

**SMITH
PUMPS**

EL MANEJO EFICAZ DEL GAS L.P.

Boletín 202

(Rev. E)

ACLARACIONES DE IMPORTANCIA

LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA. Concedemos que muchos casos difieren entre la teoría y la práctica. Los datos ofrecidos en este boletín y en la otra literatura, son en su mayor parte, empíricos y su propósito es ilustrar como se evitan los problemas más graves que afectan las bombas en las transferencias de Gas L.P.. Es posible que los datos en este boletín o en la otra literatura informativa, aparenten ser discrepantes o muy teóricos comparados con lo que haya aprendido una persona académicamente, sobre el Gas L.P.. *En tal caso, cabe la posibilidad de que el resultado observado haya sido afectado por circunstancias no tan obvias, o que existan otros factores dinámicos que no se hayan figurado en los cálculos actuales.*

Con todo respeto a la representación teórica, la exposición de los conceptos válidos, siempre tiene que ser de acuerdo con la realidad. Naturalmente no son aceptables las ideas insustanciales o mal entendidas. Por eso, es menester que la persona que transcriba los datos empíricos ejerza originalidad, responsabilidad y mucho cuidado. De acuerdo con este criterio, seguimos observando y analizando los efectos de la conducción en los equipos.

LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS. Estos estudios técnicos siempre requieren al traductor un alto nivel de *objetividad*. Las definiciones concretadas por *la práctica* demandan que su traducción a otro idioma sea profunda y comprensiva. De lo contrario se presentaría en una forma muy subjetiva, literal o superficial.¹

Hay muchas fuentes de informes técnicos sobre el Gas L.P.. Entre éstos, se incluyen los textos americanos en inglés, escritos originalmente hace muchos años. Ciertos términos en los "textos clásicos" extranjeros, críticos para la comprensión técnica, nunca se han prestado a la "sencilla transposición de palabras". Por eso, el profesional responsable en este campo, transmite lógicamente las *ideas* relacionadas. Pero además de ser buen traductor, requiere por lo menos un poco de sobre entendimiento².

¹ Los modelos comunes de cálculo suponen que las condiciones de flujo se mantendrán fijas. En la realidad, el manejo del gas licuado por naturaleza muestra su carácter *variable*. Mientras seguimos analizando las bombas usadas, las que nos devuelven continuamente bajo el Plan de Cambio, nos proporcionan la evidencia continua que permite la actualización de nuestros equipos y nuestras recomendaciones. Sigán estas recomendaciones y diseñen cuidadosamente el sistema de transferencia. Véanse el Boletín "AL-3A" y el "Folleto A (AL-36)", para mayores informes.

² Francamente, el hecho de que un traductor hable y escriba perfectamente bien el inglés y el español, no lo clasifica adecuadamente para hacer buenas traducciones, en este caso.

Bajo este criterio, siguen unas aclaraciones importantes sobre los términos confusos al uso cotidiano referente a la industria del gas. También detallamos en lo siguiente, los conceptos que se prestan aparentemente de igual forma a la confusión.

EL “DESPLAZAMIENTO POSITIVO”. Las transferencias de Gas L.P. se hacen generalmente con bombas. En la distribución, la mayoría de estas bombas son, con mucha razón, “rotatorias de desplazamiento positivo”. Cuando se aplican a las transferencias de gas, “el principio del desplazamiento positivo” es sencillo y eficiente. Éste consiste en la rotación repetitiva que desaloja cierto volumen de líquido por la intervención de un cuerpo del mismo volumen. Un cuerpo desplaza al otro en forma “positiva”.

Tal desplazamiento es eficiente si se compara con otros. Las bombas ordinarias “centrífugas” se aplican entre límites estrechos, definidos por las características físicas del líquido. Las bombas rotatorias “positivas” y ciertas centrífugas más complicadas de “turbina regenerativa” no se limitan tanto por estos factores (velocidad motriz, presión, densidad y viscosidad). Son mucho más adaptables.

Efectuándose el flujo por medio de un solo ensamble de rotor, es obvio que las bombas que manejan los líquidos centrífugamente, cuentan con menos piezas de funcionamiento que las bombas de desplazamiento positivo. Para manejar el gas L.P. en el mismo nivel de alta eficiencia, bajo todas las condiciones de transferencia observadas y a pesar de su baja viscosidad, muchas bombas centrífugas comunes requieren distintas etapas, con varios rotores. Entonces, se incrementaría tanto el costo o la presión estática requerida para la alimentación positiva, que su uso podría ser impráctico en el mercado actual. Muchos de estos otros equipos mencionados, *que no son de desplazamiento positivo*, son más frecuentemente sujetos a los cierres de vapor. Aunque se usen con varios tipos de motores, muchos de éstos no pueden ser utilizados en distintas velocidades, como las bombas de desplazamiento positivo. Véase la literatura de los fabricantes para cerciorarse *exactamente* sobre éste y otros aspectos relacionados.³

Cuando ocurre la acumulación temporal de vapor en la bomba y en la línea de entrada, las bombas de desplazamiento positivo la conducen y seguramente se purgan. De acuerdo con el diseño y las tuberías, con otros equipos rotatorios comunes este trabajo puede ser difícil, peligroso o imposible. Es muy importante que las bombas no sean afectadas por los cambios debidos al clima, en el Gas L.P.. La temperatura en los tanques pequeños se cambia rápidamente de acuerdo con el clima. Son variables, en el Gas L.P., la viscosidad, densidad y presión. Éstas son proporcionales a las variaciones en la temperatura ambiente. Si la bomba es afectada por estas condiciones variables, no conduce bien el líquido. El equipo de bombeo tiene que desarrollar suficiente presión para alimentar rápido al recipiente en el final de la línea. De esta manera, nunca debe fallar el desarrollo de presión diferencial, ni por el frío ni por el calor.

³ Véase la otra literatura informativa de la Smith Presición, el “Folleto A (AL-36)” y el Catálogo “CP-1”.

