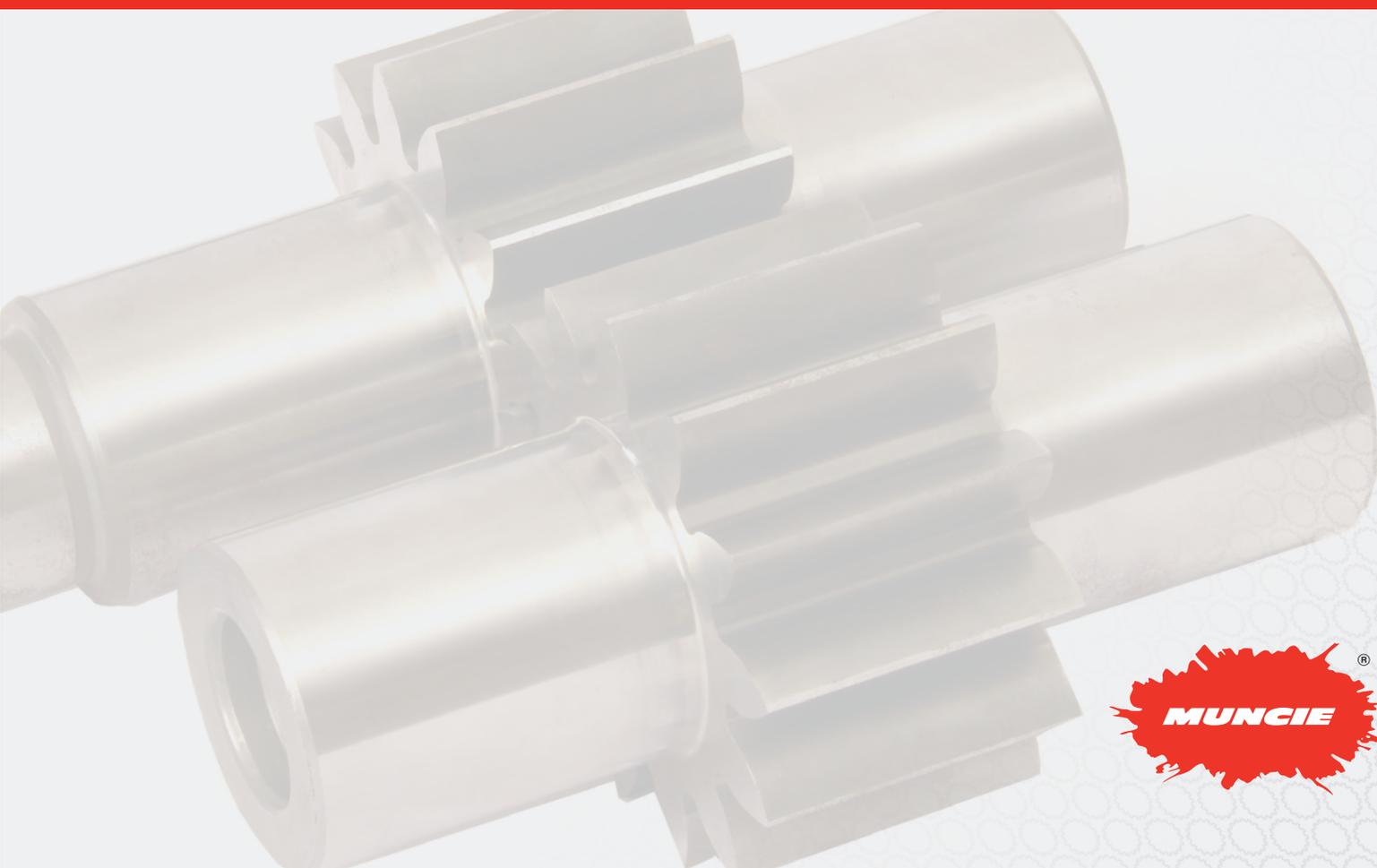


OCTAVA
EDICION



CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS
**SISTEMAS HIDRÁULICOS
MONTADOS EN CAMIONES**





Oficinas corporativas • *Muncie, Indiana*



División de fabricación • *Tulsa, Oklahoma*

POLÍTICA DE CALIDAD DE MUNCIE POWER PRODUCTS

Muncie Power Products se dedica a proporcionar productos y servicios de calidad que cumplen con las necesidades y expectativas de nuestros clientes. Estamos comprometidos a la mejora continua de nuestros productos y procesos para lograr nuestros objetivos de calidad, minimizar costos a nuestros clientes y obtener una ganancia razonable que proporcione un futuro estable a nuestros empleados.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS MONTADOS EN CAMIONES 2

Sección 1

PRINCIPIOS DE HIDRÁULICA..... 3

- Ley de Pascal
- Cuatro presiones
 - Atmosférica
 - Sistema en neutro
- Funcionamiento de la bomba
- Presión de alivio
- Eficiencia de los sistemas hidráulicos
- Sistemas hidráulicos de centro abierto y cerrado
 - Centro abierto
 - Centro cerrado

Sección 2

MOTOR PRINCIPAL..... 6

- Tomas de fuerza
- Accionamiento con el cigüeñal del motor
- Motores auxiliares
- Bombas accionadas por correas

Sección 3

BOMBAS..... 8

- Bombas de desplazamiento positivo y variable
 - Bombas de engranaje
 - Bombas de pistón
 - Bombas de paletas
- Bombas de volteo
- Bombas para camiones recolectores
 - Bombas de válvula seca
 - Bombas Live Pak™

Sección 4

VÁLVULAS DIRECCIONALES 13

- Circuitos hidráulicos, tipos de construcción monobloque y seccional

Sección 5

OTRAS VÁLVULAS..... 14

- Divisores de flujo
- Válvulas selectoras
- Válvulas de alivio en línea

Sección 6

ACCIONADORES 15

- Cilindros hidráulicos
- Mantenimiento y resolución de problemas de los cilindros
- Motores hidráulicos

Sección 7

DEPÓSITOS 18

- Acero
- Aluminio
- Polietileno
- Tamaño y ubicación

Sección 8

FILTROS DE ACEITE 20

- Coladores de succión
- Filtros de succión
- Filtros en línea(s) de presión del circuito
- Filtros en línea(s) de retorno a tanque
- Carros de filtración

Sección 9

MANGUERAS Y CONECTORES 21

- Sociedad de Ingenieros Automotrices
- Presiones de funcionamiento de la(s) manguera
- Consejos para la instalación de la(s) manguera(s)

Sección 10

ACEITES HIDRÁULICOS 24

- Viscosidad
- Lubricidad
- Contaminación química
- Contaminación por partículas
 - Contaminación incorporada
 - Contaminación inducida
 - Contaminación ingresada
 - Contaminación generada internamente

Sección 11

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA, ENFRIADORES, ACUMULADORES, VARIOS.....27

Sección 12

DISEÑO DEL SISTEMA 28

- Símbolos esquemáticos hidráulicos
- Motores principales
- Motores hidráulicos
- Depósitos de aceite hidráulico
- Filtros hidráulicos
- Válvulas de control direccional
- Accionadores de válvula
- Otras válvulas de control de fluidos

Sección 13

FALLAS DE LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS 32

- Contaminación
- Cavitación
- Sobrepresurización
- Calor
- Resolución de problemas del sistema
- Errores comunes
- Guía de resolución de problemas de bombas hidráulicas

Sección 14

TABLAS DE CONVERSIÓN, EQUIVALENCIAS Y FÓRMULAS 37

- Unidades inglesas (EE. UU.) al sistema internacional (métrico)
- Abreviaturas equivalentes
- Fórmulas para usar con la calculadora

ÍNDICE.....39

CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS MONTADOS EN CAMIONES

El presente cuadernillo intentará responder preguntas y brindar una idea sobre cómo funcionan los sistemas hidráulicos móviles o montados en camiones, qué componentes forman el sistema, cómo funcionan y el motivo por el cual suelen no funcionar tal como se espera. Nuestro marco de referencia es el de respetados fabricantes y distribuidores de sistemas y componentes hidráulicos. Como tal, la información aquí reunida representa la experiencia combinada de muchos profesionales informados a lo largo de los años.

Nuestro propósito es considerar el sistema completo y su función, al igual que los componentes individuales. Mientras que el diseño individual puede variar, las funciones básicas y la terminología de todos los sistemas siguen siendo las mismas. Las leyes de la física se siguen aplicando, y la mayoría de las fallas son predecibles y evitables.

Aunque algunos sistemas no están expuestos a temperaturas extremas ni a ciclos de servicio largos, por lo general, los sistemas montados en camiones funcionan en condiciones más rigurosas que los sistemas hidráulicos fijos. Es de suma importancia poder integrar los sistemas hidráulicos con las capacidades y las limitaciones del motor, la transmisión y la toma de fuerza de los camiones. Hay que recordar también que los sistemas hidráulicos montados en camiones difieren de los sistemas industriales en otra forma importante: tienen conductor.

Es importante instalar correctamente los componentes hidráulicos, ya que estos experimentan esfuerzos a causa de altas presiones. Es esencial usar correctamente las llaves dinamométricas y aplicar la torsión de forma uniforme para evitar esfuerzos irregulares y filtraciones.

Intentamos publicar datos sobre cómo funcionan los componentes, cómo solucionar problemas cuando estos no funcionan y qué ocasiona algunos de los problemas que se deben corregir. Si tiene más preguntas sobre el funcionamiento de su equipo, consulte el manual de servicio del fabricante para ver los tiempos de los ciclos de funcionamiento, las presiones, recomendaciones sobre aceite, etc., especialmente antes de reemplazar algún componente.

Para ayudar a determinar los requisitos del sistema y seleccionar los componentes adecuados, se proporciona una página completa con fórmulas de hidráulica y mecánica en la página 38 de este cuadernillo.

Muncie Power Products también cuenta con otros dos recursos: nuestro sitio web y nuestro software M-Power. El sitio web, munciepower.com, incluye información acerca de la línea completa de productos Muncie, manuales de servicio e instalación, ubicaciones de los distribuidores autorizados y mucho más. También sirve como punto de lanzamiento para nuestro software basado en la web M-Power. Dentro de M-Power se pueden seleccionar tomas de fuerza y bombas, realizar cálculos hidráulicos y mecánicos, ver gráficos de las piezas de servicio y los números de modelo de los competidores.

Además, mientras visita el sitio web de Muncie Power, asegúrese de ver el área de capacitación para buscar información acerca de las clases y los seminarios de **capacitación** sobre productos que ofrece Muncie, y también sobre la capacitación en línea, M-Power Tech.

Por último, Muncie Power ofrece otro recurso muy importante: nuestro personal. Los gerentes de atención al cliente de Muncie Power están listos para compartir sus conocimientos con usted y están a solo una llamada gratuita de distancia.

Llame al 800-367-7867 (FOR-PTOS) para recibir ayuda con la selección de componentes o consulte la página 36 de este manual para la resolución de problemas de los sistemas.



Toma de fuerza Muncie Serie CS y bomba de engranaje Serie PL1 montadas en una transmisión automática Allison®.

SECCIÓN 1: PRINCIPIOS DE HIDRÁULICA

Los sistemas hidráulicos montados en camiones, independientemente de su aplicación, tienen en común los componentes y los principios de funcionamiento básicos de cualquier sistema hidráulico. Utilizan una fuente de energía, tanques, bombas, válvulas de control direccional y accionadores para mover y controlar el fluido y así realizar el trabajo.

En todo circuito hidráulico, se comienza con una potencia mecánica en forma de flecha rotatoria, que luego se convierte en potencia hidráulica en la bomba, se dirige con una válvula ya sea a un cilindro o a un motor y, luego, se vuelve a convertir en potencia mecánica. Esto se hace porque con la potencia fluida podemos dividir, dirigir y controlar fácilmente la aplicación de la fuerza.

Todas las aplicaciones hidráulicas están basadas en los requisitos de flujo y de presión. El flujo, expresado en galones por minuto (GPM), determina la velocidad a la cual se extiende un cilindro hidráulico o gira un motor hidráulico. El flujo es producido por la bomba. La presión, expresada en libras por pulgada cuadrada (PSI), determina la cantidad de fuerza ejercida. La presión se produce cuando el flujo encuentra resistencia.

La bomba no produce presión, pero sí la tolera. La combinación del flujo y la presión requeridos por un sistema hidráulico determina la potencia en caballos de fuerza (HP) de funcionamiento. Este requisito de potencia en caballos de fuerza se puede determinar con la siguiente fórmula:



Una restricción aplicada al flujo genera presión.

$$HP = GPM \times PSI \div 1,714$$

Ejemplo: Un sistema hidráulico requiere 12 GPM a una presión de funcionamiento de 2000 psi. El requisito de potencia en caballos de fuerza es: $12 \times 2,000 \div 1,714 = 14$ HP

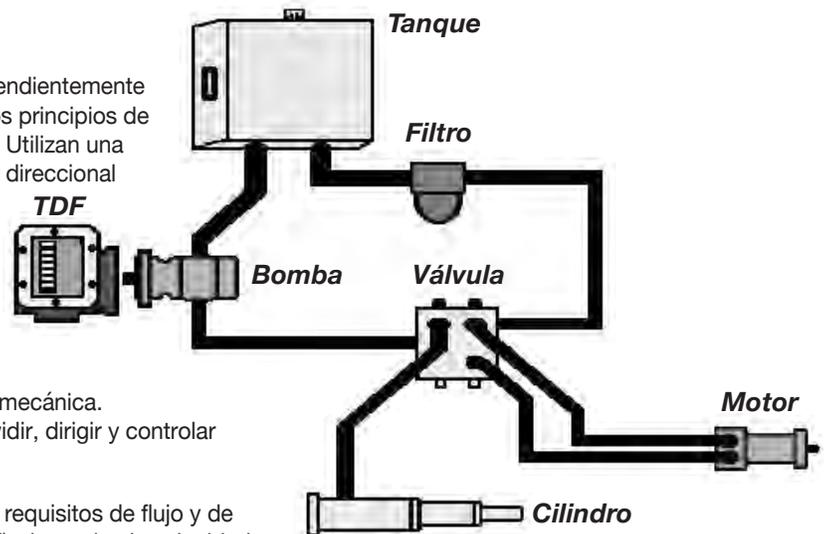
La ley de Pascal

El principio básico que gobierna la hidráulica se remonta a un matemático y filósofo francés del siglo XVII, Blaise Pascal. La ley de Pascal afirma que la presión ejercida en un líquido confinado se transmite instantáneamente, de manera uniforme y sin disminución, en ángulo recto a toda la superficie del recipiente. Como el aceite es prácticamente incompresible (solo el 0.5% por cada 1,000 PSI), cualquier fuerza que se ejerza en un extremo de un tubo o manguera lleno de aceite será transmitida instantáneamente al otro extremo.

Se requiere flujo y presión para realizar el trabajo.

Es importante, desde el punto de vista de la solución de problemas, recordar la diferencia entre flujo y presión. El flujo determina la velocidad del accionador, mientras que la presión determina la fuerza del sistema. Un sistema hidráulico que no puede levantar una carga probablemente esté experimentando un problema relacionado con la presión. Uno que sí puede realizar trabajos, aunque lentamente, es probable que esté experimentando un problema relacionado con el flujo.

SI NO HAY FUNCIONAMIENTO = no hay presión
FUNCIONAMIENTO LENTO = presión baja



Un sistema hidráulico simple montado en camión, que utiliza un cilindro y un motor hidráulico como accionadores.

