvulas Rego.

Linea	Accesorio	Diametro	Cantidad	Asumida como	Lequivalente	Total Lequ.	Diametro equivalente
SUCCION	Valvula exceso de flujo	2"	1	valvula globo	10,51	10,51	2"
SUCCION	valvula bola	2"	1		0,36	0,36	2"
SUCCION	Filtro en y	2"	1	valvula globo	10,51	10,51	2"
SUCCION	codos a 90	2"	3		4,4	13,2	2"
SUCCION	tuberia	2"	4		1	4	2"
LONGITUD EQUIVALENTE LINEA DE SUCCION TUBERIA 2"						38,58	2"

Linea	Accesorio	Diametro	Cantidad	Asumida como	Lequivalente	Total Lequ.	Diametro equivalente
DESCARGA	tuberia	2"	5		1	5	2"
DESCARGA	codo a 90	2"	2		1,34	2,68	2"
DESCARGA	valvula de bola	2"	1		0,36	0,36	2"
DESCARGA	reduccion excentrica	2"-1 1/4"	1		0,58	0,58	2"
LONGITUD EQUIVALENTE LINEA DE DESCARGA TUBERIA 2"						8,62	

Linea	Accesorio	Diametro	Cantidad	Asumida como	Lequivalente	Total Lequ.	Diametro equivalente
DESCARGA	filtro en y	1 1/4"	1	valvula de globo	5,8	5,8	1 1/4"
DESCARGA	valvula check	1 1/4"	1		5,8	5,8	1 1/4"
DESCARGA	reduccion excentrica	1 1/4- 1	1		0,4	0,4	1 1/4"
DESCARGA	medidor masico	1"	1	valvula de globo	4,87	4,87	1 1/4"
DESCARGA	codo a 90	1 1/4"	4		0,9	3,6	1 1/4"
DESCARGA	valvula de corte	1 1/4"	1	valvula de globo	5,8	5,8	1 1/4"
DESCARGA	tuberia	1 1/4"	5,5		1	5,5	1 1/4"
DESCARGA	valvula de bola	2 1/4"	1		0,24	0,24	1 1/4"
DESCARGA	reduccion excentrica	1-1/4"	1		0,52	0,52	1 1/4"
TOTAL EQUIVALENTE LINEA DE DESCARGA TUBERIA 1 1/4"						32,53	

Linea	Accesorio	Diametro	Cantidad	Asumida como	Lequivalente	Total Lequ.	Diametro equivalente
DESCARGA	Manguera de GLP	1 1/4"	40		1	40	1"
DESCARGA	Acople check manguera	1 1/4"	1	valvula check	3,66	3,66	1"
DESCARGA	Adaptador llenado tanque	1 1/4"	1	valvula chek	3,66	3,66	1"
TOTAL EQUIVALENTE LINEA DE DESCARGA TUBERIA 1 1/4"						47,32	

Datos de entrada

Gravedad especifica del GLP= 0.58

Densidad del GLP = 570 kg/m³

Capacidad de la bomba= 50 GPM = 0.003155 (m³/s)

Diámetros tubería: 2" (Di= 49.22 mm)

Diámetro de la tubería 1 ¼" (Di=32.5 mm)

Velocidad tubería 2"=1.66 m/s

Velocidad tubería 1 ¼"=3,8m/s

Diámetro manguera = 1 1/4" (31.8 mm)

Velocidad manguera 1 1/4"=3,97 m/s

Rugosidad absoluta manguera (mm)=0.0015.

Rugosidad absoluta acero (mm)=0.045.

Viscosidad dinámica del GLP (Pa*s)= 0.001.

Calculo número de Reynolds

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

D =diámetro interno de la tubería (m).

v = velocidad de fluido (m/s).

ρ =densidad del (m³/s).

μ =viscosidad dinámica (Pa.s).

Calculo del factor de fricción utilizando el diagrama de moody

Línea de 2"

$Re = 46571$ flujo turbulento.

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0.045}{49.22} = 0.000914$$

$$f = 0.024$$

Línea de 1 ¼"

$Re = 70395$ flujo turbulento.

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0.045}{32.5} = 0.00138 f = 0.023$$

Manguera 1 ¼"

$Re = 71960$ flujo turbulento.