Es evidente que estas aplicaciones demandan mucha fuerza a la bomba, la cual tiene que mantenerse en un alto grado de eficiencia no obstante la gran variedad de condiciones. Óbviamente, una bomba de desplazamiento positivo *eficiente* tiene muchas ventajas. *Es crítico el mantenimiento de esta eficiencia.* La factibilidad de utilización lo determina el diseño. El diseño de la bomba tiene que permitir su funcionamiento práctico en la instalación, a pesar de las circunstancias de uso que eventualmente resultan en el deterioro de las piezas internas. Bajo esta lógica, vale más que la unidad tenga menos piezas internas cuyo funcionamiento equilibrado prolonga su duración.⁴

EFFECTO INESPERADO POR LAS DIFERENCIAS EN TEMPERATURA. Cuando se habla de la entrega de Gas L.P. a los recipientes de capacidades mínimas (100 U.S.G. y menores), sin que se use línea de retorno de vapores, dicen que en estos casos, como consecuencia de las “propiedades de absorción calorífica”, la turbulencia de rocío en el gas licuado pasando por la fase gaseosa tiende a disminuir la contrapresión por el enfriamiento, lo que facilita mucho el llenado.

Este fenómeno es muy evidente en los tanques de carburación. El caso más adverso sería en una época muy fría, cuando se llena un tanque de combustible (Propano), montado en un vehículo. Si este recipiente de baja capacidad absorbiera mucho calor en un sitio protegido, existiría una gran discrepancia entre las presiones manométricas del tanque de almacenaje (a temperatura ambiente) y el tanque a llenar (a la temperatura del vehículo); entonces, tendría que ser considerable la fuerza de empuje inicial de la bomba para superar esta diferencia, posiblemente hasta más de 100 P.S.I.D. (7 Kg/cm²). Si se abriera la válvula “by-pass” en la tubería de descarga, se observaría que el tanque resistiría mucho el flujo aun cuando estaría entrando por la fase gaseosa. Eventualmente y *más lento que lo calculado bajo condiciones medias*, la entrada del líquido más frío desde el tanque de almacenaje al tanque de combustible, le bajaría la temperatura en su *fase líquida*, resultando en esta forma la disminución de presión sin conectar la línea para el retorno de vapores.

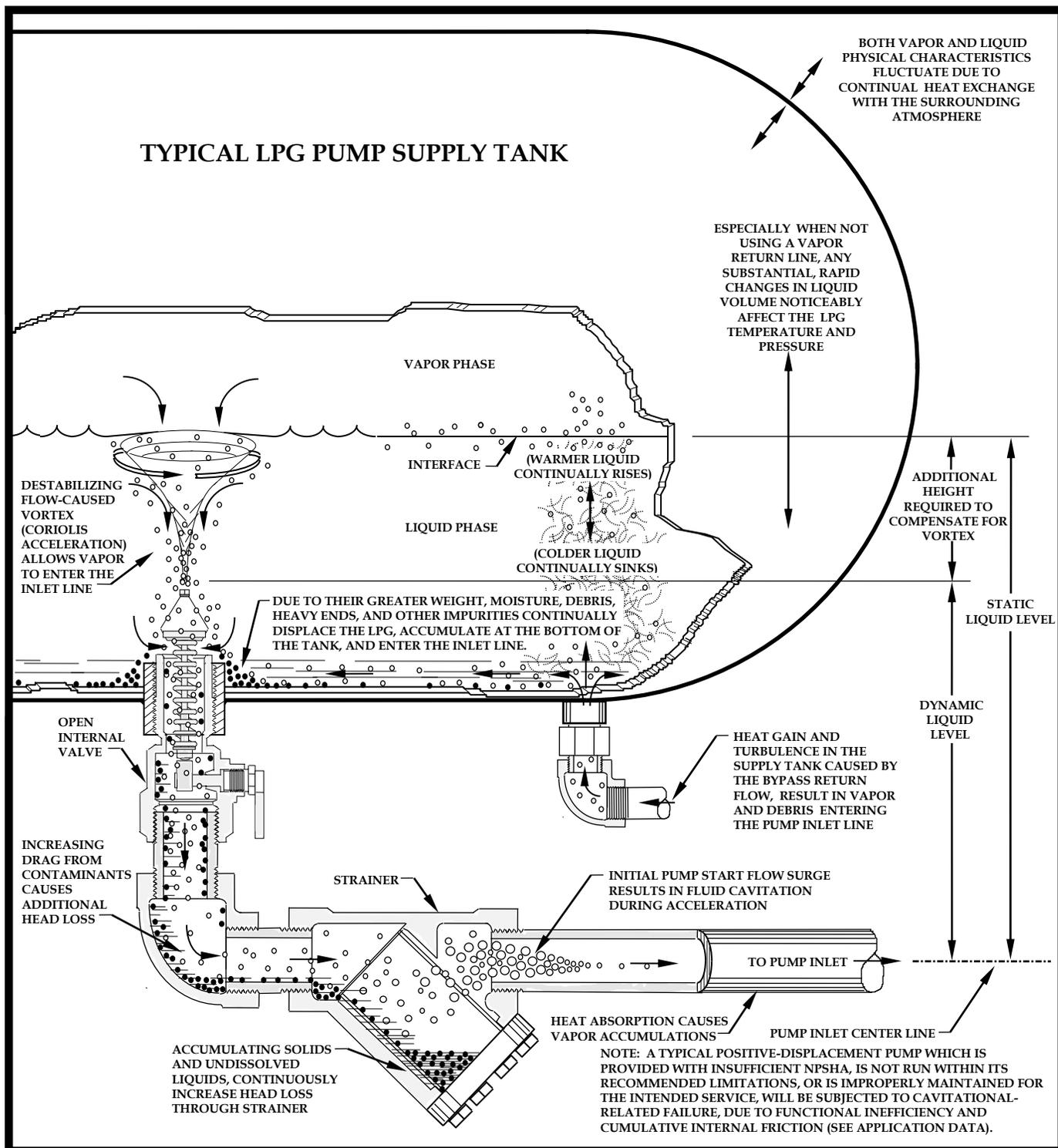
El que reportara sobre este incidente podría suponer que, en efecto, el llenado en fase de vapor no sería beneficioso porque la entrega llevaría mucho tiempo. En realidad, ocurriría este problema *por iniciar el llenado con una tremenda diferencia de presión entre el tanque de almacenaje y el tanque a llenar*, lo que temporalmente obstruiría el flujo. No tendría que ver ni con el tipo de válvula de llenado, ni con el llenado a través de la fase de vapor.