CUATRO LEYES IMPORTANTES DE LA HIDRÁULICA

- I. **LEY DE PASCAL:** Una presión aplicada a un fluido confinado en reposo se transmite adiabáticamente (sin ganancia ni pérdida de calor) con igual intensidad a todo el fluido y a todas las superficies del recipiente.

ESTAS LEYES AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DEL AIRE, LO QUE PUEDE OCASIONAR FALLAS. AYUDAN A EXPLICAR LOS FENÓMENOS DE LA CAVITACIÓN Y LA AIREACIÓN.

- II. **LEY DE BOYLE:** A temperatura constante, la presión absoluta de una masa dada de gas varía inversamente con el volumen.
- III. **LEY DE CHARLES:** A presión constante, el volumen de una masa dada de gas varía directamente con la temperatura absoluta.
- IV. **LEY DE HENRY-DALTON:** La cantidad de aire que se puede disolver en un sistema es directamente proporcional a la presión del aire sobre el fluido.

TABLA DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR, EN PIES	LECTURA DEL BARÓMETRO EN PULGADAS DE MERCURIO (HG)	PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN LIBRAS POR PULGADA CUADRADA (BAR)
0	29.92	14.7 (1.01130)
1,000	28.8	14.2 (0.97344)
2,000	27.7	13.6 (0.93626)
3,000	26.7	13.1 (0.90246)
4,000	25.7	12.6 (0.86866)
5,000	24.7	12.1 (0.83486)
6,000	23.8	11.7 (0.80444)
7,000	22.9	11.2 (0.77402)
8,000	22.1	10.8 (0.74698)
9,000	21.2	10.4 (0.71656)
10,000	20.4	10.0 (0.68952)

NOTA:

1 pulg. de mercurio = 0.4914 PSI

1 PSI = 2.035 pulgadas de mercurio

Cuatro presiones

Recuerde: existen cuatro presiones que actúan en un sistema hidráulico:

La **presión atmosférica** lleva el aceite desde el depósito hasta la entrada de la bomba. Las bombas están diseñadas para recibir, no para succionar aceite. Por este motivo, es preferible colocar el tanque directamente por encima de la entrada de la bomba. Por este motivo también nos referimos al puerto de entrada de la bomba, en lugar de al puerto de succión. La presión atmosférica a nivel del mar es 14.7 PSI y disminuye aproximadamente ½ PSI por cada 1,000 pies de elevación. En la práctica, tal vez sea necesario utilizar mangueras de entrada con diámetros más grandes y prestar más atención a la ubicación del tanque en lugares con mucha altura como Denver, Colorado o Salt Lake City, Utah.

La presión del **sistema en neutro** es la resistencia al flujo aplicada por el sistema, según las mediciones en la salida de la bomba, cuando todas las válvulas de control están en la posición neutral. Cada componente, manguera y conector que el aceite deba atravesar para llegar desde la salida de la bomba hasta el puerto de retorno del tanque se agrega a la presión del sistema en neutro. Esto se menciona, a veces, como presión ΔP (Delta-P) o parasitaria. Esta presión se resta del trabajo que puede realizar el accionador, y la energía desperdiciada se transforma en calor del sistema. Los sistemas con alta presión en neutro se calientan y desgastan más rápidamente. Idealmente, las presiones en neutro deben mantenerse por debajo de 300 PSI. En nuestra experiencia de resolución de problemas, hemos observado presiones en neutro del sistema de hasta 900 PSI.

La **presión de funcionamiento de la bomba** se explica por sí misma. Se trata de la presión necesaria para realizar trabajo (para extender el cilindro o girar el motor hidráulico) y se mide en la salida de la bomba. Lo que se mida en la bomba es la presión de trabajo del accionador sumada a la caída de presión del sistema. Si se requieren 1,500 PSI para hacer funcionar un motor hidráulico y la caída de presión del sistema es 500 PSI, la presión de funcionamiento medida en la bomba será 2,000 PSI.

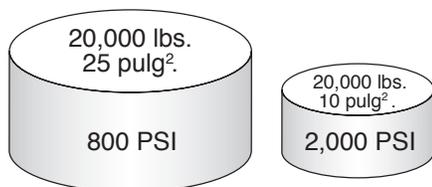
Por último, la **presión de alivio** es la presión a la cual la válvula de alivio del sistema se abre y purga el flujo de vuelta al tanque hasta que disminuye la presión del sistema. Por lo general, la presión de alivio se fija en aproximadamente 15% sobre la presión de trabajo del sistema. Por lo tanto, un sistema diseñado para funcionar a 2,000 PSI debería tener la válvula de alivio calibrada en 2,300 PSI.

¿CUÁNTA PRESIÓN HIDRÁULICA SE PUEDE ESPERAR EN UN SISTEMA HIDRÁULICO MONTADO EN CAMIÓN?

Están los que piensan que la presión de funcionamiento del sistema se determinada por una configuración o un ajuste en la válvula de alivio. En realidad, como podremos ver, la presión hidráulica es generada o limitada por varios factores:

- la carga que hay que mover
- el desplazamiento del motor hidráulico o el área del pistón del cilindro
- la eficiencia mecánica del diseño
- la eficiencia hidráulica del diseño

Fuerza = presión × área



La presión está determinada por el área

Utilizaremos el número 231 a lo largo de nuestra discusión sobre los componentes del sistema hidráulico. 231 es el número de pulgadas cúbicas de líquido, en nuestro caso aceite, contenido en un galón. Los fabricantes de componentes hidráulicos clasifican a las bombas y los motores según las pulgadas cúbicas de desplazamiento (cubic inch displacement, CID). Al igual que hablamos de motores de automóviles en términos de pulgadas cúbicas, también especificamos y comparamos las bombas hidráulicas en términos de pulgadas cúbicas de desplazamiento. En cuanto al desplazamiento de la bomba, nos referimos a la cantidad de flujo de aceite que produce una bomba con cada rotación completa de su flecha de entrada. Por lo tanto, una bomba de 4 pulgadas cúbicas, con cada rotación de la flecha, moverá 4 pulgadas cúbicas de aceite desde la entrada hasta la salida. ¿Qué quiere decir esto en galones por

minuto (GPM), la medida a la que estamos más acostumbrados? Si nuestra aplicación requiere un caudal de 20 GPM, la flecha de entrada de la bomba de 4 pulgadas cúbicas debe girar a una velocidad de 1,155 revoluciones por minuto (RPM).

$$20 \text{ GPM} \times 231 = 4,620 \text{ (pulgadas cúbicas en 20 galones)}$$
$$4,620 \div 4 \text{ pulgadas cúbicas (desplazamiento de la bomba)} = 1,155 \text{ RPM}$$

También utilizaremos el número 231 cuando hablemos de los tanques, cilindros y motores hidráulicos.

Eficiencia de los sistemas hidráulicos

Ningún sistema hidráulico es 100% eficiente. Esto se debe a que ningún componente hidráulico individual es 100% eficiente. Hay dos obstáculos mecánicos que hay que superar: la fricción y las filtraciones internas. Ambas, que son inevitables, le restan a la eficiencia general de los componentes y, por lo tanto, de todo el sistema.

Se ha calculado que los sistemas hidráulicos que utilizan cilindros como accionadores, cuando son nuevos, alcanzan aproximadamente un 85% de eficiencia, mientras que los sistemas con motor hidráulico logran un 80%. Esto tiene dos consecuencias: primero, los requisitos de potencia de la entrada de la bomba superarán a la potencia de salida en un factor igual a la ineficiencia. Segundo, la potencia que se pierde a causa de la ineficiencia se convertirá en calor.

Por ejemplo, las bombas de engranaje, cuando son nuevas, tienen una eficiencia volumétrica de aproximadamente 94%. Esto significa que por cada 10 galones de aceite que ingresan a través del puerto de entrada, saldrán 9.4 galones por la salida. Los 0.6 galones restantes, más o menos, pasarán por las puntas de los dientes de engrane. ¿Qué sucede cuando los componentes tienen una filtración interna? ¡Calor! La ineficiencia se manifiesta en forma de calor. Cuanto mayor es la ineficiencia del sistema, mayor será el calor. Con el tiempo, a medida que los componentes se desgastan y se vuelven menos eficientes, los sistemas hidráulicos funcionan más lentamente y generan más calor.

Sistemas hidráulicos de centro abierto y cerrado

Como ya hemos dicho, hacen falta dos condiciones para realizar un trabajo hidráulico: **flujo y presión**. Si se elimina alguna de estas, se detiene el trabajo. De manera alternativa, si se puede controlar alguna de estas condiciones, se podrá controlar el trabajo hidráulico. Esto ha llevado a dos diseños de sistemas hidráulicos: **de centro abierto y centro cerrado**.

Centro abierto

El término centro abierto describe el tipo de circuito hidráulico y, literalmente, la construcción de la válvula de control direccional. **En un sistema de centro abierto, el flujo es continuo y la presión es intermitente.** Cuando la bomba gira, se genera flujo que es enviado por un pasaje central a través de la válvula de control direccional de vuelta al tanque. Cuando se acciona un carrete en la válvula de control direccional, el flujo es dirigido hacia la carga, lo que genera presión. Una vez que la presión excede la carga, esta se mueve.

Centro cerrado

De igual modo, el término centro cerrado describe el tipo de circuito hidráulico y la construcción de la válvula de control direccional. **En un sistema de centro cerrado, el flujo es intermitente y la presión es continua.** Cuando la bomba gira, solo se genera flujo suficiente para mantener una presión de reserva en la válvula de control direccional y para mantener la bomba lubricada. Cuando se acciona un carrete, se abre una vía para el flujo y, en simultáneo, se envía información sobre la señal de presión desde la válvula de control direccional a la bomba, indicándole que genere flujo.

Eficiencia volumétrica (EV)

El flujo de salida real de una bomba comparado con su flujo de salida teórico en pulgadas cúbicas de desplazamiento.

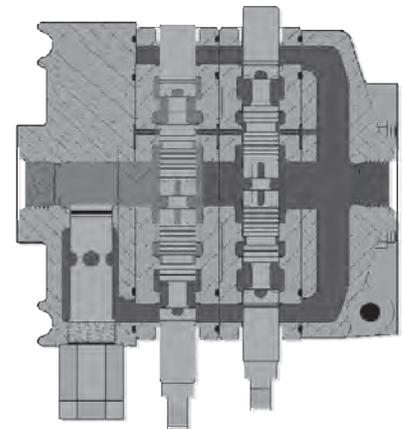
$$EV = \text{salida real} \div \text{salida teórica}$$

Eficiencia mecánica

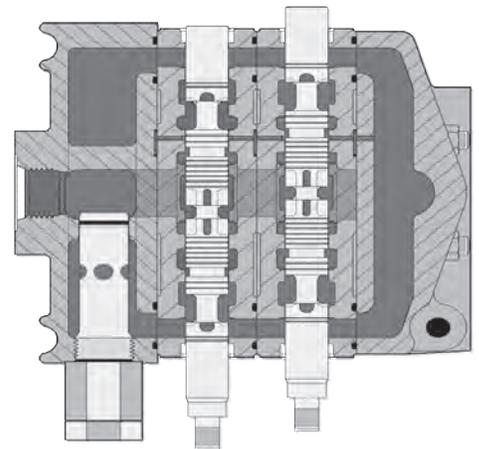
Un indicador de las pérdidas de potencia interna de la bomba como porcentaje de la potencia de entrada. (Cualquier fricción interna, cojinetes, sellos, etc., generará pérdida de potencia.)

Eficiencia general

La eficiencia de la bomba cuando se calculan las eficiencias volumétricas y mecánicas.



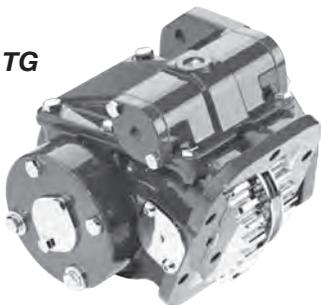
Centro abierto



Centro cerrado

SECCIÓN 2: EL MOTOR PRINCIPAL

Serie TG



El motor principal suministra la potencia mecánica necesaria para accionar el sistema hidráulico. En la industria de los sistemas hidráulicos móviles, el motor principal con el que estamos más familiarizados es el motor del camión. El motor del camión suele utilizarse para suministrar potencia a través de una **toma de fuerza (TDF)**, a través de correas de la polea del cigüeñal o directamente a través de un ensamble de eje de transmisión tubular. En algunos sistemas de alta potencia, se puede usar un motor auxiliar o secundario. En cualquier caso, el motor principal debe ser capaz de proporcionar la potencia necesaria para alimentar al sistema hidráulico. Consulte la fórmula de potencia hidráulica en caballos de fuerza en la página 3.

Tomas de fuerza

Las tomas de fuerzas originales eran modelos de engranaje único que se engranaba con un engranaje de transmisión, lo que provocaba la rotación del eje de salida. Las **tomas de fuerza de engranaje único** también tienen limitaciones en cuanto a velocidad y potencia en caballos de fuerza. Se utilizan, principalmente, en camiones de volteo de un eje y grúas para agricultura pequeños. La mayoría de las tomas de fuerza de engranaje único son obsoletas.

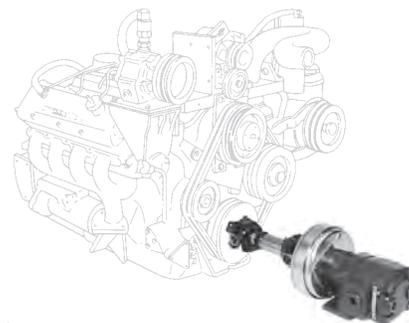
Las **tomas de fuerza de doble o triple engranaje**, que se encuentran en camiones de volteo, vehículos recolectores de basura, camiones grúas, camiones con cesta en brazo elevador, camiones cisterna y grúas de montaje en camión, son las TDF más usadas debido a su versatilidad. Este tipo de tomas de fuerza puede acoplarse mediante cable, aire, solenoides eléctricos o palancas mecánicas. Ofrecen una amplia variedad de ejes de salida y bridas de montaje, que permiten el acoplamiento directo de las bombas hidráulicas de los principales fabricantes. Las velocidades del eje de salida de la toma de fuerza varían al cambiar la relación de engrane interno de la toma de fuerza.

El diseño más reciente de toma de fuerza es el de **cambio accionado por embrague**. Estos modelos se acoplan por medio de discos de fricción en lugar de engranajes deslizantes. Las tomas de fuerza tipo engrane se utilizan, comúnmente, en camiones de basura, camiones con cesta en brazo elevador, vehículos de rescate y camiones de bomberos.

En este texto no trataremos la selección de tomas de fuerza. Basta con decir que, cuando se utiliza una toma de fuerza como fuente de alimentación para el sistema hidráulico, esta debe cumplir con los requisitos de torsión, potencia en caballos de fuerza y velocidad del sistema. Para obtener información más detallada sobre los tipos, la selección y resolución de problemas de las tomas de fuerza, consulte nuestra guía de capacitación, "Conceptos básicos de los sistemas de tomas de fuerza".

Accionamiento con el cigüeñal del motor

Muchos vehículos con control de nieve y recolectores de basura utilizan una bomba hidráulica de montaje frontal accionada por un ensamble de eje de transmisión tubular del compensador armónico del motor. La disposición de "potencia activa" tiene la ventaja de ofrecer la torsión máxima del motor en aplicaciones de alta demanda, a la vez que elimina el costo de la toma de fuerza. La desventaja de este tipo de instalación es que se debe elevar el radiador para dar paso al eje de transmisión, extender los largueros de marco frontales y fabricar un soporte de montaje para la bomba.