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0.0015}{31.8} = 0.000047 f = 0.0197$$

Calculo de perdidas

$$hf = f \frac{Lv^2}{2 * D * g}$$

Línea de succión

$$hfs = 0.024 \frac{38.58 * 1.668^2}{2 * 0.04922 * 9.81} = 2.64 \text{ m} = \mathbf{8.65 \text{ ft}}$$

Líneas de descarga tubería 2 “

$$hfd1 = 0.023 \frac{8.62 * 1.66^2}{2 * 0.04922 * 9.81} = 0.57 \text{ m} = \mathbf{1.85 \text{ ft}}$$

Líneas de descarga tubería 1 1/4 “

$$hfd2 = 0.024 \frac{32.53 * 3.8^2}{2 * 0.0325 * 9.81} = 17.7 \text{ m} = \mathbf{58 \text{ ft}}$$

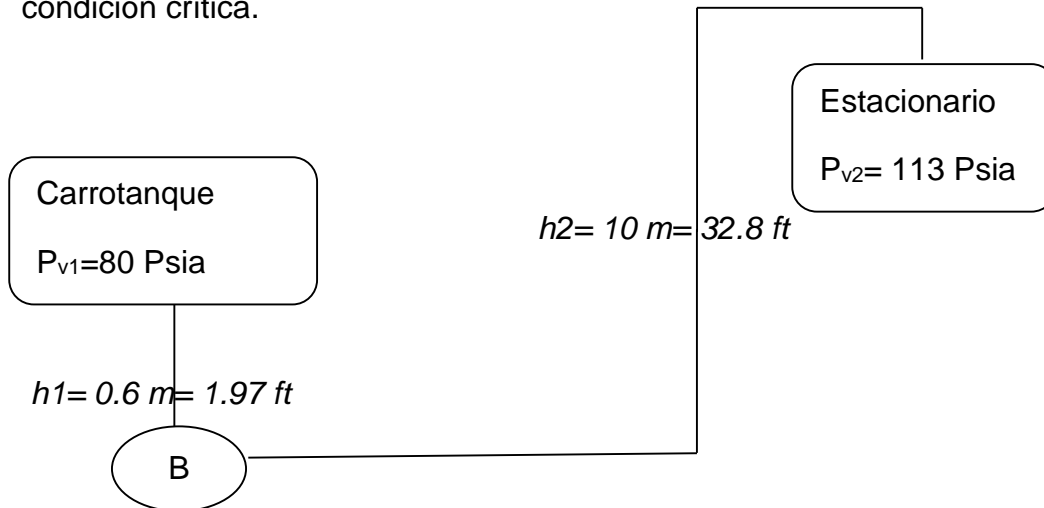
Líneas de suministro (manguera) 1 1/4”

$$hfd3 = 0.0197 \frac{47.32 * 3.97^2}{2 * 0.0318 * 9.81} = 23.54 \text{ m} = \mathbf{77.3 \text{ ft}}$$

Pérdida total línea de descarga= 41.81 metros.=**138 ft.**

Calculo diferencial de presión de la bomba

Para el cálculo de la presión diferencial de bomba se considera la siguiente condición crítica.



- P_{v1} = presión GLP con composición 70% butano 30 % propano a 25 °C
- P_{v2} = Presión GLP con composición 40% Butano 60% propano a 25 °C
- El suministro se realiza sin conexión de la línea de vapor
- El tanque estacionario está ubicado a una altura de 10 m
- El nivel de líquido en el carrotanque se debe mantener por encima es de un 5 % que corresponde a 10 cm (0.33 ft), de líquido.
- La bomba se instala aprox. 50 cm bajo el tanque

Calculo altura de succión

La presión de succión se calcula teniendo en cuentas la cabeza de presión en la superficie del fluido, la elevación de líquido entre el recipiente y la bomba y las perdidas por fricción en la línea de succión, como se muestra a continuación:

$$h_{in} = h_{t1} - h_s + h_1$$

Donde,

h_{in} = cabeza de presión en la succión (ft)

h_{t1} = cabeza de presión estática (ft)

h_s = pérdida en línea de succión (ft) = 8.65 ft

h_1 = altura por elevación de la bomba (ft) = 1.97 ft.