EL BURBUJEO. El Gas L.P. se almacena en el estado líquido *a la temperatura de ebullición*. Se mantiene en su forma líquida por la presión de ebullición a la fase gaseosa en el tanque. Esta presión de vapor, fácilmente observada en los manómetros, sube o baja de acuerdo con la temperatura ambiente y la mezcla de hidrocarburos (Butano, Propano y otras fracciones comunes). Siempre ocurre la formación y la acumulación de vapor dentro del tanque y las tuberías, por la naturaleza del Gas L.P.. El

⁴ Véanse los Catálogos “CP-1” y “CP-3”.

vapor es formado por (1) la "succión" y (2) la "absorción calorífica". Se agrava esta situación, al momento de iniciarse el flujo.

Las burbujas que entran a la bomba, simultáneamente con el flujo de líquido, pueden haber sido producidas en el tanque de almacenaje. Esto ocurriría por la desnivelación y la aceleración inicial, lo que resultaría, naturalmente, en períodos de succión sobre la fase líquida, especialmente sin línea de retorno de vapores. Otros sucesos simultáneos serían: una disminución de temperatura en el líquido y un vórtice en la salida del tanque.



En efecto, siempre ocurriría el burbujeo, aunque el nivel del líquido aparentara ser el suficiente para mantener una alimentación positiva en la bomba. La baja de presión sobre el líquido es capaz de provocar el burbujeo hasta en el fondo del tanque y en la proximidad de la salida. El *remolino* en la salida tiene el efecto principal de cancelar una parte de la "Carga Estática en la Succión", por disminuir en su interior la distancia entre el fondo del tanque y la fase gaseosa. Las burbujas pueden provocar resultados adversos en las bombas, en especial si desplazan más del 10% del flujo en la alimentación.

Por estas razones, el término "cavitación" se confunde frecuentemente con otros términos referentes a un burbujeo en el gas licuado. Cuando nosotros decimos que "hay cavitación en el gas licuado" en este caso, por un lado, hablamos en términos del *Gas L.P. en movimiento, afectándose por "cavidades" de vapor*. Por otro lado, usamos el término "cavitación", cuando hablamos de los efectos *en la bomba mientras conduce un fluido que contiene ambos líquido y vapor*.

En la primera circunstancia nos referimos a la ebullición del líquido provocada generalmente por la generación de vacío en la alimentación. La bomba está alimentándose del Gas L.P., en estado de burbujeo por la falta de una carga energética positiva neta en la succión. *Hay "cavitación" en el fluido suministrado por la restricción excesiva (debida a la elevación inadecuada)*. La ebullición por carga neta negativa en la línea de succión no debe confundirse con el arrastre de vapor desde el tanque de abastecimiento o la absorción de calor externo.⁵

CUANDO EL GAS L.P., EN ESTADO DE BURBUJEO PASA A TRAVÉS DE LA BOMBA, ÉSTA SE "CAVITA". Cuando hablamos de la "cavitación" en el otro sentido antes mencionado, nos referimos a cuando está ocurriendo la erosión interna de la misma bomba, u otros efectos internos ocurriendo por el manejo y colapso de estas burbujas, formadas por el vacío originado en la succión, por la ebullición introducida o por el arrastre desde el tanque en el fluido manejado. Cuando se abre su válvula interna de relevo, también se cavita la bomba por la caída de presión y la acumulación continua de calor. Si hay desgastes internos excesivos, ocurre la autocavitación por la misma acumulación continua de calor. En un autotanque, otra fuente de absorción continua de calor excesiva, tal como la proximidad muy cerrada del mofle y el tubo de escape en el motor, podría causar el burbujeo en el flujo y la bomba se cavitaría.

En una tubería típica llena de Gas L.P. que suministra a una bomba, se forman naturalmente por la evaporación, las acumulaciones de vapor durante el tiempo que no está en uso. Hasta que la bomba las purgue completamente de la línea de entrada, ésta se cavita. En los casos más graves, la bomba no desarrolla presión por haberse llenado completamente de vapor. Se forma un cierre de vapor contra el trasiego y la bomba trabaja totalmente en seco.

⁵ Véanse los datos en la Tabla 14 del "Folleto A (AL-36)" y los Boletines "AL-3A" y "AL-17A".

Cuando la bomba conduce el líquido con burbujas, o "cavidades", está siendo cavitada. Las burbujas en el flujo que entra a la bomba, no tienen su única fuente por la carga negativa neta en la succión. El vapor también puede ser producto de la absorción calorífica o de la ebullición por la salida del tanque. Entonces, las burbujas en el Gas L.P. siempre son producidas por la "ebullición". Hay fuentes externas (como la alta temperatura ambiente) y fuentes internas (como la resistencia a flujo).

Efectivamente se perjudica la bomba al ser cavitada por cualquier fuente. *Se daña posteriormente cuando se interrumpen los efectos requeridos de enfriamiento y lubricación, normalmente proporcionados a las piezas de trabajo, por el fluido que se maneja.* La Bomba SMITH expuesta a la cavitación en el Gas L.P., se dañará más por trabajar en seco, que por efectuar la compresión de las burbujas. Pero esta reacción interna es distinta a la que se observa con otros líquidos comunes, los cuáles no se manejan a su punto de ebullición. *En el caso del Gas L.P. la energía que provoque la cavitación es mínima.* Además, hay muy poca resistencia en la succión por los conductos múltiples donde se incrementa gradualmente la presión diferencial y las burbujas son relativamente densas. De modo que el colapso no es tan rápido, violento, ni muy destructivo.