Bomba de embrague accionada por cigüeñal



TITAN® MC1

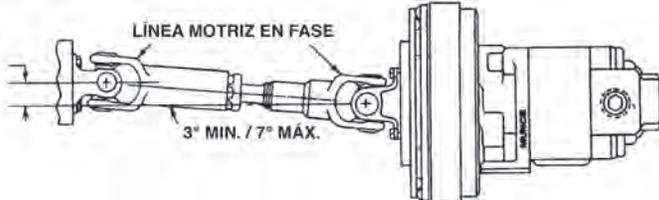
Serie FRQ6 con Muncie Start®



Serie 82

Las tomas de fuerza se utilizan para transferir potencia del motor a una bomba hidráulica.

FLECHA IMPULSORA Y FLECHA ACCIONADA EN PARALELO



Ángulo máximo de funcionamiento de la junta en U

$A^\circ = \frac{\text{longitud del eje}}{5}$

5

Las líneas motrices usadas para esta aplicación deben ser de tipo tubular, balanceado y capaces de transmitir cargas de torsión elevada. Generalmente se indica la serie Spicer 1310, o sus equivalentes. **Nunca** deben utilizarse barras sólidas en aplicaciones accionadas por cigüeñal.

Otro tema importante que se debe tener en cuenta es la angulosidad del eje de transmisión. No solo es necesario mantener un ángulo bajo (generalmente, menos de 7°), sino también mantener la flecha de entrada de la bomba paralela al cigüeñal del motor a menos de 1½°. Igualmente, las horquillas en cada extremo del eje deben estar **en fase**, es decir, alineadas entre sí. Si no se cumple alguno de estos requisitos, habrá vibración en el eje de transmisión y se dañará la bomba.

Motores auxiliares

Los motores auxiliares, a gasolina o diésel, por lo general se usan únicamente en aplicaciones que requieren toda la potencia y torsión del motor. En las aplicaciones montadas en camión, esto incluye cosas tales como bombas de vacío grandes y bombas para hormigón. Por lo general, una o más bombas hidráulicas están acopladas al eje de salida del motor.

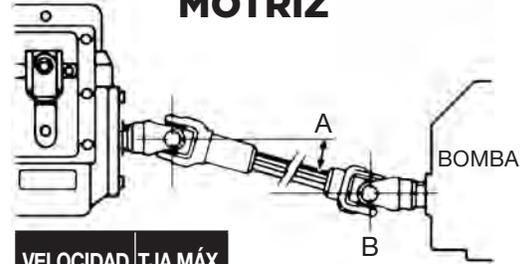
Bombas accionadas por correas

Las bombas accionadas por correas, es decir, las "bombas de embrague", son una fuente de energía popular para aplicaciones como camiones grúas y camiones elevadores con cesta. También representan una alternativa a los sistemas de toma de fuerza en vehículos sin aberturas de TDF o en donde el acceso a la abertura de TDF de la transmisión esté obstruido. La bomba de embrague es accionada por correa desde la polea del cigüeñal, a través de un embrague eléctrico similar al que se puede encontrar en el compresor del aire acondicionado de un automóvil.

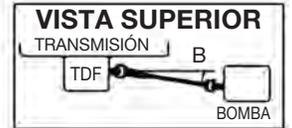
Una consideración importante a tener en cuenta en las aplicaciones de bomba de embrague es la limitación de potencia en caballos de fuerza de las correas del motor. Una correa típica automotriz doble de 1/2 pulgada puede transmitir aproximadamente una potencia de 7 caballos de fuerza. La mayoría de las aplicaciones utilizan dos correas en V o una correa poly-V para accionar la bomba. Esta limitación de la correa (y las limitaciones de espacio disponible) prohíbe el uso de bombas de desplazamiento grandes (más de 2½ pulgadas cúbicas) en las aplicaciones con bomba de embrague. Las transmisiones con correa tipo serpiente proporcionan potencia comparable a la de las correas en V.

Los cambios en el diseño de los camiones y los compartimentos reducidos de los motores plantean desafíos para los fabricantes de bombas de embrague. Sin embargo, las bombas de embrague siguen siendo una opción popular para las aplicaciones hidráulicas.

ÁNGULOS DE LA LÍNEA MOTRIZ



VELOCIDAD MÁX. (RPM)	TJA MÁX. "A"
3,500	5°
3,000	6°
2,500	7°
2,000	8°
1,500	11°
1,000	12°



$$TJA = \sqrt{A^2 + B^2}$$

Ángulo real de la junta (TJA)

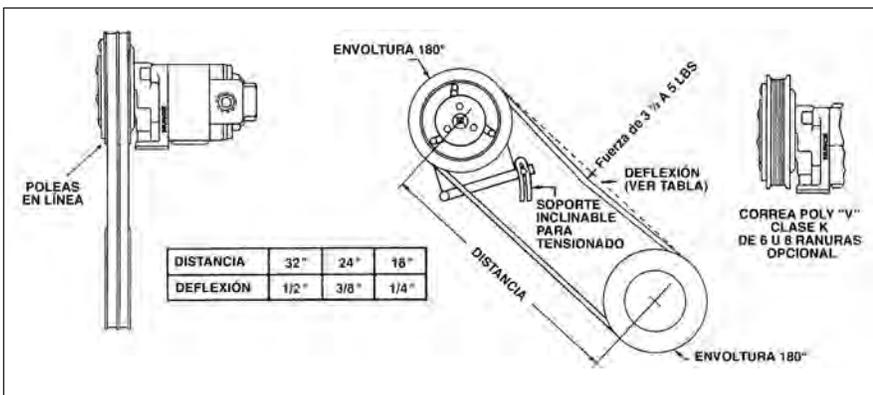
Para velocidades que superan las 2,500 RPM, contáctese con Muncie Power para obtener aprobación.

Para instalaciones con ángulos en las vistas superiores y laterales, use esta fórmula para calcular el ángulo real de la junta (TJA).

Nota: No se recomiendan ejes sólidos para velocidades de funcionamiento continuo superiores a 1,000 RPM.



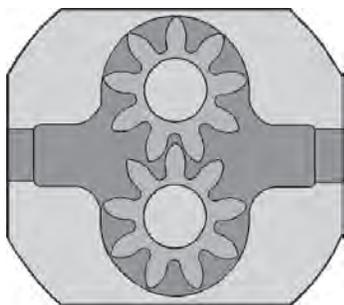
Bomba de embrague accionada por cigüeñal



Kit de bomba de embrague y soporte

La correcta alineación y tensión de la correa es fundamental para el rendimiento de la bomba de embrague.

- LAS BOMBAS PRODUCEN FLUJO
- LAS BOMBAS NO PRODUCEN PRESIÓN
- LA PRESIÓN SE PRODUCE CUANDO EL FLUJO ENCUENTRA RESISTENCIA



Vista transversal de una bomba de engranaje

SECCIÓN 3: BOMBAS

Las bombas hidráulicas toman la energía mecánica del motor principal (una fuerza de giro) y la convierten en energía fluida en forma de flujo de aceite. Como se explicó anteriormente, por lo general, nos referimos a este flujo de aceite en términos de galones por minuto (GPM). Es este **caudal** el que **determina** la **velocidad** a la cual funcionará el sistema.

Si tiene las especificaciones del fabricante para el sistema hidráulico, estas deberían indicar los requisitos de caudal de funcionamiento (GPM/LPM) y de presión (PSI/BAR). Es posible que también se sugiera una marca y modelo de bomba. En lo que respecta al sistema hidráulico, cualquier bomba que cumpla con los requisitos de flujo y presión funciona igual de bien. Algunas pueden ser más eficientes. Algunas se ven diferentes. El costo real tal vez no esté en el precio de compra sino en el costo de hacer funcionar y mantener el sistema a lo largo de su vida útil.

El diseño de las bombas puede ser de **un sentido** o **dos sentidos**. Las bombas de un sentido están diseñadas para funcionar en una sola dirección de giro de la flecha, mientras que las bombas de dos sentidos pueden funcionar en cualquier dirección. Las bombas de un sentido suelen distinguirse porque los puertos de entrada y salida tienen tamaños diferentes, y el más grande es el de entrada. Algunas bombas de dos sentidos tienen dos flechas de entrada para que coincidan con la rotación del eje de transmisión. Las bombas de dos sentidos también suelen tener puertos de tamaños iguales, ya que cualquiera puede ser de entrada o de salida, según la rotación.

NOTA: Como regla general, si la bomba es accionada por una toma de fuerza en una transmisión manual, la rotación de entrada será hacia la izquierda (sentido antihorario). Si es accionada por una toma de fuerza en una transmisión manual, la rotación será hacia la derecha (sentido horario). Las transmisiones automáticas de Ford son la excepción a la regla. La rotación de las bombas accionadas por cigüeñal con montaje frontal será hacia la izquierda.

Bombas de desplazamiento positivo y variable

Generalmente, se encuentran tres tipos de construcciones de bombas hidráulicas en las aplicaciones hidráulicas móviles: engranaje, pistón y paletas.

Bombas de engranaje

Las bombas de engranaje son el diseño más común en uso para sistemas hidráulicos montados en camión. Las bombas de engranaje son relativamente económicas, tienen pocas piezas móviles, son fáciles de mantener y, en general, toleran más la contaminación que otros diseños.



Bomba serie PK1

Las bombas de engranaje son **bombas de desplazamiento fijo o positivo**. Esto es, producen el mismo volumen de caudal en cada rotación completa de la flecha. Los tipos de sistemas en los que generalmente se usan bombas de engranaje se conocen como sistemas de centro abierto. Los sistemas de **centro abierto** son aquellos que permiten que el aceite fluya a través del núcleo del centro abierto de la válvula direccional y vuelva al tanque bajo presión de retorno baja, cuando no está dirigido a una función de trabajo. Las bombas de engranaje solo pueden usarse en sistemas de centro cerrado si se utilizan válvulas de descarga especiales.

Las bombas de engranaje funcionan atrapando aceite en las áreas entre los dientes de sus dos engranajes y el cuerpo de la bomba, para luego transportarlo alrededor de la circunferencia de la cavidad del engranaje y empujarlo a través del puerto de salida cuando se engrana el engranaje. Se permite una pequeña cantidad de aceite a presión detrás de las **placas de empuje** de aleación de latón, que suelen llamarse **placas de desgaste**, en cada extremo del juego de engranajes, y las empuja firmemente contra los extremos de los engranajes para mejorar la eficiencia de la bomba.

Las bombas de engranaje se clasifican en términos de sus pulgadas cúbicas de desplazamiento (CID), la clasificación de presión máxima y los límites de velocidad de entrada máximos.

Las bombas de engranaje de Muncie Power vienen en desplazamientos de 1/2 pulg³ hasta 14 pulg³. Los fabricantes de bombas usan una velocidad de régimen para describir las bombas. De esta manera, pueden describir sus bombas en términos

de galones por minuto (GPM), a lo cual están acostumbrados la mayoría de los usuarios. Un fabricante que utiliza 1,000 RPM como velocidad de régimen se referirá, por ejemplo, a su bomba de 7 pulg³ como una bomba de 30 GPM (7 pulg³ × 1,000 ÷ 231 = 30.3 GPM). Un fabricante que utiliza 1,200 RPM como velocidad de régimen se referirá, por ejemplo, a la misma bomba de 7 pulg³ como una bomba de 36 GPM (7 pulg³ × 1,200 ÷ 231 = 36.36 GPM).

Precaución: No todos los fabricantes de bombas utilizan la misma velocidad de régimen. Algunos usan 1,000 RPM, algunos usan 1,200 y otros, 1,800. Hay que tener cuidado al comparar o reemplazar las bombas de distintos fabricantes. No querrá venderles una bomba demasiado grande o pequeña para su aplicación porque no realizó una comparación precisa. Si es posible, tome la determinación basándose en la comparación de pulgadas cúbicas de desplazamiento (CID) o en la especificación del equipo original.

Todas las bombas, independientemente del diseño, tienen una clasificación de presión máxima. Esta es la presión más alta a la que se diseñó la bomba para funcionar. No es la presión que produce la bomba cada vez que funciona. La clasificación de presión máxima de funcionamiento se ve afectada por muchas variables, entre ellas: diámetro de la flecha, cargas sobre cojinete, composición del cuerpo, tipo y tamaño de puerto. Un factor importante que afecta la clasificación de presión de las bombas de engranaje es la distancia entre los cojinetes delanteros y traseros que sostienen los engranajes de la bomba. Cuanto más grande es la longitud sin apoyo, más baja es la clasificación de presión máxima.

La velocidad máxima de funcionamiento de una bomba está basada, principalmente, en el límite al que los engranajes rotatorios pueden llenar la cavidad del engranaje antes de que comience la cavitación, aunque el tipo de cojinete y la calidad del aceite hidráulico también pueden ser factores. A menudo, esto se relaciona con el tamaño y la ubicación del puerto. También puede verse afectada por el tamaño de la manguera, la ubicación del tanque y la viscosidad del aceite. El funcionamiento a velocidades excesivas puede ocasionar cavitación o daños causados por el calor. Más adelante, trataremos la cavitación con más detalle.

Curiosamente, las bombas de engranaje también tienen un límite de velocidad **mínimo**. Las bombas de engranaje, por lo general, son más eficientes en el tercio superior de su rango de velocidad de funcionamiento. Las bombas que giran lentamente son menos eficientes que las que giran más rápido. El funcionamiento por debajo de las RPM mínimas genera un exceso de calor, que puede dañar los sellos y las placas de desgaste. En general, las bombas de engranaje no deben funcionar a velocidades de la flecha de entrada inferiores a 1,000 RPM. La tabla a continuación muestra el rendimiento típico de una bomba de engranaje. Tenga en cuenta que, a una presión constante, la eficiencia volumétrica de la bomba aumentará a medida que aumente la velocidad de la flecha de la bomba. También notará que, a una velocidad constante, la eficiencia disminuirá a medida que aumente la presión. **Los cambios, ya sea en la velocidad o en la presión, afectarán la eficiencia volumétrica de la bomba de engranaje. Las bombas que funcionan dentro del extremo superior de su rango de velocidad son más eficientes que las que funcionan en el extremo más bajo. Tenga en cuenta este dato a la hora de seleccionar la toma de fuerza.**

FLUJO DE SALIDA DE LA BOMBA BASADO EN PULGADAS CÚBICAS DE DESPLAZAMIENTO

(TEÓRICAS)	VELOCIDAD DE LA FLECHA (RPM)					
	1,000	1,200	1,500	2,000	2,500	3,000
1	4	5	6	9	11	13
2	9	10	13	17	22	26
3	13	16	19	26	32	39
4	17	21	26	36	43	52
5	22	26	32	43	54	65
6	26	31	39	52	65	78
7	30	36	45	61	76	91
8	35	42	52	69	87	104
9	39	47	58	78	97	117

Fórmula: GPM = CID × RPM ÷ 231

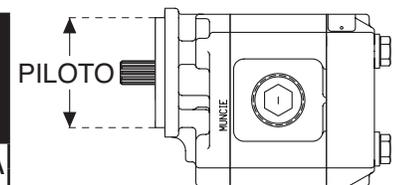
SAE MONTAJE/TAMAÑO DE LAS FLECHAS

SAE	PILOTO	CÍRCULO DEL PERNO	TAMAÑO DE FLECHA
A	3.25"	(2) 4.188"	.624"
B	4"	(2) 5.75"	.875" - 13 spl.
BB	4"	(4) 5"	.875" - 13 spl.
		(2) 5.75"	1" - 15 spl.
C	5"	(4) 5"	1" - 14 spl.
		(2) 6.75"	1.25" - 14 spl.
		(4) 6"	1.25" - 14 spl.