Calculo cabeza de presión estática

$$ht1 = \frac{2.3066 * Pab}{S.G}$$

Donde

Pab= presión absoluta en la superficie del líquido (Psia)

S.G= Gravedad especifica del GLP = 0.58

$$ht1 = \frac{2.3066 * (80)}{0.58} = 318 \text{ ft}$$

$$hin = 318 - 8.65 + 1.97 = 307 \text{ ft}$$

Calculo altura de descarga

$$hde = ht2 + hs2 + h2$$

Donde,

hde= cabeza de presión en la descarga (ft)

ht2= cabeza de presión estática (ft)

hs2=perdida en línea de descarga (ft)=138 ft

h2=altura por elevación (ft)=32.8 ft.

$$ht2 = \frac{2.3066 * Pab}{S.G}$$

$$ht2 = \frac{2.3066 * (113)}{0.58} = 449.38 \text{ ft}$$

$$hde = 449.38 + 138 + 32.8 = 620.18 \text{ ft}$$

Calculo cabeza de presión diferencial

$$hb = hde - hin$$

$$hb = 620.18 - 307 = 313 \text{ ft}$$

Presión diferencia en Psi

$$Pd = \frac{hb * S.G}{2.3066} = \frac{313 * 0.58}{2.3066} = 79 \text{ psi}$$

Calcula altura máxima a la cual se puede bombear el GLP al conectar la línea de retorno de vapor.

Se asume que las presiones del carrotanque y la presión del tanque estacionario son iguales

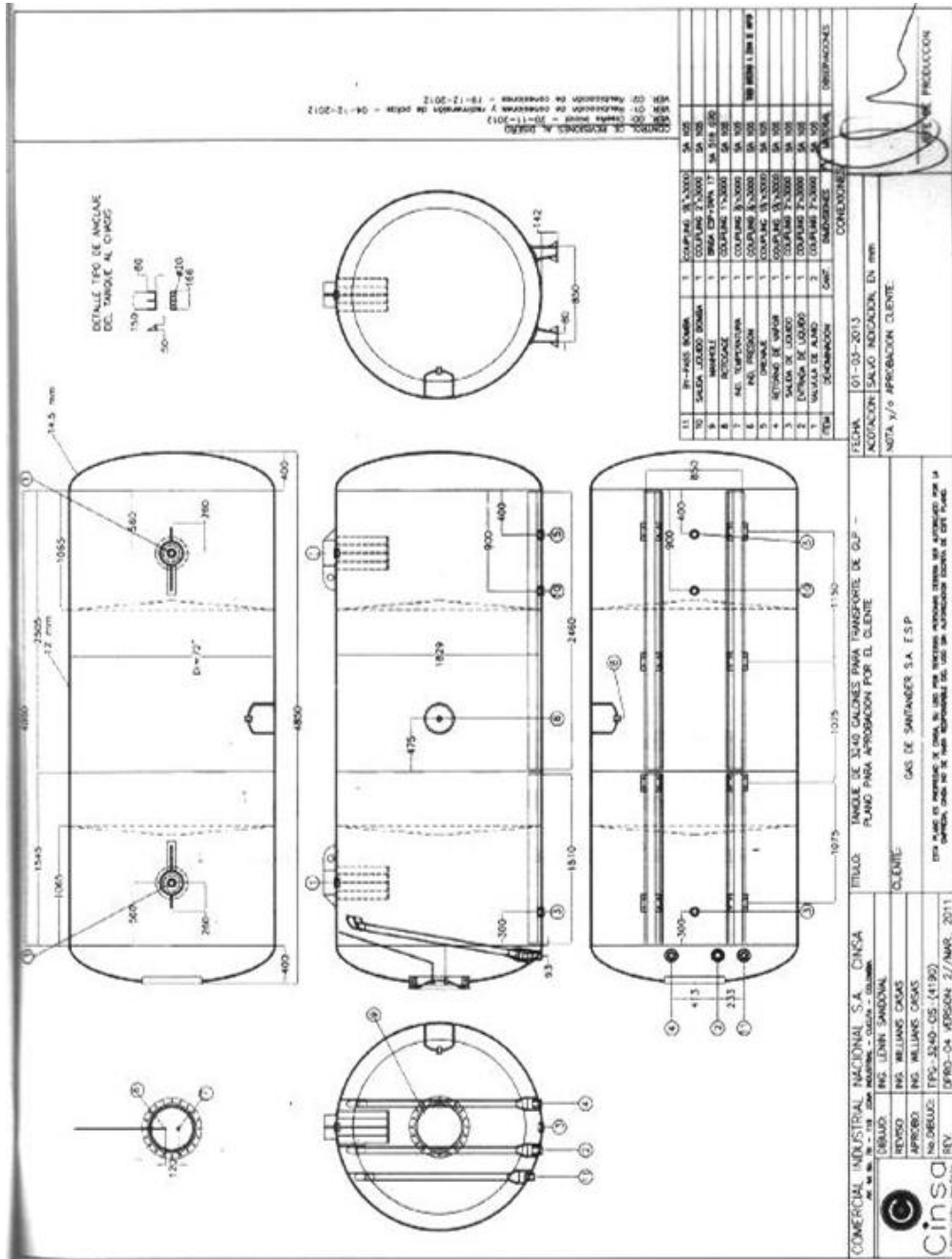
La presión diferencial se debe limitar a 115 Psi