LA CARGA ESTÁTICA EN LA SUCCIÓN. Al sumar y restar las cargas y pérdidas energéticas que afecten el flujo de líquido en la línea de entrada, últimamente la "*Carga Estática en la Succión*" es el factor determinante del grado de alimentación (negativa o positiva) en la bomba bajo las circunstancias medias de transferencia. Esta presión sirve para eliminar, *hasta cierto punto*, la cavitación en el Gas L.P. mientras pasa a la bomba (pero la misma bomba siempre puede cavitarse cuando está mal instalada, se desgasta, se le abre su válvula interna de alivio o arrastra el vapor desde el tanque de almacenaje). Esta carga disponible, por la distancia vertical entre la entrada de la bomba y el nivel del suministro de líquido, vence la resistencia en la línea de succión. Entonces, en el punto donde el líquido entra a las piezas internas de impulsión, se provee una "*carga*", sobre la presión de vapor en el tanque. Ésta resulta la alimentación positiva ("*forzada*" o "*ahogada*") necesaria para eliminar la formación excesiva de burbujas. Nunca debe generarse vacío en la alimentación, ni mucho desplazamiento gaseoso. *De lo contrario, la bomba estará sujeta al desgaste acelerado.*

"N.P.S.H.". El valor neto energético relativo puede ser representado de varias formas en distintas unidades. En inglés, el término "Net Positive Suction Head (N.P.S.H.)" se refiere a lo mismo, pero muchas traducciones literales aparentan confundirse con el significado de las palabras "Suction" y "Head". "Suction" significa "fuente de vacío", "aspiración", "valor energético negativo", "flujo o lado de entrada". Muchas veces la tendencia ha sido traducir "Head" como "altura", implicando que sólo la elevación produce la carga, o que las unidades de "Head" se refieren exclusivamente a la diferencia de elevación observada entre la bomba y el suministro de líquido. De acuerdo con el sentido de uso más común en el manejo del Gas L.P., se ve que la "Suction Head" es en realidad "presión" expresada en unidades de "elevación relativa". Pero "Head" se relaciona de varias maneras al almacenaje y a la conducción de los

líquidos. Significa en inglés entre otras cosas: "tapa", "fondo", "carga", "salto", "caída", "desnivel", "altura" o "cabeza" y hasta "tubería de pozo". Además, aunque sea muy improbable en la realidad, la altura no es la única fuente que puede contribuir a la carga en una línea de succión, aún con el G.L.P..

Óbviamente en este contexto estamos hablando de una suma total de energía, un "valor positivo neto" ("Net Positive Suction Head"). Entonces, la traducción más apropiada, tal como los modelos matemáticos, emplea aquellos términos que consideran todos los factores que afecten el "valor neto" en cuestión. Ya sabemos que la bomba se daña al siempre recibir en su interior el fluido con excesos de vapor. Consta que no conviene en el flujo de alimentación ningún desarrollo energético negativo neto (la baja de presión que causa ebullición en la entrada de la bomba).

Si por el uso de la bomba la presión de líquido cayera por debajo de la presión de vapor, se provocaría el burbujeo por el vacío generado en la bomba. La "suma energética neta" volvería "Net Negative Suction Head". Aún así, sería incorrecto traducir "Suction" como "aspiración" o "vacío". La disponible suma energética neta en la succión ("N.P.S.H.A."), es un valor comparativo al requerido ("N.P.S.H.R.") para efectuar la alimentación. La traducción sería expresada como "suma negativa neta".⁶

Sin embargo, bajo circunstancias normales de manejo, el cálculo total de la energía que afecte el flujo hacia la bomba en una línea de alimentación en uso, muestra que hay un valor energético *positivo* por el peso del mismo líquido, la "Presión Estática en la Succión", o "Carga a la Gravedad", factor independiente de la presión natural del Gas L.P., el que casi siempre provee la energía mínima determinada al líquido entrando a la bomba, para que ésta pueda desarrollar correctamente su función. Recordamos que las fórmulas matemáticas aplicables en este caso, toman en cuenta más de una sola fuente energética. Además, con otros líquidos es factible que la bomba no requiera carga positiva en la succión. Sólo con los líquidos en su punto de ebullición, es tan importante esta carga positiva. Indicamos que bajo circunstancias extraordinarias con el G.L.P. tal carga podría ser desarrollada por otros factores que no fueran a la gravedad o a la altura (así como por el subenfriamiento de la fase líquida). De modo que en este caso, aunque la "Suction Head" se exprese en elevación equivalente a la presión, no es producida exclusivamente por la altura: más bien es una "Carga Energética" equivalente a la presión disponible para forzar un gasto determinado a través de la tubería de succión a la bomba. Representa condiciones hidráulicas (así como "Static Head", "Friction Head" y "Pressure Head"). Por los propósitos de una buena traducción, consta que la palabra en inglés, "Suction", simplemente significa "dónde está entrando el líquido a las piezas de impulsión". Entonces, óbviamente "Net Positive Suction Head" puede ser traducido como "Carga Positiva Neta en la Succión".

De esta forma tradicional en unidades de elevación relativa, la suma neta de presión representa las condiciones requeridas de alimentación: cuando se requiere alimentación por una carga "adicional" sobre la presión natural del gas licuado, la que en el caso del Gas L.P., vence la resistencia al flujo y entrega a la bomba un flujo de líquido igual a su capacidad. Por ejemplo, decimos en inglés que "...based upon our experience, in order to prevent the pump from cavitating, our Smith model MC-3

handling pure Propane at 70° F., when run near its maximum drive speed (1800 RPM), must be provided with a minimum of 1 Ft. of Net Positive Suction Head by the installation...".

En otras palabras, de base en nuestra experiencia, una Bomba SMITH Modelo "MC-3", conduciendo el puro Propano en 21° C., usada en una velocidad aproximando al máximo de 1800 RPM, requiere que la instalación mande al lado de succión una carga, cuya suma resulte energía positiva neta en el flujo entrando a la bomba, equivalente a 1 pie (30 Cm.) de altura, para efectuar adecuadamente la alimentación interna. Esta carga bien podría expresarse en otras unidades si fueran más convenientes (1 pie, 30 Cm. = aprox. 0.22 P.S.I.A., 0.0154 Kg/cm²).⁶

Pensando literalmente en la misma "altura" puede facilitar los cálculos de nivel mínimo de líquido en el tanque, pero las unidades de carga también son expresadas en "libras" o "kilos". Cuando nosotros tratamos este concepto de los líquidos manejados en su punto de ebullición, como el Gas L.P., frecuentemente expresamos los valores en "libras por pulgada cuadrada de presión absoluta" (P.S.I.A.). Estas mismas unidades las usamos de igual forma como las elevaciones equivalentes, para expresar la carga energética en el flujo que está entrando a una bomba. Las siglas en inglés son "N.I.P.A." (Net Inlet Pressure Available) o la "Disponible Presión Neta en la Succión"; y "N.I.P.R." (Net Inlet Pressure Required) o la "Requerida Presión Neta en la Succión". Estas terminologías no se han prestado tanto a la confusión como las anteriores.