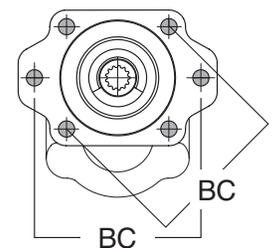
TABLA DE RENDIMIENTO DE LA BOMBA

MODELO: PK1-13 (2.96 pulg³ de desplazamiento) PRUEBA: Datos de prueba de una bomba promedio
TEMP.: 120°F VISCOSIDAD: 100 SUS

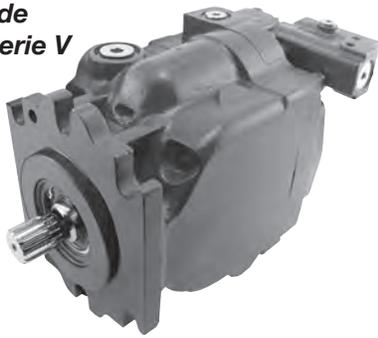
VELOCIDAD RPM	PSI DE SALIDA	BARES DE SALIDA	FLUJO (GPM)	TORSIÓN EN		HP HID.	HP MEC.	EFICIENCIA MEC.	EFICIENCIA DE VOLUMEN	EFICIENCIA GENERAL
				pulg/lb	pies/lbs					
500	1,000	69	5.3	630	52.50	5.0	3.1	74.7	82.9	61.9
	2,000	138	4.8	1,185	98.75	9.4	5.6	79.4	75.0	59.6
	2,500	172	4.6	4.6	1,513	126.08	12.0	6.7	77.7	71.9
1,000	1,000	69	11.6	548	45.67	8.7	6.8	85.8	90.7	77.8
	2,000	138	11.1	1,097	91.40	17.4	13.0	85.7	86.8	74.4
	2,500	172	10.9	1,386	115.50	22.0	15.9	84.8	85.2	72.3
1,500	1,000	69	18.1	542	45.17	12.9	10.6	86.8	94.3	81.9
	2,000	138	17.8	1,092	91.00	26.0	20.8	86.1	92.8	79.9
	2,500	172	17.4	1,345	112.08	32.0	25.4	87.4	90.7	79.3
2,000	1,000	69	24.2	539	44.92	17.1	14.1	87.3	94.6	82.5
	2,000	138	23.9	1,078	89.83	34.2	27.9	87.3	93.4	81.5
	2,500	172	23.7	1,323	110.25	42.0	34.4	88.9	92.6	82.3
2,500	1,000	69	29.2	533	44.40	20.3	17.0	88.2	95.1	83.9
	2,000	138	28.9	1,060	88.30	40.4	33.7	88.7	94.1	83.5
	2,500	172	28.8	1,339	116.58	51.0	42.0	87.8	93.8	82.4



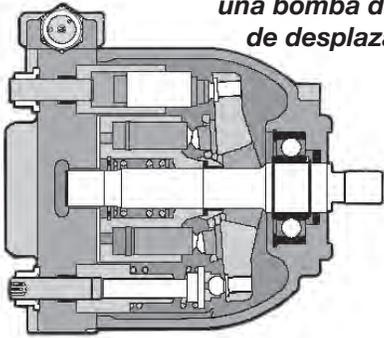
Círculos del perno



Bomba de pistón serie V



Vista transversal de una bomba de pistón de desplazamiento variable



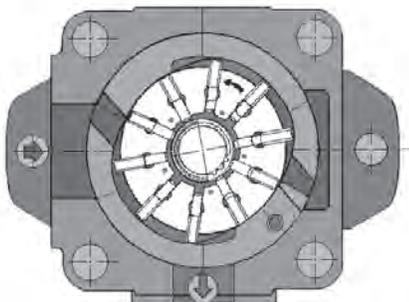
Bomba de pistón de eje doblado



Bomba de paletas Serie D



Vista transversal de una bomba de paletas



Bombas de pistón

Las bombas de pistón se usan con frecuencia en donde se requieren altas presiones de funcionamiento. Las bombas de pistón, por lo general, toleran presiones más altas que las bombas de engranaje de desplazamiento comparable. Las grúas montadas en camión utilizan con frecuencia bombas de pistón. Las desventajas son el alto costo inicial, una menor resistencia a la contaminación y su complejidad. Con más piezas móviles, tolerancias menores y requisitos de filtrado más estrictos, las bombas de pistón requieren mayor sofisticación por parte del diseñador del equipamiento y el técnico de mantenimiento.

Una bomba de pistón está compuesta por un bloque de cilindros que contiene pistones, que succionan aceite del puerto de suministro y lo empujan a través de la salida a medida que se mueven hacia dentro y hacia fuera. La longitud de la carrera del pistón está determinada por el ángulo de una placa oscilante, contra la que se mueve el extremo deslizante del pistón. El bloque de cilindros, que contiene los pistones, gira junto a la flecha de entrada de la bomba, mientras que la placa oscilante permanece fija. El volumen total de los cilindros de la bomba determina su desplazamiento.

Las bombas de pistón están disponibles con diseño de desplazamiento fijo y variable. Una bomba de pistón de **desplazamiento fijo** tiene una placa oscilante con un ángulo no regulable y, al igual que una bomba de engranaje, el flujo de salida es directamente proporcional a la velocidad de la flecha de entrada. Este tipo de bomba de pistón, igual que la bomba de engranaje, se usa en sistemas hidráulicos de centro abierto.

En algunas aplicaciones, como vehículos de control de hielo y nieve, los requisitos de flujo hidráulico varían de acuerdo con las condiciones de funcionamiento y puede ser conveniente variar el flujo del sistema sin que varíe la velocidad del motor (entrada de la bomba). En estas aplicaciones, se especifica una bomba de pistón de **desplazamiento variable**. Con este diseño, la placa oscilante no está fija y su ángulo se regula, por medio de un compensador, por una señal de presión de la válvula direccional. Si se requiere más flujo, el ángulo de placa oscilante cambia para que la carrera del pistón sea más larga, con lo cual aumenta el desplazamiento de la bomba. Las bombas de desplazamiento variable se usan en sistemas de centro cerrado. En estos sistemas, no hay exceso de flujo ni se pierde potencia hidráulica, ya que el ángulo de la placa oscilante disminuye a medida que disminuye el requisito de flujo. Las bombas de pistón de desplazamiento variable pueden ser de presión compensada, de flujo compensado o de presión y flujos compensados.

Un sistema de **presión compensada** regula el ángulo de la placa oscilante (desplazamiento de la bomba) para mantener una presión específica, independientemente de los cambios en el flujo del sistema.

Un sistema de **flujo compensado** regula el ángulo de la placa oscilante para mantener una presión de margen constante a medida que cambian los requisitos de flujo.

Un sistema que combina la compensación de presión y flujo a menudo se conoce como sistema con **detección de carga**. Muchos vehículos de control de hielo y nieve utilizan este tipo de sistema.

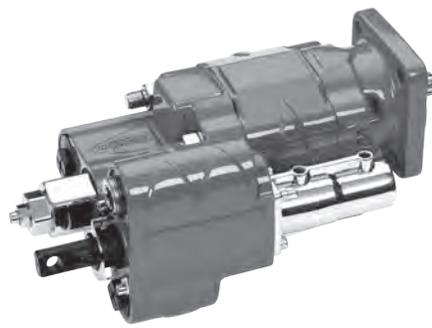
Bombas de paletas

Las bombas de paletas, que alguna vez fueron comunes en vehículos utilitarios (cestas con brazo elevador y escaleras), ya no se ven con tanta frecuencia en los sistemas hidráulicos móviles (montados en camión). El motivo principal se debe a la amplia aceptación y disponibilidad de las bombas de engranaje y al mayor control de los equipos que ofrecen las bombas de pistón de desplazamiento variable. *Muncie Power no tiene bombas de paletas.*

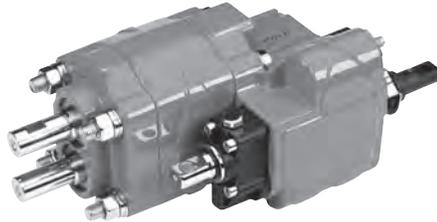
Las bombas de paletas funcionan de manera similar a las bombas de engranaje en que, a medida que la flecha de entrada gira, el aceite es recogido entre las paletas y transportado hasta el extremo de salida de la bomba. Sin embargo, hay un solo juego de paletas, a diferencia del par de engranajes, en un cartucho rotatorio en la carcasa de la bomba. El área entre las paletas aumenta en el extremo de entrada de la bomba y disminuye en la salida. Este cambio en el área hace que el aceite se extraiga a través del puerto de suministro y se expulse a través de la salida a medida que gira el cartucho de paleta.

Bombas de volteo

Las bombas de camiones más reconocidas son las **bombas de volteo**. La bomba de volteo, tal como la conocemos hoy, se lanzó hace casi 50 años y, desde entonces, ha cambiado muy poco, aunque el diseño más reciente tiene puertos más grandes y un diseño de engranajes más eficiente. Esta bomba, común en camiones de volteo de eje en tándem hasta remolques de volteo, es básicamente una bomba de engranaje con un desplazamiento de un poco más de 6 pulgadas cúbicas, con una válvula de control direccional integral de tres vías y tres posiciones, y un ensamble de descarga de presión. Lo más importante que hay que recordar con respecto a estas bombas es que fueron diseñadas específicamente para una aplicación: los camiones de volteo—por eso su nombre. **No** están indicadas para otras aplicaciones comunes como los remolques con piso de correa transportadora y los eyectores. Los caminos internos estrechos las hacen inadecuadas para las aplicaciones de servicio continuo debido a que se puede generar un exceso de calor. Las bombas de volteo también tienen una clasificación de presión máxima que puede estar por debajo de los requisitos de algunas aplicaciones con piso de correa transportadora. Para las aplicaciones que involucran remolques de volteo y con piso de correa transportadora, use el sistema Combo Kit II de Muncie Power, que utiliza una bomba de servicio continuo de alta presión y una válvula de control de volumen alto separada con un ensamble de descarga de dos etapas.



Bombas de volteo serie E

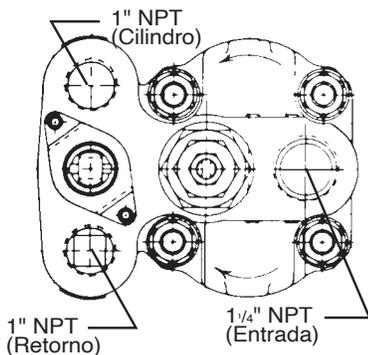


Las bombas de volteo comúnmente son de acoplamiento directo a la toma de fuerza. Con un peso de 70 libras, es importante que las bombas de acoplamiento directo estén sostenidas firmemente a la carcasa de transmisión, a través de un soporte suministrado por el instalador. Este soporte debe ser de tipo cuatro puntos (dos para la bomba/dos para la transmisión). Las bombas de volteo, por lo general, vienen con pernos de ensamble extendido para usar como puntos de conexión. Consulte el manual de instalación de la toma de fuerza para obtener información adicional y sugerencia de diseño.

Otra consideración importante en la selección de bombas de volteo es la **instalación de dos líneas** versus la de **tres líneas**. Esto hace referencia a la cantidad de mangueras utilizadas para la bomba. Los sistemas de dos líneas utilizan una manguera de entrada y retorno común, y son frecuentes en camiones que voltean materiales, en lugar de esparcirlos. Los sistemas de tres líneas están equipados con una manguera de retorno dedicada, y son los preferidos para los camiones que se usan para esparcir, por ejemplo, para colocar grava en la superficie de la carretera. Una bomba de volteo puede

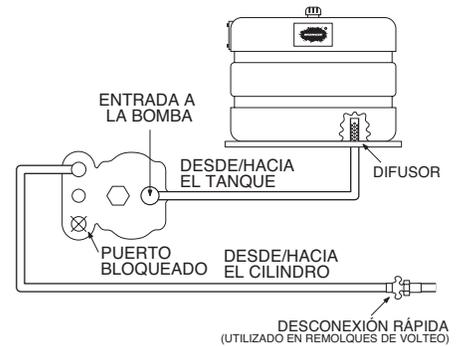
convertirse fácilmente de dos a tres líneas si se inserta un manguito poco costoso dentro del puerto de entrada y se destapa y conecta el puerto de retorno. El manguito bloquea un camino interno, y el aceite de retorno/neutro es enviado de vuelta al tanque a través del puerto retorno. Hay una cuestión especial: la tercera línea (de retorno) debe colocarse debajo del nivel de aceite del tanque para evitar la pérdida de cebado y los consiguientes daños en la bomba a causa de la aireación.

Existen, por lo menos, tres beneficios de una instalación de tres líneas con



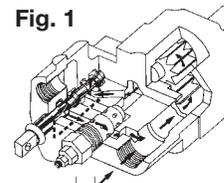
Bomba serie E (para cajas de volteo)
NO USAR EN APLICACIONES CON PISO DE CORREA TRANSPORTADORA

INSTALACIÓN DE DOS LÍNEAS



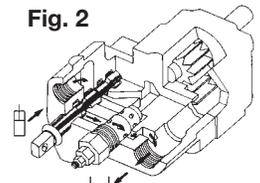
CAMINOS INTERNOS DEL FLUJO

Fig. 1



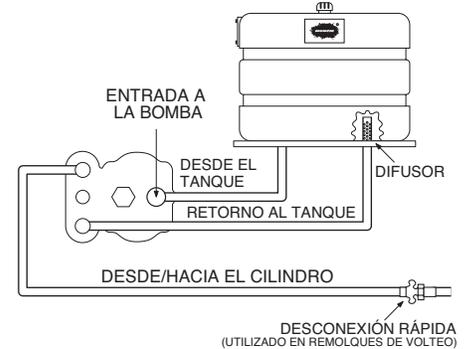
Bobina en neutro:
El aceite recircula dentro de la bomba.

Fig. 2



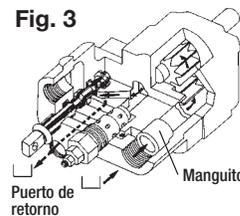
Caja bajando:
El aceite de retorno fluye alrededor de la válvula de alivio y vuelve a través del puerto de entrada (tanque).

INSTALACIÓN DE TRES LÍNEAS



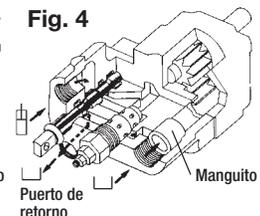
CAMINOS INTERNOS DEL FLUJO

Fig. 3



Bobina en neutro:
El aceite circula a través de la bomba y vuelve a través del tercer puerto de retorno en la bomba.

Fig. 4



Caja bajando:
El aceite de retorno fluye a través del tercer puerto (de retorno).