$$hb = \frac{2.3066 * 115}{0.58} = 457 \text{ ft}$$

$$h2max = hb - hs2 - hs1 + h1$$

$$h2max = 457 - 138 - 8.65 + 1.97 = 312 = 95 \text{ m}$$

ANEXO I. PLANO DEL TANQUE 3240 Gal



ANEXO J. LOGITUD EQUIVALENTE PARA ACCESORIOS Y VALVULAS







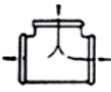
Equivalencias en longitudes de tuberías para varias válvulas y conexiones

Conexión	Longitud equivalente de tubería de acero (pies)													
	Tamaño nominal de tubería (NPT)													
	Cédula de 3/4 "		Cédula de 1 "		Cédula de 1 1/4 "		Cédula de 1 1/2 "		Cédula de 2 "		Cédula de 2 1/2 "		Cédula de 3 "	
	40	80	40	80	40	80	40	80	40	80	40	80	40	80
Codo roscado de 45°	1.2	0.9	1.3	1.2	1.7	1.5	2.0	1.8	2.6	2.4	3.0	2.8	3.8	3.7
Codo roscado de 90°	1.8	1.6	2.3	2.1	3.1	2.9	3.7	3.4	4.6	4.4	5.3	5.1	6.9	6.5
Te roscada flujo directo	1.4	1.3	1.7	1.6	2.4	2.3	2.8	2.6	3.6	3.3	4.2	4.0	5.4	5.0
Te roscada flujo desviado	4.6	4.0	5.6	5.3	7.9	7.3	9.3	8.6	12.0	11.0	15.0	14.0	17.0	16.0
Válvula de globo roscada*	14.0	10.0	21.0	16.0	24.0	19.0	39.0	27.0	42.0	34.5	24.0	20.0	46.0	39.0
Válvula angular roscada*	11.0	8.0	13.0	10.0	10.5	8.5	20.0	16.0	32.0	26.5	7.5	6.0	19.0	16.0
Válvula de globo bridada*	—	—	—	—	—	—	30.0	24.0	41.0	34.0	—	—	46.0	39.0
Válvula angular bridada*	—	—	—	—	—	—	12.0	10.0	14.5	12.0	—	—	19.0	16.0




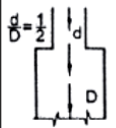
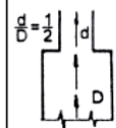


Válvulas Serie A7500 RegO®

PERDIDAS POR FRICCION EN ACCESORIOS

(LONGITUD EQUIVALENTE DE CAÑO RECTO DEL MISMO DIAMETRO EN METROS)