LA DISPONIBLE PRESIÓN NETA EN LA SUCCIÓN. Ésta es la medida de la "presión media absoluta" (P.S.I.A.) en la boquilla de entrada durante la operación de la bomba, menos la presión de vapor. Este valor indica la suma energética disponible para llenar las cavidades internas en el lado de succión.

LA REQUERIDA PRESIÓN NETA EN LA SUCCIÓN. Ésta es una característica individual de la bomba, determinada en base de pruebas, de cuál es la fuerza en "presión absoluta" (P.S.I.A.) que se requiere para alimentar totalmente la succión de la bomba. Esta característica varía en cuanto a la velocidad de la bomba y la viscosidad del líquido. *Para asegurar la operación satisfactoria bajo cualquier condición de*

⁶ Es evidente que el uso correcto de los términos correspondientes debe extenderse a toda la situación dinámica. Bajo cualquier circunstancia, hay que entender que cuando se entregue el Gas L.P. a la parte interna de la bomba, la presión tiene que ser igual o mayor a la existente en el tanque almacenador. De lo contrario, se formará vapor por el vacío que se origina en la succión de dicha bomba. Si se determina la diferencia entre la presión en el tanque y la presión en la entrada de la bomba mientras funcione, el resultado representará la fuerza, "Disponible Carga Positiva Neta en la Succión" ("N.P.S.H.A."), generalmente presión relativa *sobrante* debida a la carga estática de succión, disponible para efectuar la alimentación. Cada bomba tiene su factor de "Requerida Carga Positiva Neta en la Succión" ("N.P.S.H.R.") por la resistencia interna mientras entre el líquido a la impulsión. Hay que tomarla en cuenta cuando se tiene el nivel mínimo del líquido en el tanque de almacenaje. Los factores "N.P.S.H.R." dependen del diseño de la bomba en particular y se obtienen de los fabricantes.

bombeo, la disponible presión neta tiene que ser mayor a la requerida presión neta; o sea, la bomba requiere una Carga Positiva Neta en la Succión.

LA TURBULENCIA. En la conducción del Gas Licuado de Petróleo, ésta es la característica típica, por actuar varios factores, incluyendo la fricción, en un flujo bajo condiciones normales. *La "turbulencia" no es el factor determinante de la ebullición dañina en el Gas L.P..* Es, simplemente, una de varias reacciones observadas. A velocidades normales, las moléculas del Gas L.P. siempre entran en contacto significativo con las paredes de los tubos, las superficies de los diversos aparatos y las conexiones en la instalación. Se puede imaginar fácilmente una vista de sección típica de la velocidad del flujo, ocasionado por la bomba, donde se imparten corrientes irregulares y cambios direccionales rápidos al líquido en movimiento.

Hay mucha agitación, pero el calor generado en la línea de entrada por la fricción del flujo, *no es de efecto considerable.* Sólo el vacío generado en la bomba por el exceso de resistencia y el arrastre de vapor desde el tanque, producen las más notables acumulaciones de vapor, ebullición o cavitación en la succión, tal como se explicó anteriormente en este boletín. Si hay suficiente disponible carga positiva neta para la alimentación, y si no existe ninguna otra condición que produzca el vapor en el líquido que entre a la bomba, *no se cavita la bomba, pero el flujo típico del Gas L.P. por ser líquido liviano de baja viscosidad, siempre es "turbulento" por su naturaleza.*

LA RESISTENCIA AL FLUJO. La resistencia al flujo, la que produce turbulencias, se clasifica en las varias tablas del "Folleto A (AL-36)". No debe confundirse la "turbulencia" con la "resistencia al flujo", porque *no son sinónimas.* La "turbulencia" es la calidad de agitación en el líquido por los factores de la fricción (resistencia). La fricción, la agitación y los cambios direccionales que encuentra el flujo al pasar por la tubería, son los factores causantes de la "turbulencia", la caída de presión en la línea de alimentación y una parte importante de la presión diferencial en la línea de descarga.

La línea de alimentación para las bombas rotatorias de desplazamiento positivo, usadas en las transferencias de G.L.P., debe ser diseñada para la menor fricción posible, de manera que evite que la presión del líquido caiga por debajo de la presión de ebullición, tal como se explicó anteriormente. En cambio, la línea de descarga no es tan crítica, pero generalmente cuenta con mayor longitud y más alta velocidad de flujo. Debe ser diseñada para limitar esta resistencia a un nivel seguro y práctico. La presión diferencial en la descarga se debe principalmente a los incrementos de fricción, agitación y cambios direccionales en el flujo por los aparatos y tuberías de salida, más la compresión en la fase gaseosa del tanque que se llena o en la resistencia del retorno.

LOS EFECTOS DEL FRÍO EN LA CAPACIDAD DE LA BOMBA. *La temperatura, la presión manométrica y la viscosidad, en el Gas L.P., con ciertas excepciones, muy poco afectarán la resistencia al flujo en las líneas.* Lo que sí se afecta, es la posibilidad de desplazamiento de vapor en la alimentación. Pero en una instalación bien diseñada

según el criterio de los fabricantes, la temperatura baja y la disminución de la presión natural del gas, no deberían de provocar necesariamente ninguna disminución de caudal en la bomba, a menos de que su diseño afecte la eficiencia de conducción cuando hace frío. En efecto, el incremento de viscosidad, una baja en la temperatura ambiente y la disminución de presión en el líquido que entra a la bomba, pueden proporcionarle mayor eficiencia y más larga duración.