Bomba Powr-Pro



Bomba Power-Miser



Válvula de purga



Placa de desgaste de válvula seca



Placa de desgaste estándar

respecto a una de dos líneas. El primer beneficio es la eficiencia. La tercera línea permite que el camino de retorno al tanque no tenga obstrucciones, lo que da como resultado ciclos más rápidos. El segundo beneficio es la protección del sistema, en el caso de que un operador deje, sin darse cuenta, la toma de fuerza engranada (y la bomba girando) mientras va en camino descendente. El tercer beneficio es que la línea de retorno dedicada permite instalar un filtro de línea de retorno para quitar los contaminantes; este es un fundamento importante, en especial si se cambian con frecuencia los remolques entre tractores.

Bombas para camiones recolectores

Tanto las bombas de válvula seca como las Live Pak™ conservan el combustible mientras están en modo apagado, y proporcionan un flujo completo cuando se requiere trabajo. Ambas están basadas en diseños estándar de bombas de engranaje, con la incorporación de válvulas especiales adicionales.

Bombas de válvula seca

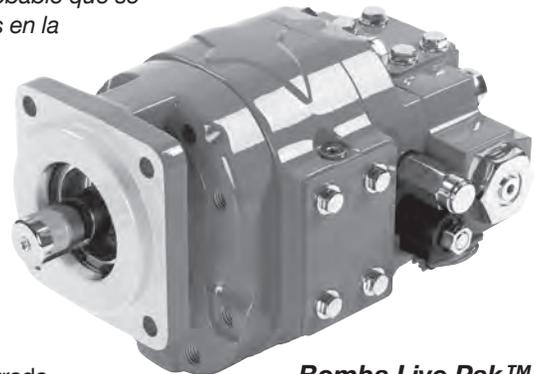
Las bombas de válvula seca son bombas accionadas por el cigüeñal delantero, con gran desplazamiento (6 a 9 pulgadas cúbicas), que se usan principalmente en camiones recolectores de basura. Las bombas de válvula seca utilizan una válvula especial tipo émbolo en el puerto de entrada de la bomba, para restringir el flujo en el modo **apagado** (OFF) y permitir el flujo completo en el modo **encendido** (ON). Esto hace que se consuma menos potencia y se ahorre combustible cuando el sistema hidráulico no está en uso. La válvula seca, en la posición cerrada, solo permite el paso de aceite suficiente para mantener la lubricación de la bomba. Este aceite de lubricación, aproximadamente 1½ GPM, regresa al tanque a través de una válvula de purga y una línea de retorno pequeña. Es fundamental que la válvula de purga esté en pleno rendimiento para la vida útil de la bomba de la válvula seca. Si la válvula de purga se obstruye con contaminantes, se producirán fallas en la bomba a causa de la cavitación. Muncie Power también fabrica válvulas secas tipo mariposa, llamada válvula Powr-Pro, que eliminan el requisito de una válvula de purga y brindan mayor eficiencia al sistema.

Nota: las placas de desgaste y los sellos de la flecha para una bomba de válvula seca son diferentes de las piezas de una bomba de engranaje estándar. Si se trata de instalar una válvula seca en una bomba de engranaje estándar, es probable que se produzcan daños prematuros en la bomba.

Bombas Live Pak™

Al igual que las bombas de válvula seca, las bombas Live Pak™ se usan, principalmente, en aplicaciones de camiones recolectores. Y, a diferencia de las bombas secas, las bombas Live Pak™ no tienen una válvula de cierre en la entrada.

En su lugar, las salidas incorporan una válvula limitadora de flujo, llamada válvula Live Pak™, que funcionan como válvula de descarga en la posición de **apagado** (OFF) y como válvula limitadora de flujo en la posición de **encendido** (ON). Esto limita la velocidad del sistema hidráulico para mantenerlo dentro de parámetros de funcionamiento seguro. Además, estas bombas suelen ser accionadas por el cigüeñal del motor.



Bomba Live Pak™

SECCIÓN 4: VÁLVULAS DIRECCIONALES

Circuitos hidráulicos, tipos de construcción monobloque y seccional

Como su nombre lo indica, las válvulas de control direccional dirigen el flujo de aceite producido por la bomba hacia los distintos accionadores (cilindros y motores) del sistema o de vuelta hacia el tanque. Como se explicó anteriormente, existen dos tipos de circuitos hidráulicos: de centro abierto y centro cerrado. Estos circuitos requieren válvulas direccionales muy diferentes. Las **válvulas de centro abierto**, que se encuentran en camiones de volteo, camiones recolectores, camiones grúa y en la mayoría de las aplicaciones montadas en camión, tienen un conducto, llamado "pasaje de centro abierto", o "núcleo de centro abierto", hacia un puerto de retorno que dirige el aceite sin usar de vuelta hacia el tanque. Las válvulas de centro abierto se usan en sistemas con bombas de desplazamiento fijo. Las **válvulas de centro cerrado**, que se encuentran con frecuencia en sistemas hidráulicos centrales de vehículos de control de hielo y nieve, y en algunos equipos utilitarios, se usan con bombas de pistón de desplazamiento variable y no cuentan con este pasaje de centro abierto.

Las válvulas direccionales pueden tener dos tipos de construcción: **monobloque** y **seccional**. La válvula monobloque está fabricada con una sola fundición y contiene el puerto de entrada, trabajo y retorno de la válvula en un solo bloque. La válvula **seccional**, o **apilable**, es más versátil, ya que tiene secciones separadas para la entrada, el trabajo y el retorno que se pueden configurar para adaptarse a cualquier aplicación. Las válvulas seccionales son populares entre los distribuidores de componentes hidráulicos debido a su versatilidad y facilidad de mantenimiento.

Posiciones de la bobina y canales de flujo

Además de hablar en términos de centro cerrado o abierto, las válvulas también se describen según las posiciones de la bobina y los canales de flujo, es decir, tres posiciones, 4 vías. En este ejemplo, 3 **posiciones** se refieren a las posiciones elevar, neutral y bajar de la bobina de la válvula. **4 vías** se refieren a los canales de flujo internos de la sección de trabajo: 1) entrada desde el suministro, 2) presión para expandir, 3) presión para retraer y 4) regreso al tanque. Las válvulas con dos posiciones de bobina son, en general, válvulas de selección utilizadas para dirigir el flujo de aceite a uno de los dos circuitos hidráulicos. La válvula direccional a la que estamos más acostumbrados en los sistemas hidráulicos móviles es la de tres posiciones (elevar, neutral y bajar).

Las secciones de la válvula de **tres vías** se usan para controlar los cilindros hidráulicos de simple efecto que "suben por fuerza hidráulica y bajan por gravedad". Las secciones de **cuatro vías** controlan los cilindros de doble efecto que "suben y bajan por fuerza hidráulica". Un tipo especial de sección de la válvula de cuatro vías, llamada sección de **flujo libre o del motor**, se utiliza para suministrar flujo de aceite a un motor hidráulico. Esta sección difiere de la sección de cuatro vías estándar en cuanto a que la bobina está mecanizada para permitir el flujo cruzado entre los puertos de trabajo y el "núcleo de retorno" de la válvula, mientras está en posición neutral. Esto evita que el movimiento del componente accionado dañe el motor.

Flujo y cartuchos de alivio

Las válvulas de control direccional son específicas de acuerdo con el volumen de flujo de aceite que deben transportar, la presión de funcionamiento y la cantidad y el tipo de secciones de trabajo requeridas. Los fabricantes de válvulas especifican el caudal nominal y máximo, así como la presión de funcionamiento máxima. El caudal nominal es el caudal con el cual la válvula alcanza su eficiencia máxima. Cuando se exceden el flujo y la presión máximos, se genera exceso de calor.

Todas las válvulas tienen una sección de entrada, que recibe el flujo de la bomba y suele estar equipada con un cartucho de alivio de presión del sistema, una o más secciones de trabajo para dirigir el flujo a los accionadores (cilindros y motores), y una sección de retorno para dirigir el aceite de vuelta al depósito. Las secciones de trabajo se especifican según la función del accionador: simple efecto, doble efecto o motor. Además, las secciones de trabajo pueden estar equipadas con una o más opciones, como **cartuchos de alivio** de puerto individuales, **válvulas reductoras de flujo** o **válvulas anticavitación**.

Los **cartuchos de alivio de puerto individuales** permiten que algunos puertos de trabajo o secciones de la válvula tengan configuraciones de alivio de presión diferentes de las otras funciones del sistema. Esta opción se especifica comúnmente para la carrera de bajada de un cilindro de caja de volteo de doble efecto. Las válvulas reductoras



Válvula serie V130

Sistemas de centro abierto

Hay flujo constante y presión intermitente.

Sistemas de centro cerrado

Hay presión constante y flujo intermitente.



Válvula serie V080



Válvula serie V050

de flujo se usan para limitar el flujo y, por lo tanto, las velocidades del accionador. Las **válvulas anticavitación** previenen la cavitación del cilindro en cilindros de doble efecto causada por un exceso de velocidad en la carrera descendente. Otra opción es el **retorno con presión** (power beyond), también llamado **corte por alta presión** (HPCO, por sus siglas en inglés), que se usa para dirigir el aceite presurizado corriente abajo hasta otra válvula.

Cada sección de trabajo en una válvula de control direccional también tiene múltiples **opciones de acción de la bobina o tapa trasera**. Estas incluyen: centrado de resorte, retención de tres posiciones, retención de cuatro posiciones, liberación magnética, etc.

Los cambios en las válvulas de control direccional se pueden realizar con palancas cortas, controles por cable, varillaje de palanca, controles solenoides de accionamiento directo o accionados por piloto, controles hidráulicos o neumáticos. Todas estas opciones tienden a estar conforme a la preferencia del cliente, pero están influidas en gran medida por la ubicación de la válvula y el clima.



Divisor de flujo prioritario PDF-30

SECCIÓN 5: OTRAS VÁLVULAS:

Las otras válvulas utilizadas en los circuitos hidráulicos móviles incluyen divisores de flujo, válvulas selectoras y válvulas de alivio en línea.

Los divisores de flujo se usan para dividir el flujo producido por una sola bomba de manera que puedan funcionar dos sistemas simultáneamente. Los divisores de flujo pueden ser proporcionales o ajustables. Los divisores de flujo proporcional dividirán el flujo entrante, independientemente del caudal, de manera proporcional (50/50, 75/25, etc.). Los divisores de flujo ajustables, a veces denominados divisores de flujo prioritarios, envían el flujo hacia la salida primaria, o controlada, a través de un orificio ajustable de presión compensada, y el flujo restante se envía hacia la salida de flujo excedente. Este tipo de divisor se usa comúnmente para limitar la velocidad de un motor o cilindro hidráulico, ya que no permiten que llegue más de una determinada cantidad de flujo de aceite.



Válvula selectora serie MSV

Las válvulas selectoras se usan para dirigir el flujo de aceite a un circuito u otro, en lugar de dividirlo en dos vías. La válvula selectora básica es una válvula de tres vías y dos posiciones. Esta válvula a menudo se utiliza en camiones de volteo que jalan de un remolque separado o "corto".

Las válvulas de alivio en línea, como su nombre lo indica, son válvulas de alivio auxiliares que se pueden montar en cualquier lugar del lado de alta presión del circuito. Se pueden usar para aislar una parte del sistema, para brindar protección contra la presión a componentes individuales o para complementar a la válvula de alivio principal del sistema.

Las válvulas de alivio pueden ser de **accionamiento directo** o accionadas por piloto. Con una válvula de alivio de accionamiento directo, la presión del sistema empuja contra un émbolo cargado por resorte. Cuando la presión del sistema supera la tensión del resorte, la válvula se abre y la presión se descarga al depósito. Las válvulas de alivio **accionadas por piloto** utilizan la presión del sistema junto con la tensión del resorte para que la válvula tenga un funcionamiento más suave y preciso.



Válvula de alivio accionada por piloto: RV-30, RV-60

En general, las válvulas de alivio se deben ajustar a aproximadamente un 15 % sobre la presión de funcionamiento recomendada por el fabricante del equipo. Si se ajusta la presión de alivio demasiado cerca de la presión de funcionamiento, se puede provocar un funcionamiento prematuro e innecesario de la válvula de alivio. Esto puede, a su vez, generar problemas de ruido y calor, al igual que funcionamiento irregular. Recuerde que el aceite que pasa por el orificio pequeño de una válvula de alivio es una causa común de recalentamiento del sistema. Esto se produce cuando una válvula está ajustada incorrectamente o está adherida a causa de los contaminantes atrapados.

La línea de alivio que vuelve al tanque debe tener el diámetro suficiente para transportar el caudal. Si la válvula o la línea de alivio es demasiado pequeña, es posible empujar el caudal dentro del sistema si se satura la válvula de alivio. Esta condición puede ocasionar fácilmente daños en el sistema.

Siempre revise la configuración de la válvula de alivio cuando reemplaza una bomba, ya que es común que los mecánicos sin experiencia intenten corregir la pérdida de eficiencia de la bomba "aumentando la presión".

La válvula de alivio nunca se debe ajustar a menos que tenga instalado un manómetro para determinar el ajuste adecuado.

SECCIÓN 6: ACCIONADORES

Los accionadores son los componentes hidráulicos que efectivamente realizan el trabajo físico en el sistema. Son los componentes que convierten la potencia fluida en potencia mecánica. Los cilindros y motores hidráulicos son los accionadores del sistema.

Los **cilindros hidráulicos** convierten la potencia fluida en movimiento lineal para elevar una caja de volteo o inclinar una pala quitanieves, por ejemplo. Los cilindros hidráulicos pueden ser de simple o doble efecto, de una etapa (cilindro de biela) o de múltiples etapas (cilindros telescópicos).

Los cilindros de simple efecto, también conocidos como cilindros que "suben por fuerza hidráulica y bajan por gravedad", se extienden cuando se suministra flujo a la base del cilindro, empujando el pistón del cilindro y extendiendo la biela. El cilindro de simple efecto se basa en fuerzas contrarias, el peso y la gravedad para replegarse. Este tipo de cilindro se encuentra comúnmente en cajas de volteo y palas quitanieves. La mayoría de los cilindros telescópicos son de simple efecto.

Los cilindros de doble efecto, o que "suben y bajan por fuerza hidráulica", están accionados hidráulicamente en ambas direcciones. Los cilindros de doble efecto se usan cuando el cilindro se monta en posición horizontal, o cuando se desea tener un mayor control de la carrera de retorno. El mecanismo de angulación de los quitanieves y los brazos de grúas son aplicaciones comunes montadas en camión. Si bien la mayoría de los cilindros de doble efecto son de una sola etapa, existen aplicaciones que requieren la carrera más larga de un cilindro telescópico.

Presión = fuerza ÷ área

La presión teórica del sistema hidráulico requerida para mover un cilindro hidráulico puede calcularse al dividir la carga (el peso que hay que levantar) por el área del pistón del cilindro hidráulico. Tenga en cuenta que este es el requisito de presión **teórico**. En la realidad, para iniciar el movimiento con el vehículo detenido se requiere, aproximadamente, un 30% más de presión. Para acelerar el movimiento se requiere, aproximadamente, un 10% más de presión. Esta presión adicional es necesaria para sobrepasar la fricción dentro del cilindro. Obviamente, hay que tener en cuenta otros factores a la hora de determinar los requisitos de presión. ¿Se levanta la carga recta o inclinada, como en una aplicación de caja de volteo? Si la carga se moverá horizontalmente, ¿qué fuerzas de fricción se deben sobrepasar? ¿Cambia la carga durante el desplazamiento del cilindro?