Diámetro nominal de los caños normales								
		VALVULA ESCLUSA TOTALMENTE ABIERTA	VALVULA GLOBO TOTALMENTE ABIERTA	VALVULA ANGULO TOTALMENTE ABIERTA	VALVULA DE RETENCION	CODO NORMAL O TE DE 6 MM DE REDUCCION	CURVA NORMAL O TE NORMAL	TE NORMAL
mm	Pulg.							
12	1/2	0,12	5,18	2,44	1,22	0,46	0,3	1
19	3/4	0,15	6,71	3,36	1,83	0,61	0,45	1,37
25	1	0,18	8,24	4,27	2,44	0,82	0,52	1,74
32	1 1/4	0,24	11	5,49	3,66	1,07	0,7	2,32
38	1 1/2	0,3	13,12	6,71	4,27	1,31	0,82	2,74
51	2	0,36	16,78	8,24	5,8	1,68	1,07	3,66
63	2 1/2	0,43	20,43	10,06	7,01	1,98	1,28	4,27
76	3	0,52	25,01	12,5	9,76	2,44	1,59	5,18
102	4	0,7	33,55	16,16	13,12	3,36	2,14	6,71
127	5	0,88	42,7	21,35	17,69	4,27	2,74	8,24
152	6	1,07	51,85	24,4	20,74	4,88	3,36	10
203	8	1,37	68,02	36,6	-	6,1	4,27	13,12
254	10	1,77	85,4	42,7	-	7,93	5,18	16,16
305	12	2,07	100,65	48,8	-	9,76	6,1	20,74
356	14	2,44	115,9	58	-	11,28	7,32	23,79
406	16	2,74	134,2	67,1	-	12,81	8,24	26,84

UNA VALVULA DE PIE PUEDE SER DESPRECIADA SI SU SECCION DE PASAJE ESTA BIEN DIMENSIONADA

Diámetro nominal de los caños normales								
		TE NORMAL CON SALIDA LATERAL	CODO 45°	CODO 180°	ENSANCHAMIENTO BRUSCO	CONTRACCION BRUSCA	ENTRADA ORDINARIA	ENTRADA DE BORDA
mm	Pulg.							
12	1/2	1	0,24	1,09	0,3	0,18	0,27	0,49
19	3/4	1,37	0,3	1,52	0,45	0,24	0,4	0,61
25	1	1,74	0,4	1,83	0,52	0,3	0,46	0,76
32	1 1/4	2,32	0,51	2,53	0,7	0,4	0,61	1,04
38	1 1/2	2,74	0,61	3,05	0,82	0,45	0,73	1,22
51	2	3,66	0,76	3,96	1,07	0,58	0,91	1,52
63	2 1/2	4,27	0,92	4,58	1,28	0,67	1,1	1,83
76	3	5,18	1,16	5,49	1,59	0,85	1,37	2,38
102	4	6,71	1,52	7,32	2,14	1,16	1,83	3,26
127	5	8,24	1,92	9,46	2,74	1,43	2,29	4,12
152	6	10	2,29	11,28	3,36	1,77	2,74	4,7
203	8	13,12	3,05	15,55	4,27	2,29	3,96	6,07
254	10	16,16	3,96	18,6	5,18	3,05	4,58	7,47
305	12	20,74	4,58	22,57	6,1	3,66	5,49	9,09
356	14	23,79	5,18	25,92	7,32	3,96	6,1	10,64
406	16	26,84	5,8	30,5	8,24	4,58	7,02	12,2