Si existe un problema de cavitación excesiva o acumulaciones de vapor formadas en el tanque de almacenaje que son arrastradas hacia la bomba, entonces probablemente la instalación no estará de acuerdo con las recomendaciones estándar, ni con las de nuestra literatura, ni con las de otros.⁷

NO SE IGNOREN LAS RECOMENDACIONES. *Hay que tomar en serio los consejos en este boletín.* Muchas instalaciones no se arman de la forma recomendable debido a cuestiones de disponibilidad o consideraciones económicas. Aunque las bombas de Gas L.P. no estén instaladas de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes, pueden durar muchos años, mientras manejen líquidos continuamente, con cierta cantidad de vapor. Pero la instalación mal hecha y mal utilizada, a la larga ocasionará más gastos que el ahorro inicial. Preferimos eliminar las dificultades con bombas, *de manera que su duración sea muy larga y pronosticable.* En realidad, en un lapso de tiempo, la planta donde se sigan las recomendaciones de los fabricantes, no tendrá problemas con sus bombas, ahorrará mucho tiempo y se mantendrá a un nivel más alto de seguridad.

LA CALIDAD DEL GAS L.P.. Se ha dicho que hay mucha suciedad en el Gas L.P. y que contiene impurezas que dañan cualquier elemento mecánico. Concedemos que existe esta posibilidad, pero *el Gas L.P. por naturaleza no es un líquido contaminado.* Las impurezas dañinas, químicas y sólidas, pueden ser atribuidas a las operaciones de manejo además de los procesos de producción o refinación.

Ningún filtro típico de los que utilizan en la distribución, puede remover todos los contaminantes. El filtro de tela metálica sólo filtra partículas finas y no remueve contaminantes muy finos, ni disueltos. Típicamente, un elemento colador de tela

⁷ Ver la literatura informativa de la Smith Presición y otros fabricantes. Cuando la temperatura ambiente está baja, la presión disminuida incrementa naturalmente el volumen de vapor en la bomba mientras el líquido conducido absorbe el calor friccional. Cabe mencionar que el funcionamiento interno de las Bombas SMITH nunca produce este calor friccional en las cámaras de succión, ni en las cavidades movedizas, como lo hacen otras Marcas conocidas. Los engranajes producen la fricción sólomente *en la salida del líquido.* Las propiedades termodinámicas del mismo Gas L.P. provocan el burbujeo por la absorción de calor; pero *esto ocurre en la salida,* de manera que las condiciones climáticas que disminuyan la presión, no afectan adversamente la conducción en las Bombas SMITH. Si bajara mucho la presión en el tanque de almacenaje, no ocurriría necesariamente ninguna reducción en la capacidad de la bomba. Pero, reconocemos que existen desperfectos en las instalaciones de gas. Si por éstos se entregara simultáneamente *el vapor* con el líquido a la entrada de la bomba, entonces la "cavitación" disminuiría el caudal. Bajo esta circunstancia adversa podría ser reducido proporcionalmente el volumen de transferencia líquida durante una época de mucho frío. Para más información, consulten el Catálogo "CP-3", el "Folleto A (AL-36)" y los Boletines "AL-3A" y "AL-17A".

metálica "U.S. Screen Standard" de 40 mallas, remueve las partículas de hasta 0.012" - 0.017" (milésimas de pulgada) de diámetro. El elemento de 80 mallas retiene los contaminantes particulados de hasta 0.006" - 0.008" (0.15mm - 0.20mm). Hay rejillas más finas y otros aparatos para la filtración particulada de hasta 0.001" (25 Micras) o menos, pero no son muy utilizados.⁸ Posiblemente haya residuos de Pentano e hidrocarburos más pesados, humedad, bióxido de carbono, monóxido de carbono, aire y compuestos corrosivos de azufre, como el sulfuro de hidrógeno y mercaptanos, muy reactivos químicamente. En ciertos casos, el amoníaco anhidro contamina el Gas L.P.. En fin, las impurezas químicas acumuladas o disueltas en el producto, podrían acumularse en los equipos de transferencia y almacenaje, ya que el filtro de rejilla no los elimina. Los contaminantes pesados y los que no se evaporan a la temperatura ambiente, siempre se acumularán en el fondo de los tanques y cilindros que suministran sólo el vapor. El sarro depositado en el interior de los equipos de manejo se debe a estas impurezas no filtradas.

Otro aspecto de la calidad del Gas L.P. tiene que ver con su uniformidad y consistencia. El Gas L.P. consiste principalmente en mezclas de gases semejantes, los que normalmente consisten en Iso-Butano, N-Butano, Propano, Propileno, Butileno y sus isómeros. En las mezclas comerciales, predominan estas distintas fracciones de Butanos/Butilenos y Propanos/Propilenos. Otras sustancias encontradas normalmente en porcentajes muy bajos incluyen el olorante (Mercaptano), Pentano, Metano y Etano. Generalmente éstas afectan muy poco las propiedades de Presión, Gravedad Específica, Viscosidad, Lubricidad, Calor Específico, Temperatura de Ignición y etc..

EL REMOLINO EN LA SALIDA DEL LÍQUIDO. Cuando hablamos de los efectos adversos que contribuyen al arrastre de vapor desde la salida del tanque de almacenaje hasta la bomba, es importante considerar el volumen máximo por minuto de transferencia, en relación a la capacidad nominal del tanque. Se entiende que la bomba no debe manejar más de un porcentaje mínimo aproximado al 2% o 3% por minuto, de la capacidad nominal del tanque y que de esta forma se impedirá el arrastre de vapor y *la formación de un remolino* (Ver la pág. 4 en este boletín).