¿Qué tan rápido se extiende o repliega un cilindro hidráulico? Queremos extender un cilindro en una cantidad de tiempo determinada, ¿cuánto caudal se necesitará de la bomba? ¿Cómo afecta la eficiencia de la bomba en la velocidad de un cilindro? Todas estas preguntas se pueden responder con un simple cálculo. ¿Recuerda la clase de geometría básica de secundaria y la fórmula πr^2 ? Se la usaba para calcular el área de un círculo. " π ", o el símbolo de pi, representa 3.14; r es el radio (la mitad del diámetro) de un círculo, y elevar un número al cuadrado ($\times 2$) significa multiplicarlo por sí mismo. Entonces, la fórmula para encontrar el área que se menciona en la fórmula de arriba es $r \times r \times 3.14$. Esa sería la superficie del pistón del cilindro hidráulico en pulgadas cuadradas. Una vez conocida el área del pistón, se puede determinar la velocidad de extensión del cilindro usando la siguiente fórmula:

CONSTRUCCIÓN TÍPICA DE UN CILINDRO

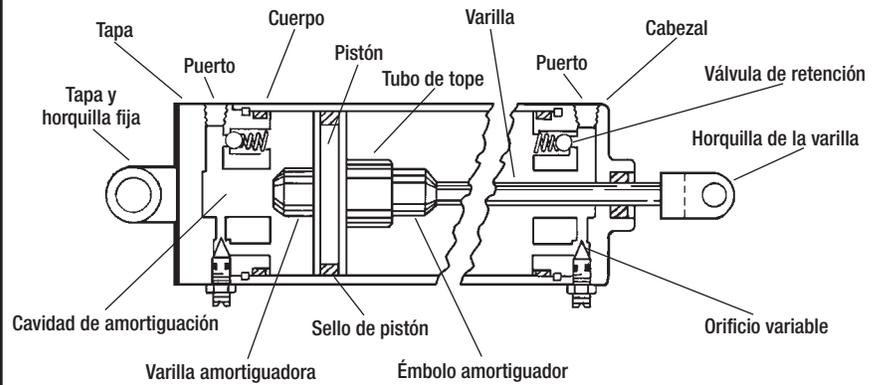


Gráfico en corte de un cilindro de doble efecto que ilustra las piezas básicas. Este ejemplo particular muestra los montajes con horquilla para adaptarse a la carga que se mueve en arco, de manera similar a una caja de volteo.



Cilindro telescópico

F - Fuerza		F = P × A
P - Presión		P = F ÷ A
A - Área		A = F ÷ P

Todas las aplicaciones hidráulicas se rigen mediante la relación de fuerza, presión y área.

CAPACIDAD DE FUERZA DEL CILINDRO

LAS CIFRAS EN LA TABLA SON LOS VALORES DE EMPUJE EN LIBRAS

DIÁM. DE PISTÓN O VARILLA	ÁREA EN PULG ²	750 PSI	1,000 PSI	1,500 PSI	2,000 PSI
2"	3.14"	2,356	3,141	4,711	6,282
2½"	4.91"	3,682	4,909	7,363	9,818
3"	7.07"	5,301	7,069	10,603	14,137
3½"	9.62"	7,216	9,621	14,432	19,242
4"	12.57"	9,424	12,566	18,849	25,132
5"	19.64"	14,726	19,635	29,452	39,270
6"	28.27"	21,205	28,274	42,411	56,548
7"	38.49"	28,864	38,485	57,727	76,970
8"	50.27"	37,699	50,265	75,397	100,503
9"	63.62"	47,713	63,617	95,426	127,234
10"	78.54"	58,909	78,540	117,810	157,080

VELOCIDAD DE EXTENSIÓN DEL CILINDRO PULGADAS POR MINUTO

FLUJO DE LA BOMBA (GPM)	DIÁMETRO DE PISTÓN			
	3"	4"	6"	8"
5	163	92	41	23
10	327	184	82	46
15	490	276	123	69
20	654	368	163	92
25	817	460	204	115
30	981	552	245	138
35	1,144	644	286	161
40	1,308	736	327	184

Por ej.: Se envían 8 GPM a un cilindro hidráulico de 6" de diámetro. ¿Qué tan rápido se extenderá?

El área del pistón es 28.27 pulgadas cuadradas (πr^2)

$$8 \text{ GPM} \times 231 \div 28.27 \text{ pulg}^2 = 65.37" \text{ por minuto de desplazamiento de la varilla}$$

Si no encuentra su cilindro en la tabla de la derecha, use los factores que aparecen debajo para determinar los requisitos de llenado y extensión.

FACTORES DE CAPACIDAD DEL CILINDRO

DIÁMETRO DEL CILINDRO/CANT. DE ETAPAS	FACTOR DE LLENADO	FACTOR DE EXTENSIÓN
5"/3 etapas	0.025	0.057
6"/3 etapas	0.036	0.087
7"/3 etapas	0.050	0.125
7"/4 etapas	0.035	0.106
8"/4 etapas	0.046	0.147
8"/5 etapas	0.033	0.128
9"/5 etapas	0.046	0.174

Por ej.: Un cilindro de 7" de diámetro, 4 etapas y una carrera de 144" necesita 5.04 galones para llenarse y 15.26 galones para extenderse.

$$144" \times .035 = 5.04 \text{ gal.}$$

$$144" \times .106 = 15.26 \text{ gal.}$$

GPM \times 231 \div área = velocidad del cilindro en pulgadas por minuto

Para ir un paso más allá: una vez determinada el área del pistón del cilindro, el volumen del cilindro extendido puede calcularse multiplicando el área del pistón por la longitud de carrera y dividiendo por 231. Usando como ejemplo un cilindro de 6" de diámetro, calcularemos el volumen de 4.4 galones si la longitud de la carrera del cilindro es 36 pulgadas.

$$28.27 \times 36 \div 231 = 4.4 \text{ gal.}$$

Si queremos extender completamente este cilindro en un minuto, necesitaremos un caudal de bomba de 4.4 GPM. Para extenderlo en 30 segundos, se necesitará una caudal de 8.8 GPM (el doble de caudal = el doble de velocidad). Si se utiliza una bomba de desplazamiento fijo para proporcionar el flujo, hay que usarla con el doble de velocidad de entrada para lograr el doble de flujo de salida. Si se utiliza una toma de fuerza para suministrar potencia a la bomba, hay que hacer funcionar el motor con el doble de velocidad. Una alternativa sería cambiar la toma de fuerza a un modelo más veloz (2 veces). Y otra alternativa sería cambiar la bomba hidráulica por un modelo con el doble de pulgadas cúbicas de desplazamiento.

Las cosas se complican un poco más cuando se trabaja con cilindros telescópicos de múltiples etapas. ¿Cómo se puede determinar el volumen del cilindro extendido cuando se tienen tres, cuatro o cinco secciones consecutivas de cilindros más pequeños que se extienden hasta alcanzar una longitud extendida general? Consulte la tabla siguiente para ver un volumen estimado para los distintos tamaños comunes de cilindros telescópicos. Allí figuran dos capacidades: **llenado** y **extensión**. La capacidad de **llenado** representa aproximadamente cuántos galones se requieren para llenar el cilindro vacío antes de que este comience a moverse. Esto se aplica únicamente la primera vez que se extiende el cilindro; a partir de ahí, estas áreas contendrán aceite. La capacidad de **extensión** representa el volumen de aceite requerido para extender completamente el cilindro. Esta información también está disponible a través del fabricante o distribuidor del cilindro hidráulico.

REQUISITOS DE CAPACIDAD DEL CILINDRO HIDRÁULICO

DIÁMETRO DE LA ETAPA DE MOVIMIENTO MÁS GRANDE	CANTIDAD DE ETAPAS	LONGITUD DE CARRERA	GALONES REQUERIDOS PARA LLENARSE (APROX.)	GALONES REQUERIDOS PARA EXTENDERSE (APROX.)
5	3	84	2.1	4.7
6	3	84	3.0	7.3
6	3	108	3.9	9.4
6	3	120	4.3	10.4
7	3	130	6.5	16.3
7	4	135	4.8	14.3
7	4	156	5.5	16.6
8	4	148	6.8	21.8
8	4	170	7.8	25.0
8	5	170	5.6	21.8
8	5	190	6.3	24.3
8	5	220	7.3	28.2
8	5	235	7.8	30.1
8	5	250	8.3	32.0
8	5	265	8.8	33.9
9	5	220	10.1	38.3
9	5	235	10.8	40.9
9	5	250	11.5	43.5
9	5	285	12.8	47.9

Mantenimiento y resolución de problemas de los cilindros

Cuando se los instala por primera vez, hay que **purgar** los cilindros hidráulicos para eliminar el aire. El aire atrapado en un cilindro puede hacer que este se mueva de manera irregular, ya que el aire, bajo presión, se comprime. La compresión del aire en un sistema hidráulico también genera calor. Los cilindros están equipados con un tornillo de purga para facilitar la eliminación del aire. Puede entrar aire al cilindro y se pueden producir filtraciones de aceite si las juntas de estanqueidad se dañan o si la varilla se oxida, tiene picaduras o marcas a causa de contaminantes.

Observe cómo se extiende y repliega un cilindro telescópico. La extensión siempre debe comenzar con la sección de diámetro más grande y progresar hasta el diámetro más pequeño. Si no lo hace, existe un problema con el cilindro, no con la bomba. La retracción debe ser exactamente al revés: primero la sección más pequeña y al final la más grande.

Los cilindros que tienen que controlar cargas pesadas, a veces, están equipados con una válvula de contrapeso para evitar que el cilindro se purgue o se retraiga demasiado rápido, lo que genera condiciones de funcionamiento peligrosas. Por lo general, la válvula de contrapeso no es ajustable para evitar la manipulación, y le permite al operador un mayor control del cilindro con carga.

Los cilindros deben almacenarse en posición vertical para evitar la deformación de los sellos, y los puertos tapados para evitar el ingreso de contaminantes.

Motores hidráulicos

Los motores hidráulicos, a menudo conocidos como "motores de torque", convierten la energía fluida en energía mecánica rotativa, exactamente lo opuesto a una bomba hidráulica. De hecho, si cuenta con el sello de la flecha adecuado y un puerto de drenaje en la carcasa, la bomba puede utilizarse como motor hidráulico.

En términos generales, los motores se clasifican en motores de alta velocidad/torque baja, o motores de baja velocidad/torque alto. Este último, también denominado motor gerotor, es probablemente el tipo de motor al que estamos más acostumbrados. Este tipo se utiliza comúnmente para los accionamientos de cabrestantes hidráulicos, torres para grúas o escaleras aéreas, o accionamientos de taladros. Por lo general, estos motores funcionan a velocidades de menos de 100 revoluciones por minuto hasta 800 RPM. El diseño gerotor tiene la ventaja de multiplicar el torque dentro del motor, lo que lo convierte en una excelente opción para las aplicaciones que requieren un alto torque en el arranque. También es el tipo utilizado para los accionamientos de las ruedas.

Los motores de alta velocidad/torque bajo funcionan a velocidades que oscilan entre 800 y 3,000 RPM. Las bombas de engranaje suelen utilizarse como motores de alta velocidad. Cuando se usan de este modo, la salida, o el puerto de alta presión, se convierte en la entrada y viceversa. Un puerto de drenaje en la carcasa, conectado al tanque, descarga la presión detrás del sello de la flecha.

Los motores hidráulicos son ineficientes por naturaleza y pueden generar una gran cantidad de calor, en especial, si el ciclo de servicio es largo. Estas aplicaciones suelen requerir el uso de enfriadores de aceite para mantener las temperaturas de funcionamiento a niveles aceptables. Para seleccionar correctamente un motor hidráulico es necesario conocer la velocidad a la cual la flecha del motor debe girar y la potencia en caballos de fuerza que debe proporcionar.



Diseño tipo gerotor

SECCIÓN 7: DEPÓSITOS



Depósito de acero de 35 galones
(18.25" largo x 20" ancho x 22" alto)



Depósito de aluminio de 50 galones
(24" de diámetro x 27" largo)



Depósito de polietileno de 50 galones
(36.4" largo x 14,5" ancho x 27,75" alto)

Los depósitos cumplen tres funciones en el sistema hidráulico: (1) almacenan el aceite hasta que el sistema lo necesite, (2) ayudan a refrigerar el aceite y (3) proporcionan un lugar para que decanten los contaminantes del aceite. El material, el volumen, la ubicación y la forma son factores importantes que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar un depósito hidráulico.

Los depósitos de aceite se pueden construir con acero, aluminio o plástico polietileno. Cada uno de estos materiales tiene beneficios y desventajas que se deben considerar a la hora de seleccionar un depósito.

Los depósitos de acero disipan bien el calor y son relativamente fáciles de construir. La placa de acero es fácil de conseguir y es económica. Sin embargo, los depósitos de acero son susceptibles a la condensación de humedad y al óxido. Además, es común encontrar escoria y salpicaduras de soldadura en los depósitos de acero, que pueden dañar los componentes del sistema. Por último, el acero es pesado.

El aluminio es un material atractivo y un excelente disipador de calor, ya que ofrece tres veces el índice de transferencia de calor que ofrece el acero. Es la opción que eligen los operadores propietarios que equipan sus camiones con trabajos de pintura personalizados y todas las opciones imaginables. Sin embargo, el aluminio es caro y requiere un mayor nivel de habilidad por parte del fabricante. Es común que los fabricantes dividan un tanque de combustible de 100 galones y usen una mitad para combustible y la otra mitad para fluido hidráulico. Esta situación plantea numerosos problemas potenciales: los fluidos deben permanecer aislados, se puede añadir por error combustible diésel al aceite hidráulico y, a menudo, no hay ninguna previsión de diseño (difusor) que ayude a manejar el gran volumen de flujo de retorno, en el caso de un remolque de volteo. Además, la condensación puede oxidar el aluminio.

Los depósitos de plástico de polietileno son livianos y se pueden moldear con distintas formas e, incluso, colores. El proceso de fabricación no genera partículas contaminantes, y el polietileno es menos susceptible a la condensación de humedad. Sin embargo, el polietileno no es buen disipador del calor y no debe usarse para aplicaciones con ciclos de servicio extendido, como los accionamientos de motores hidráulicos o pisos de correa transportadora. En su lugar, se lo puede usar para aplicaciones de volteo, de descarga autopropulsada o eyectores, que tienen ciclos de servicio cortos.

Tamaño y ubicación

¿Qué tan grande tiene que ser el depósito para garantizar un suministro adecuado de aceite? Existen dos reglas generales que se pueden usar como punto de partida. Si el sistema hidráulico utiliza cilindros como accionadores, la capacidad del depósito debe ser igual al volumen de aceite requerido para extender los cilindros, más 20% (4 a 6 pulgadas) de reserva en el tanque. Si el sistema utiliza motores hidráulicos como accionadores, la capacidad del depósito debe ser igual al doble del caudal del sistema operativo. Estas reglas no son absolutas, y se ven afectadas por factores tales como la temperatura ambiente, el largo del ciclo de servicio, la frecuencia de uso, etc. Recuerde que el objetivo es mantener un suministro adecuado de aceite y que este se mantenga frío.