ANEXO K. DIAGRAMA DE MOODY

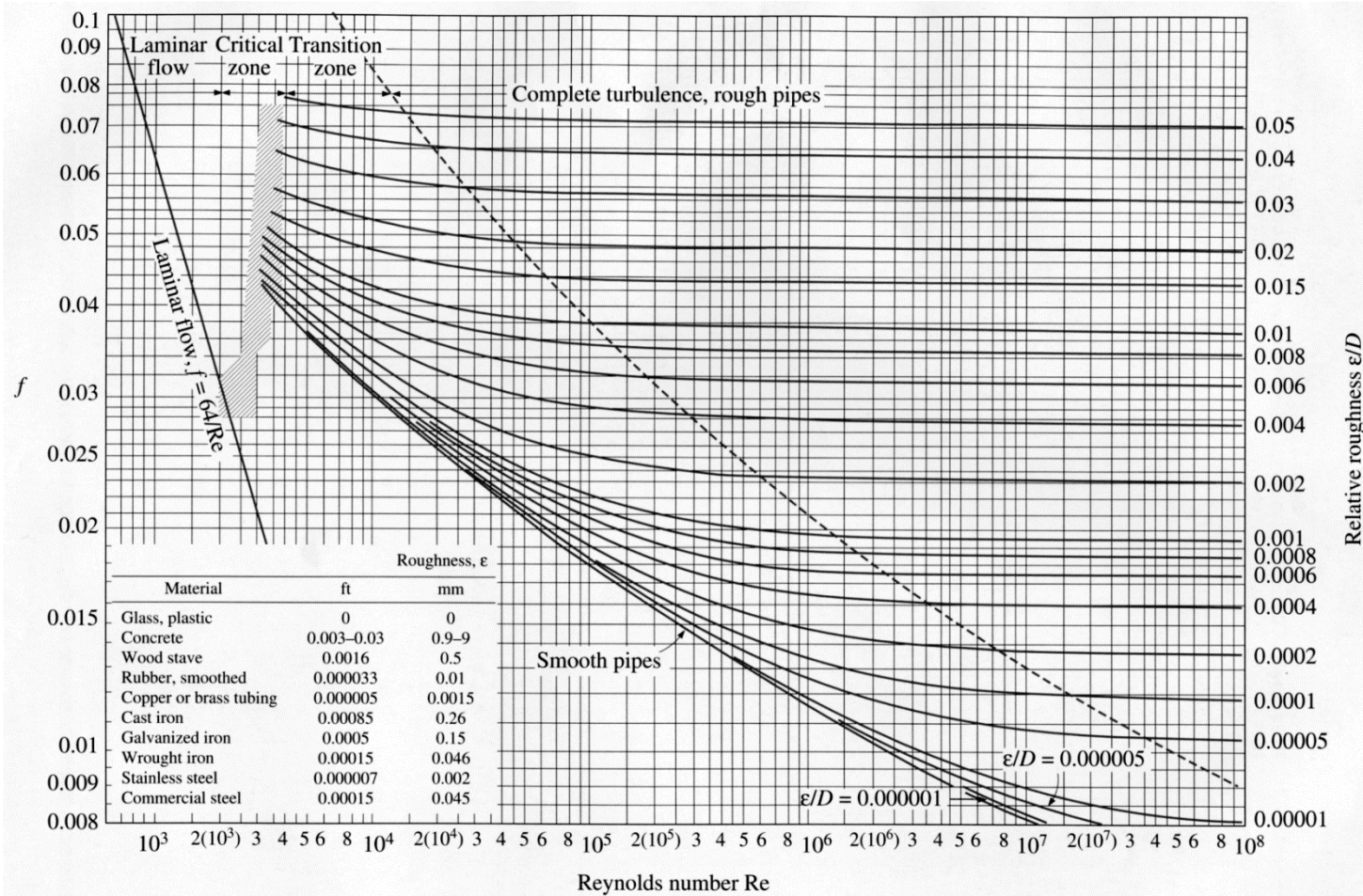


FIGURE A-27

The Moody chart for the friction factor for fully developed flow in circular tubes.

ANEXO L. MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRASIEGO CON MEDIDOR MASICO CORIOLIS

La operación del sistema de trasiego debe seguir el siguiente orden

1. Instale los elementos de señalización (conos y aviso de trasiego)



2. Verifique los valores de presión y nivel del tanque estacionarios



El nivel del tanque estacionario debe ser inferior al 90 %

Si la presión del tanque estacionario es mayor a la presión del carrotanque, se debe conectar la manguera de retorno de vapor.

3. Realice la conexión de la manguera de líquido o líquido y vapor según sea el caso.



- Oprima la tecla F en el display del sistema RI-505.



Saldrá el mensaje presente ID.

- Acerque el TAG de acceso Al display del RI-505



- Oprima la tecla enter ← para acceder al sistema y busque el nombre del cliente o digite el numero del cliente.



- Oprima el interruptor de accionamiento instalado en la cabina del vehículo para abrir la válvula interna.



- A continuación y en un tiempo menor a 3 segundos de haber activado el interruptor oprima a fondo el pedal del embrague, para engranar el tomafuerza.



- Oprima la tecla enter ← saldar el mensaje DESEA INICIAR



10. Oprima la tecla enter y a continuación digite el número de kilogramos a despachar, si el despacho se realiza por nivel del tanque estacionario oprima dos veces para continuar.

11. abra la válvula de suministro de la manguera de líquido.



Una vez abierta la válvula inicia el suministro



12. Cuando el nivel del tanque estacionario llegue a máximo el 93 % cierre la válvula de la manguera de líquido para terminar el suministro. Saldrá el mensaje IMPRIMIENDO.