En realidad, este tema es complicado y la solución no es tan sencilla como aparenta a primera vista. Muchas bombas rinden menos caudal a causa de los efectos adversos que contribuyen a la ebullición. Como guía general, al inicio del diseño, hay que tomar en cuenta cierto límite teórico en el flujo de salida. Pero a pesar de aplicarle esta regla, siempre podrán ocurrir problemas por el vapor. Existen factores variables en la ecuación tales como la temperatura ambiente, la contaminación y los componentes del Gas L.P.. *El problema es agravado por el Butano, porque disminuye la presión en la mezcla, lo que permite mayor desplazamiento de vapor, cuando hay condiciones conductivas a la ebullición del líquido.*

El remolino es un fenómeno de la Naturaleza que siempre ocurre cuando estos líquidos fluyen por las salidas en los tanques. La "aceleración giratoria" en el líquido, se debe a

⁸ Véanse el Boletín "AL-40", el "Folleto A (AL-36)" y el Catálogo "CP-3".

la gravedad, a la rotación de la Tierra, a la ubicación hemisférica, a la turbulencia y a la aceleración inicial. La turbulencia es factor natural en el flujo normal de Gas L.P., pero es proporcional a la resistencia al flujo. La resistencia al flujo es controlable; si se baja la velocidad del flujo en la salida del líquido, se controla la formación de remolinos. De manera que el porcentaje de volumen de Gas L.P. que se saque del tanque en un minuto, no es lo que determina la severidad del remolino. El factor determinante en el caso del remolino es la *resistencia en la misma salida*.

Concedemos que hay que disminuir la velocidad de flujo en la salida del tanque, para prevenir el exceso de ebullición. Pero a la vez indicamos que es factible en muchos casos, aún cuando la transferencia no es "excesiva" teóricamente, que se formará un remolino adverso mientras llegue el nivel de líquido hasta el fondo del tanque. Esta situación se agravará si entra líquido al tanque mientras lo están sacando, por ejemplo, si se abre la válvula "by-pass" durante la transferencia. También hay ciertas formas de tanques que son conductivas a remolinos. Entonces, estos hechos no son tan sencillos como aparentan y hay que estudiarlos con mucho cuidado mientras se diseña la instalación.

LA ACELERACIÓN INICIAL. Otro factor curioso del flujo es su condición en la línea de entrada, mientras se establezca la velocidad de demanda, la que coincida con la capacidad de la bomba. Al comienzo del ciclo de utilización, al mismo instante de arrancarse la bomba, el flujo se encuentra en un estado de aceleración rápida. Por un instante, su velocidad es más alta que lo calculado por el "caudal de manejo". Mientras tanto, ocurre el incremento proporcional de la resistencia al flujo, por los componentes en la línea de succión. Los que provocarán los mayores efectos en el Gas L.P., son la válvula de exceso de flujo (o la válvula interna) y el filtro. Bajo esta condición, naturalmente hay más probabilidades de desplazamiento de vapor en la alimentación de la bomba. Luego, al llegar a su velocidad de demanda, el flujo se desacelera en un instante y se disminuye de igual forma, el desplazamiento de vapor.

También la presión natural del Gas L.P. sobre la columna de líquido acelerado afecta este desplazamiento de vapor, si no hay suficiente carga estática. Por eso, se agrava la ebullición al bajarse la temperatura ambiente o cuando hay Butano en la mezcla conducida. De esta manera la presión en el tanque de almacenamiento afecta el volumen de vapor en la aceleración inicial y últimamente el rendimiento de la bomba.

LA ACELERACIÓN Y LA DESACELERACIÓN. Se pueden imaginar las condiciones en el gas licuado, tomándose en cuenta todos estos factores que le afectan mientras fluye por la línea de succión hacia la bomba. Hay fricción en las superficies internas. Se provocan insipientes agitaciones y corrientes irregulares. La tubería ocasiona cambios direccionales en el flujo. Cada equipo tiene distintos factores de resistencia. La velocidad no es constante. Se pierde carga estática por un remolino en la salida del tanque. El vapor puede ser arrastrado desde el tanque. La presión manométrica es variable. Hay impurezas en el producto.

De manera que aún después de la aceleración inicial, cuando aparenta haberse establecido el flujo calculado, está siendo afectado en distintas formas, mientras pasa por los varios componentes de la línea. En efecto, sube y baja la severidad de estos factores. Es factible que se formen y se absorban burbujas de vapor en ciertas áreas afectadas mientras está pasando el líquido por ellas. La carga neta sobre el flujo de succión puede ser teóricamente "positiva" en la bomba, pero si ésta se encuentra ubicada muy cerca de uno de esos estorbos turbulentos, se cavitara al arrancarse. Por eso, siempre es buena idea alejar la bomba de los equipos en su línea de entrada que produzcan la más alta resistencia.

Este boletín se trata de las tuberías convencionales bien conocidas en las plantas de gas, que requieren bombas de capacidades relativamente altas. Claro que la excepción a este punto de vista se encuentra en los equipos que tienen el filtro incorporado. Estos comprenden ciertas bombas de capacidad mínima y otras bombas de mayores capacidades que se montan *directamente* a la salida bridada en las válvulas internas, las que también llevan el filtro incorporado.⁹

LA UBICACIÓN DEL FILTRO. *El factor de resistencia al flujo por el filtro es variable.* Mientras está filtrando las partículas finas, este factor sigue aumentando. Con el incremento en la resistencia al flujo, se va cancelando la "Carga Estática en la Succión" que existe sobre el flujo entrando a la bomba. Con que haya suficiente "Carga Positiva Neta" en la entrada de la bomba, ésta no se cavita. Como se explicó anteriormente, la turbulencia, factor que siempre existe en el flujo normal de Gas L.P., no afecta necesariamente el funcionamiento de la bomba.

Lo que sí le afecta, es el exceso de resistencia al flujo cuando la disponible fuerza energética neta en la alimentación *deja de ser positiva*. En una instalación media, de uso intermitente, si el filtro está a cierta distancia mínima de la bomba, digamos la equivalente a diez veces el diámetro interno del tubo de suministro y ofrece una resistencia excesiva, la bomba está expuesta a la cavitación. Si el mismo filtro tapado se ubica a una distancia mayor a la mínima mencionada, pasa lo mismo. El filtro totalmente tapado afecta la bomba de la misma forma desde cualquier sitio en la línea de alimentación. En tal caso, naturalmente la ubicación del filtro no importa.