La ubicación del depósito es importante. El objetivo principal del depósito es suministrar aceite a la bomba. Por lo tanto, la ubicación ideal es cerca y directamente por encima del puerto de entrada de la bomba. Aunque esto es posible en un entorno industrial, a menudo resulta imposible de lograr en un sistema montado en camión. Cuando la bomba está montada al frente del vehículo o sobre el motor, es probable que la salida del depósito esté a varios pies de distancia por debajo de la entrada de la bomba. En estas condiciones, es importante que la manguera de entrada tenga un gran tamaño y que esté lo más derecha posible para evitar la cavitación de la bomba. En algunos casos, es posible que haya que usar un depósito sellado y presurizado.

Consideraciones de la construcción

El depósito debe ser capaz de respirar, de admitir y descargar aire a medida que cambia el nivel de fluido. Por lo tanto, es importante que el tanque esté equipado con **ventilación** o **tapón respiradero**. Un depósito que no esté ventilado correctamente puede privar de fluido a la bomba, por lo que se debe limpiar el respiradero con frecuencia.

El depósito debe estar construido de manera tal que el flujo de aceite de retorno siempre ingrese al tanque por debajo del nivel de aceite, ya sea colocando el **puerto de retorno** en la parte inferior o dirigiendo el aceite por un **tubo vertical** hasta la parte inferior. El aceite que ingresa por encima del nivel de fluido puede generar espuma y burbujas de aire (aireación), que luego pueden ingresar al sistema ocasionando un funcionamiento lento o irregular. Un difusor disparará aún más el flujo de aceite por debajo del nivel de fluido. Los difusores manejan eficazmente el gran volumen de flujo de retorno, común en las aplicaciones de volteo.

Otra consideración importante con respecto al diseño es la **ubicación y el tamaño del puerto del tanque**. Los puertos de entrada y de retorno de la bomba deben estar en los extremos opuestos del depósito, para permitir que el aceite de retorno pierda calor antes de volver a ingresar al sistema. Para mantener el aceite de retorno caliente aún más lejos del puerto de entrada de la bomba y ayudar a evitar derramamientos, los depósitos pueden estar equipados con deflectores. Los **deflectores** deben estar situados de manera que puedan enviar el aceite de retorno hacia las paredes del depósito, desde donde se puede transferir el calor hacia la atmósfera. El aceite debe tomar la ruta más larga posible hasta el puerto de salida del tanque. Para evitar que los contaminantes sedimentados ingresen al sistema, el puerto de salida del tanque debe estar ligeramente por encima de la parte inferior del depósito.

Los tanques de perfil bajo pueden resultar atractivos desde el punto de vista de la distancia del suelo, pero pueden dejar expuesta la entrada a la atmósfera de la bomba cuando se trabaja fuera de carretera o en una pendiente. Además, el vacío de la bomba puede generar un vórtice y hacer que ingrese aire al sistema.

Los indicadores de temperatura y nivel de fluido, las pantallas de llenado, los puertos de limpieza y los tapones de drenaje magnéticos son opciones útiles para los depósitos de aceite hidráulico.

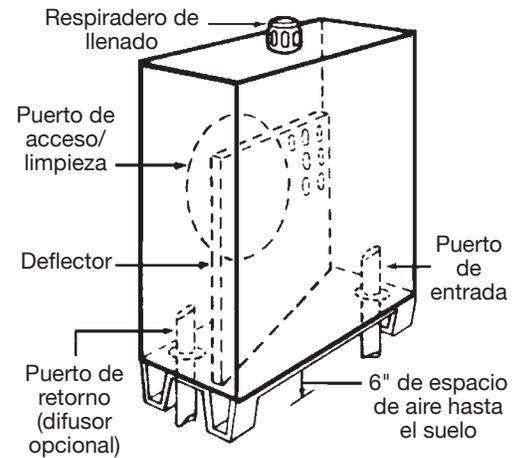
Para mejorar las condiciones de entrada en los sistemas de bomba de pistón, con frecuencia se utilizan depósitos presurizados. Un valor de 3-4 PSI es normal para estas aplicaciones.

Calcular la capacidad del depósito es cuestión de geometría simple. Para tanques cuadrados o rectangulares, multiplique el largo (en pulgadas) por la altura, por el ancho. Esto da el volumen en pulgadas cúbicas. Se convierte a galones dividiendo por 231.

Para depósitos cilíndricos, usamos la misma fórmula que usamos para determinar el volumen de llenado de un cilindro hidráulico: $\pi r^2 \times \text{longitud} \div 231 = \text{galones}$.

Nota: el ejemplo anterior no tiene en cuenta el grosor de pared del depósito, que le resta un poco a la capacidad real, además del entrehierro, los deflectores o la estructura de soporte, el tamaño y la ubicación del puerto o el nivel mínimo de aceite por encima del puerto para evitar que se descubra o se produzca un efecto de vórtice. Por consiguiente, se considera que la capacidad **utilizable** de un depósito es 80% de su volumen total calculado.

CARACTERÍSTICAS DEL DEPÓSITO



Ejemplo cuadrado/rectangular:

Las dimensiones del depósito son 18.25 pulgadas de largo por 20 pulgadas de alto por 22 pulgadas de ancho.

¿Qué capacidad tiene?

$$18.25 \times 20 \times 22 \div 231 = 34.8 \text{ galones}$$



Ejemplo cilíndrico:

El depósito tiene 30 pulgadas de largo y un diámetro de 24 pulgadas ("r" sería = 12).

¿Qué capacidad tiene?

$$3.14 \times 144 \times 27 \div 231 = 52.8 \text{ galones}$$

$$(\pi r^2 \times \text{largo} \div 231 = \text{GPM})$$

SECCIÓN 8: FILTROS DE ACEITE



Este es un filtro en línea(s) de presión del circuito (descarga) que se instaló de manera incorrecta en el lado de la admisión. El vacío hizo que la estructura interna de este elemento colapsara. La bomba quedó destruida en segundos.

Se ha calculado que entre el 70% y 90% de las fallas de los sistemas hidráulicos se deben a la contaminación. Los filtros que se eligen y mantienen correctamente evitan que los contaminantes dañen los componentes hidráulicos y permiten que el funcionamiento del sistema sea más frío, silencioso y duradero. Los filtros se pueden colocar en la línea de entrada, presión o retorno de la bomba.

Los coladores de succión están ubicados dentro del depósito y sirven para atrapar objetos grandes, como escorias de soldadura, trapos, pernos, herramientas manuales y rocas. El colador típico consiste en una malla de 100.

Los filtros de succión, ubicados entre el depósito y la bomba, brindan el atractivo beneficio de filtrar el aceite antes de que este llegue a la bomba. Lo que en teoría funciona bien, no es así en la práctica si no se elige correctamente el elemento filtrante y se lo cambia con regularidad. Recuerde que es importante que la entrada de la bomba no esté obstruida, y cualquier cosa, incluso un filtro, en el lado de entrada se va agregar al trabajo que debe realizar la bomba para extraer aceite del tanque. Algunas aplicaciones de bomba de pistón pueden requerir un filtro de succión de 3 micras y una bomba de carga o un tapón respiradero a presión. La norma general para determinar el tamaño de un filtro de succión es cuatro veces el flujo del sistema.

Los filtros en línea(s) de presión del circuito están ubicados en el lado de salida (presión) de la bomba y evitan que las partículas contaminantes generadas por el desgaste ingresen a las válvulas, cilindros y motores. La adición de presión acelera el daño causado por los contaminantes. Sin embargo, los filtros en línea(s) de presión del circuito son costosos, y en las aplicaciones móviles se encuentran, principalmente, en los sistemas de bomba de pistón de centro cerrado.

Los filtros en línea(s) de presión del circuito son el tipo de filtro más común en sistemas hidráulicos de montaje en camión. Los filtros en línea(s) de presión del circuito son fáciles de conseguir, económicos y fáciles de mantener. Los elementos de reemplazo del cartucho a menudo son intercambiables entre fabricantes. El más común es el tipo roscado de 10 micras. La regla general para el tamaño de filtro es especificar un filtro para el doble del flujo del sistema.

Los carros de filtración o sistemas de filtración "fuera de línea" se utilizan para eliminar los contaminantes del aceite nuevo ("nuevo" no siempre quiere decir "limpio") y como parte de un programa de mantenimiento preventivo para evitar los daños causados por contaminación. Estos sistemas de filtración eliminan el aceite del sistema, lo pasan por filtros y lo devuelven limpio y listo para usar. Este proceso a veces se conoce como filtración "tipo riñón".



Filtros de aceite hidráulico

SECCIÓN 9:

MANGUERAS Y CONECTORES

Las mangueras hidráulicas deben ser del tipo y el tamaño adecuados para transportar el aceite a la velocidad de caudal y presión especificados. Las mangueras de menor tamaño producen restricciones innecesarias, lo que contribuye a generar presiones excesivas del sistema en neutro y más calor. El uso de una manguera inadecuada para la aplicación puede ocasionar filtraciones o rupturas bajo presión, o cavitación en el lado de la entrada de la bomba.

La Sociedad de Ingenieros Automotrices (*Society of Automotive Engineers, SAE*) tiene designaciones para las mangueras hidráulicas según su posible uso y el fluido que se transportará. Las designaciones que más nos interesan para los sistemas hidráulicos montados en camiones son SAE 100R4, 100R1, 100R2 y 100R17, 1SC y 2SC. Estas designaciones están impresas a intervalos regulares en la línea de trazado de la manguera. Además, las mangueras tienen velocidades máximas recomendadas para el aceite, según su ubicación en el sistema. La velocidad del aceite se expresa en pies por segundo (FPS); y no debería superar los siguientes valores: manguera de entrada a 4 FPS, manguera de retorno a 8 FPS, y manguera de presión a 15 FPS.

La velocidad (V) se puede calcular con la siguiente fórmula: $V = \text{GPM} \times 0.3208 \div A$; donde GPM es el caudal y (A) es el área interna de la manguera.

La manguera **SAE 100R4** es adecuada para el lado de entrada de la bomba hidráulica. Este tipo de manguera tiene un tubo interno adherido firmemente a un alambre arrollado en espiral cubierto con una capa de refuerzo. Esto evita que la manguera colapse bajo el vacío que se encuentra en una condición de entrada, algo que suelen hacer las mangueras de presión más costosas.

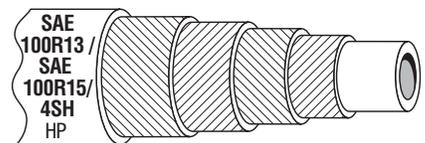
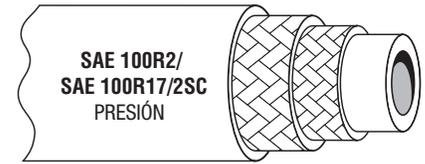
La manguera con clasificación **SAE 100R1/1SC** contiene una sola trenza de alambre y es adecuada para mangueras de retorno de baja presión. Esta manguera puede colapsar bajo una condición de vacío y no se debe utilizar en el lado de entrada de la bomba. Este tipo de manguera a menudo se menciona como **manguera de un solo cable**.

La manguera con clasificación **SAE 100R2/2SC; SAE 100R17**, también llamada **manguera de dos cables**, tiene dos capas de malla enrollada y puede soportar las presiones más altas del sistema. Se puede usar entre las bombas y válvulas, y entre las válvulas y accionadores.

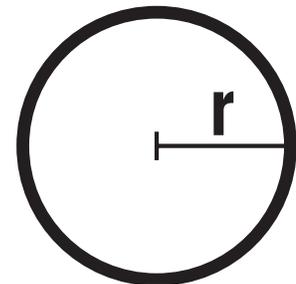
La manguera con clasificación **SAE 100R7/100R8** es una manguera no conductora fabricada especialmente, que suele utilizarse en aplicaciones de elevadores por obvias razones de seguridad. Se puede reconocer fácilmente por su color naranja brillante.

Las mangueras con clasificación **SAE 100R13; SAE 100R15; 4SH** también son mangueras de alta presión con múltiples mallas de cable trenzado.

La clasificación de presión para una manguera particular depende del tipo SAE y del tamaño de la manguera. Podrá observar en la tabla de abajo que, a medida que el diámetro de la manguera aumenta, la clasificación de presión disminuye. Las mangueras tienen dos clasificaciones de presión, de funcionamiento y de ruptura, con un factor de seguridad de 4:1. Esto es, una manguera con una presión de ruptura de 8,000 psi tiene una presión de funcionamiento de 2,000 psi.



Tipos comunes de manguera



$$\text{Área} = \pi r^2$$

PRESIONES DE FUNCIONAMIENTO DE LA MANGUERA

TAMAÑO DE MANGUERA	¼ (-04)	⅜ (-06)	½ (-08)	⅝ (-10)	¾ (-12)	1 (-16)	1¼ (20)	1½ (-24)	2 (-32)
TIPO DE MANGUERA	PRESIÓN MÁXIMA DE FUNCIONAMIENTO*								
SAE 100R1	2,800	2,250	2,000	1,500	1,250	1,000	625	500	375
1SC	3,200	2,600	2,300	1,800	1,500	1,250	-	-	-
SAE 100R17	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
SAE 100R2	5,000	4,000	3,500	2,800	2,250	2,000	1,625	1,250	1,125
2SC	5,800	4,800	4,000	3,600	3,100	2,400	-	-	-
SAE 100R4	-	-	-	300	300	250	20	150	100
SAE 100R7	3,000	2,300	2,000	1,500	1,300	1,000	-	-	-
SAE 100R8	5,000	4,000	3,500	2,900	2,400	2,030	-	-	-

*Nota: la presión mínima de ruptura es cuatro veces la presión máxima de funcionamiento.

Diseño deficiente

Buen diseño

El gráfico de la izquierda muestra cómo se tuerce la manguera porque está inclinada en un plano, mientras que el movimiento oscilante se inclina en un segundo plano. Si se redirecciona la manguera, se elimina la inclinación en varios planos.

Diseño deficiente

Buen diseño

Los ensambles de las mangueras deben ser lo suficientemente largos y estar encaminados de manera tal que no se excedan las recomendaciones del radio de curvatura mínimo.

Diseño deficiente

Buen diseño

Para evitar el esfuerzo excesivo en las interfaces de manguera al acoplamiento, los ensambles de la manguera deben ser lo suficientemente largos para permitir la contracción y la expansión.

Radio de curvatura:

El radio de curvatura de la manguera se mide hasta la pared externa del lado interno de la curvatura. El radio de curvatura de la tubería se mide hasta el centro del tubo.



MANGUERA TUBO

Los tamaños de la manguera se basan en un sistema de tamaños **con guion** en el cual -16 es igual a 1 pulgada. Por lo tanto, una manguera SAE 100R1 -16 es una manguera de retorno de baja presión con un diámetro interior de una pulgada. Una manguera SAE 100R4 -24 es una manguera de entrada con un diámetro interior de 1½ pulgadas, y una manguera SAE 100R2 -12 es una presión de alta presión con un diámetro interior de ¾ pulgada.