Pero, ¿qué pasará cuando primero se arranca la bomba y el filtro no está tapado? Como se explicó anteriormente, en tal caso, el líquido *tiene que acelerarse*. Por un instante, la velocidad es mayor a la que corresponde a la capacidad de la bomba. Esta parte del ciclo de utilización se afectará primero. Si hay cavitación por el filtro, se inicia *durante el arranque*. Esto se agravará mucho con ciertos filtros y en especial, cuando el sistema de transferencia no está bien diseñado.

Una vez que se acelera el flujo, el desplazamiento gaseoso se incrementa por un instante. Luego, al desacelerarse, se disminuye en un instante el mismo factor de

⁹ Ver el Catálogo "CP-1" el Boletín "AL-40" y otra literatura de la Smith Presición, para mayores informes.

desplazamiento gaseoso. Si ocurre la disminución de velocidad antes de que llegue mucho vapor a su entrada, la bomba se purga y no trabaja en seco.

Entonces, se ve que la ubicación del filtro típico, a cierta distancia mínima de la bomba, permite la desaceleración y disminución de vapor antes de que llegue el flujo afectado a la bomba. Esto es para que la bomba no se dañe mientras acelera el flujo. El factor de la resistencia durante las aceleraciones y desaceleraciones, varía en cuanto a la Marca del filtro, su tamaño y sus condiciones. Como el filtro es el *último* aparato capaz de ofrecer mucha resistencia al flujo en la línea antes de la bomba, puede afectar mucho la calidad del líquido que entre a la bomba.

No importa la turbulencia. *Lo que sí importa es (1) la resistencia del filtro en el flujo de acuerdo con la capacidad de la bomba y (2) la resistencia inicial mientras se establezca la Velocidad de Demanda.*

LAS DIFERENTES BOMBAS SE CLASIFICAN POR LAS CIRCUNSTANCIAS DE USO. Dadas las situaciones variables que se presentan en las múltiples instalaciones de transferencia, para determinar el modelo de la Marca más adecuada, hay que dar mayor consideración a todos los factores de adaptabilidad y funcionamiento. El equipo en cuestión debe valorarse por su capacidad dentro del mismo ambiente de la instalación específica y no por su tamaño físico, la forma de las conexiones, la velocidad del motor, la aplicación de fuerza motriz, la capacidad nominal y los demás atributos de manera que no afecten ni la eficiencia ni la duración. Opte por las nuevas mejoras tecnológicas y las opciones que dan más durabilidad.

Cuando hay que hacer comparaciones entre distintas Marcas *consulte con los fabricantes y sus representantes*. Presénteles todas las condiciones de utilización para que hagan sus recomendaciones *de acuerdo con el uso intencionado real*. Ciertas Marcas tienen más "opciones" que otras y es posible que el cliente no cuente con toda la información sobre las líneas aplicables.

Por eso, en la Sección 1 del "Folleto A (AL-36)", hablamos de los procedimientos correctos para que el fabricante y sus representantes determinen el modelo más adecuado y en esta forma puedan ayudar más efectivamente al cliente. Recordamos que la tecnología sigue avanzando y *los mejores fabricantes seguimos mejorando y ampliando la línea de productos*.

No hay dos aplicaciones exactamente iguales y ya no hay necesidad de utilizar un modelo de bomba clasificada solamente por su tamaño o su capacidad nominal dentro de un solo rango de velocidades. Las Bombas SMITH ofrecen versatilidad al usuario típico por sus muchas opciones retroactivas: hay varios engranajes disponibles, piezas de repuesto en diferentes materiales, bridas roscadas o para soldar y nuevas configuraciones de entradas y salidas.

En fin, la modernización de nuestra línea de bombas modulares se presta a la adaptación específica de acuerdo con las características del sistema en uso. Por ejemplo, el modelo

“MC-2” Marca SMITH (modelo básico de planta bien conocido en México), fácilmente puede ser modificado a la discreción del mismo cliente, quien tiene a su disposición más de 30 configuraciones opcionales retroactivas para incrementar su durabilidad, bajar el ruido de funcionamiento, disminuir la resistencia interna en la alimentación y variar su caudal aún en la misma velocidad y sin resultar cambios en las dimensiones de montura.¹⁰

¹⁰ De acuerdo con lo anterior, fabricamos un modelo de Bomba SMITH de baja velocidad (450 - 900 RPM) y alta capacidad por su tamaño (hasta 60 USGPM), modificado especialmente para el uso en los autotanques mejicanos. El “TC-1044HL” es económico, tiene sólo 5 piezas de trabajo (cuatro de las cuales son idénticas), se usa con líneas de 2 pgas., no se sobre revoluciona bajo condiciones normales, no es ruidoso, no ocupa mucho espacio, mide sólo 7-1/8” H. x 8” W. x 13” L. (184mm. x 203 mm. x 330 mm.) y pesa solamente 50 lbs. (23 kgs.).

También ofrecemos otro modelo diseñado *específicamente para la carburación*. Es la motobomba “GC-1Z” para el *uso continuo*, con rango de velocidad entre 750 - 3600 RPM, con válvula incorporada no ajustable de alivio interno, fijada en 150 PSID (10.5 Kg/cm²) y con capacidad de hasta 13 USGPM. Tiene sólo 3 piezas de trabajo y dos de éstas son idénticas. El motor (“EM 1-3”) monofásico de 1 HP, 3450 RPM, a prueba de explosión, es provisto de interruptor auxiliar incorporado, conmutador de voltaje y protector de sobrecarga térmica integrados en el bobinado.

Diríjense a la fábrica para mayores informes. Ver los Catálogos “CP-1”, “CP-3”, “DBV-L”, “CS-1” y los Boletines “AL-3A”, “AL-17A”, “AL-40”, “AL-41”, “AL-100”, “196”, “197”, “199”, “204”, “206A” y “206B”. En estos escritos explicamos más detalladamente sobre la línea de productos y las distintas opciones que ofrecemos a nuestros clientes.



SMITH PRECISION PRODUCTS COMPANY

P.O. Box 276, Newbury Park, CA 91319 USA

1299 Lawrence Drive, Newbury Park, CA 91320 USA

Tel.: 805/498-6616 FAX: 805/499-2867

e-mail: INFO@smithpumps.com **web: www.smithpumps.com**