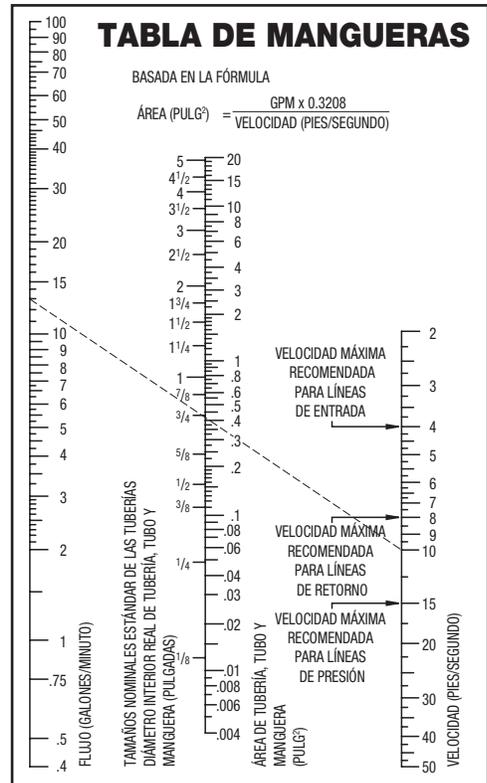
Consejos para la instalación de la(s) manguera(s):

- No exceda el radio de curvatura mínimo de la manguera recomendado por el fabricante.
- No permita que la manguera se tuerza. Si se monta una manguera con una parte torcida a 10 grados, se puede reducir la vida útil de la manguera hasta un 90%.
- Nunca deje que la curva exterior de la manguera esté frente al operador de la máquina.
- Encamine la manguera para que se doble en un solo plano. La línea de trazado impresa de la manguera debe permanecer en un plano.

Para tramos largos, a menudo se utilizan tuberías. Además de ser un método económico, las tuberías de metal tienen el beneficio adicional de disipar mejor el calor. Siempre confirme que la tubería escogida sea capaz de soportar las presiones de funcionamiento del sistema. Las tuberías galvanizadas o de hierro negro no se recomiendan por varios motivos, entre ellos, la presión. Con un margen de seguridad estándar de 4:1, una tubería cédula 40 con diámetro de 1 pulgada tiene una presión de funcionamiento nominal de solo 1,450 PSI, y una tubería cédula 80 tiene una clasificación de 2,500 PSI, marginal en el mejor de los casos. Además, el recubrimiento galvanizado se puede descascarar y producir contaminación. Por último, la parte interna de la tubería es desigual, lo que viene a sumarse a la turbulencia del fluido, la caída de presión y la generación de calor.

Recuerde: se mide el diámetro interno de la manguera y el lado externo de las tuberías.

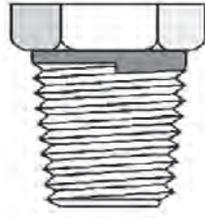
Los conectores con rosca para tuberías (NPT) son comunes, principalmente, debido al costo y la disponibilidad. Sin embargo, probablemente son la peor opción para un sistema hidráulico. Para sellarlos, los instaladores generalmente usan cinta de teflón, cuyas piezas pueden obstruir los pasajes pequeños y hacer que las válvulas funcionen mal. También existe el riesgo de ajustar demasiado los conectores NPT, especialmente si se utiliza cinta de teflón, y dañar la fundición de la bomba y las válvulas. Una opción superior son los conectores de sello frontal tipo junta circular, los conectores avellanados SAE 37° (Joint Industry Council, JIC) o los de tipo junta circular de rosca recta (Unified National Thread, UNF). Estos conectores permiten colocar mejor las mangueras y se pueden sellar sin necesidad de usar cintas o selladores para rosca líquidos. Otra ventaja de estos conectores es que son reutilizables. Los conectores con rosca para tuberías, que solo se sellan a medida que las roscas se deforman, nunca deben reutilizarse.



El tamaño de las mangueras y conectores debe ser suficiente para manejar el flujo del sistema a la velocidad de funcionamiento más alta anticipada. Se encuentran disponibles calculadoras y tablas para ayudar a determinar el tamaño correcto de las mangueras. No hay que basar el tamaño de la manguera solo en el tamaño del puerto del componente. Esta es una práctica muy común, aunque errónea. Las restricciones se acumulan a través de la distancia. Hay que basar el tamaño de la manguera en los caudales máximos.

Torsión de instalación de conectores

VALORES DE TORSIÓN PARA CONECTORES NPT (TUBERÍAS)



TAMAÑO DE ROSCA	VUELTAS DE ENSAMBLE
¼	2 – 3
⅜	2 – 3
½	2 – 3
¾	1½ – 2½
1¼	1½ – 2½
1½	1½ – 2½

Ajuste el conector únicamente con la fuerza de la mano, marque con una línea y luego ajuste el número de vueltas indicado. USE SELLADOR LÍQUIDO; NO USE CINTA DE TEFLÓN.

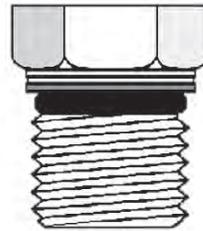
VALORES DE TORSIÓN PARA CONECTORES AVELLANADOS JIC 37°



Ajuste el conector únicamente con la fuerza de la mano, marque con una línea y luego ajuste el número de arandelas planas indicado.

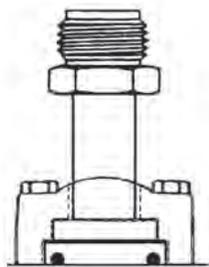
TAMAÑO DE LÍNEA	GIRAR CANT. DE ARANDELAS PLANAS
-04	1½ – 1¾
-05	1 – 1½
-06	1 – 1½
-08	1¼ – 1¾
-10	1¼ – 1¾
-12	1 – 1½
-16	¾ – 1
-20	½ – ¾
-24	½ – ¾
-32	¾

VALORES DE TORSIÓN PARA CONECTORES DE ROSCA RECTA UNF



D.E. DE TUBO	TAMAÑO DE LÍNEA	TORSIÓN (pies-lbs)
.25	-04	8 – 10
.312	-05	10 – 14
.375	-06	17 – 21
.50	-08	31 – 39
.625	-10	51 – 59
.75	-12	71 – 79
1	-16	93 – 107
1.25	-20	127 – 140
1.50	-24	160 – 173
2	-32	223 – 243

VALORES DE TORSIÓN PARA CONECTORES CON BRIDA SAE



TAMAÑO DE CONECTOR	CÓDIGO 61	
	PRESIÓN MÁXIMA DE FUNCIONAMIENTO (PSI)	TORSIÓN (pies-lbs)
-08	5,000	15 – 19
-12	5,000	21 – 29
-16	5,000	27 – 35
-20	4,000	35 – 46
-24	3,000	46 – 58
-32	3,000	54 – 67

TAMAÑO DE CONECTOR	CÓDIGO 62	
	PRESIÓN MÁXIMA DE FUNCIONAMIENTO (PSI)	TORSIÓN (pies-lbs)
-08	6,000	15 – 19
-12	6,000	5 – 33
-16	6,000	42 – 50
-20	6,000	63 – 75
-24	6,000	117 – 133
-32	6,000	200 – 217

RECOMENDACIONES DEL FLUIDO HIDRÁULICO PARA BOMBAS DE ENGRANAJE

Máx. intermitente 7,500 SSU (1620 cSt)
Máx. continuo 1,000 SSU (216 cSt)
Min. continuo 60 SSU (10 cSt)

Temperatura máxima de los sellos de producción Intermitente 225 °F
Continua 180 °F

cSt: Centistokes

TEMPERATURA DEL ACEITE: las bombas y los componentes, como los cojinetes y los sellos de aceite, se ven afectados por las altas temperaturas. Las bajas temperaturas (por debajo de 130 °F) generan condiciones de funcionamiento que aumentan la vida útil del aceite, siempre que se cumplan los SSU especificados.

SSU: segundos Saybolt universales

La cantidad de segundos requeridos para que 60 ml de un fluido pasen a través de un orificio de tamaño determinado a una atmósfera a una temperatura controlada. Si no se indica ninguna temperatura, se supone que esta es de 100 °F [38 °C]. El índice de viscosidad (Viscosity Index, V.I.) es una indicación de la tasa de cambio de un fluido.

La temperatura del sistema es el resultado de muchos factores, entre ellos:

- La eficiencia general del sistema*
- El tamaño y la ubicación del depósito*
- La proximidad de los componentes a fuentes de calor*
- Los ciclos de servicio*
- El nivel de contaminación*
- La calidad del aceite*
- La temperatura ambiente*

Para bajar las temperaturas de funcionamiento:

- Revise los componentes seleccionados para determinar si hay alguno de tamaño menor que el especificado.*
- Aumente la capacidad del depósito.*
- Proteja los componentes y las mangueras de los sistemas de escape.*
- Mantenga el aceite limpio.*
- Instale un enfriador de aceite.*

SECCIÓN 10: ACEITES HIDRÁULICOS

El aceite debe cumplir diversas funciones dentro del sistema hidráulico: suministrar potencia, lubricar los componentes, disipar el calor y llevarse los contaminantes. Para realizar estas tareas, los aceites hidráulicos contienen aditivos específicos que mejoran su capacidad de soportar la presión, las temperaturas extremas y otras condiciones de funcionamiento a las que están sometidos. En gran medida, la vida útil del sistema hidráulico está directamente relacionada con la vida útil del aceite. Si el aceite permanece limpio y por debajo de los 140 °F, todo el sistema se ve beneficiado.

La viscosidad es la medida de la resistencia de un líquido a fluir. La viscosidad del aceite se mide en segundos Saybolt universales (*Saybolt Seconds Universal*, SSU). También se lo conoce como segundos universales Saybolt (SUS). Ese número representa el tiempo que tardan 60 mililitros (aprox., 2 onzas) de fluido a una temperatura determinada (generalmente, 100 °F) en pasar a través de un orificio de un tamaño dado (0.060"). El aceite tiene mayor viscosidad a temperaturas bajas, y una menor viscosidad a temperaturas altas. Para los aceites hidráulicos, la viscosidad en el arranque (en frío) no debe superar los 7,500 SSU. La viscosidad a 100 °F debería estar en el rango de los 75 a 200 SSU. Cuando consulte las especificaciones para el aceite, a menos que se indique lo contrario, el SSU especificado es 100 °F.

No intente diluir el aceite con querosén o combustible diésel para el funcionamiento en invierno. En su lugar, cambie por un aceite de menor viscosidad o agregue el agente diluyente recomendado y diseñado para ese fin.

La lubricidad se refiere a la capacidad del aceite de formar una capa protectora sobre las superficies metálicas. Sin esta capa de aceite, el contacto de metal con metal generaría fricción y, a su vez, calor y un desgaste excesivo. El espesor de la capa está relacionado con la viscosidad. Los fluidos de alta viscosidad son más espesos y forman una capa más gruesa sobre los componentes internos. A pesar de que con frecuencia se usa fluido de transmisión automática (ATF) como fluido hidráulico, en realidad es una mala elección porque la capa pierde resistencia a altas temperaturas y presiones. En el lado positivo, el ATF tiene una excelente estabilidad térmica.

En verdad, el aceite contiene mucho más que simplemente petróleo. Los aceites contienen paquetes de aditivos específicos para su función. Por ejemplo, el aceite para motor contiene aditivos detergentes y para altas temperaturas. Los aceites hidráulicos de calidad deben contener agentes antioxidantes, antidesgaste y antiespumantes para altas temperaturas. Todos son necesarios para que el aceite haga su trabajo. Hay que basar la selección de aceite hidráulico en la frecuencia de uso, las PSI máximas, el clima y cuán fundamental es el equipo.

Es importante recordar que estos aditivos son sensibles al calor. La temperatura de funcionamiento ideal para los sistemas hidráulicos es de 100° a 140 °F. Las temperaturas que superan los 180 °F pueden contribuir a la oxidación, reduciendo la capacidad del aceite de funcionar correctamente. A medida que los aditivos se cocinan, van dejando barnices que pueden hacer que las válvulas se peguen y que se degrade el rendimiento. Estos aceites son pegajosos al tacto, más que resbalosos. El calor también afecta la eficiencia del rendimiento. Como regla general, la eficiencia del sistema cae, aproximadamente, un 1% por cada 10 °F sobre 130 °F. A 180 °F, eso representa una pérdida de eficiencia del 5% y una reducción de dos tercios en la vida útil proyectada del aceite.

Una función importante del aceite hidráulico es llevar los contaminantes hacia el filtro, desde donde se los puede eliminar del sistema, o hacia el tanque donde pueden asentarse en lugar de estar en suspensión.

El principal enemigo de los sistemas hidráulicos es la contaminación. Utilizamos la palabra "contaminación" en lugar de "suciedad" porque la contaminación puede tener muchas formas. Hay contaminación por partículas, contaminación química y contaminación biológica o microbiana. Esta última se produce cuando existe agua en el sistema, donde pueden reproducirse los agentes biológicos.

La contaminación química incluye el combustible diésel y el querosén utilizados para diluir el aceite, el agua, los productos químicos de limpieza y el cloruro de calcio líquido. El agua es lo más común, ya que ingresa al sistema a través del respiradero del tanque a medida que el nivel de aceite aumenta y baja durante el funcionamiento

normal del sistema. El lavado a presión, si se lo dirige hacia el depósito, también introduce agua. El aceite puede absorber hasta 300 partes por millón (PPM). Las cantidades que superan las 300 partes por millón se presentan como **agua libre** y le dan una apariencia lechosa al aceite. Esta se conoce como agua emulsionada. Se ha calculado que con un solo 1% de agua en el aceite hidráulico se reduce la vida útil de la bomba en hasta un 90%. La presencia de agua también acelera la descomposición del paquete de aditivos y promueve la formación de subproductos ácidos que llevan al desgaste por corrosión. El agua también contribuye mucho al proceso de oxidación (la reacción del oxígeno con los elementos de carbono e hidrógeno de los fluidos hidráulicos), lo que ocasiona la formación de lodo y contribuye a la corrosión.

La contaminación por partículas incluye objetos grandes y pequeños en distintas concentraciones. Los ejemplos incluyen: cieno, arena, salpicaduras de soldadura, partículas de óxido, virutas de metal, cinta de teflón, fibras de los trapos, pernos y herramientas manuales. Algunas partículas son lo suficientemente grandes como para que la bomba se detenga de manera inmediata y violenta, rompiendo los dientes del engranaje y cortando las flechas de entrada. Otras, especialmente en concentraciones altas y bajo presión, tienen el efecto de arenar las piezas internas de los componentes hidráulicos. En cualquier caso, el resultado final es un mayor desgaste y calor, y una disminución de la eficiencia del sistema y la vida útil de los componentes.

¿Cómo ingresa la contaminación al sistema? Esta puede venir incorporada, ser inducida o ingresada, o generada internamente.

La contaminación incorporada se produce durante el procedimiento de fabricación y montaje, e incluye escorias de soldadura y salpicaduras, polvo del almacenamiento, pedacitos de pintura, partículas de cinta de teflón y contaminantes del aceite “nuevo”.

Consejo: almacene los tambores de aceite sobre sus lados y filtre el aceite nuevo a medida que lo va colocando en el tanque para reducir la contaminación incorporada. Guarde las bateas, los baldes y embudos designados para manipular aceite al revés y en un armario libre de polvo.

La contaminación inducida se produce cuando se abre un sistema para realizar el mantenimiento e ingresa suciedad. También se incluye el agua que ingresa con el lavado a presión.

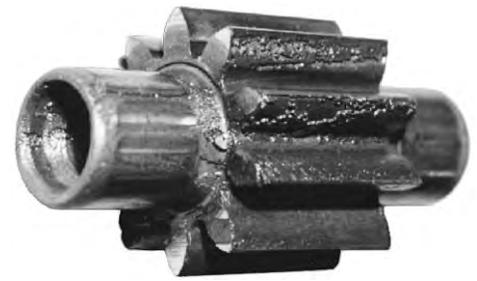
La contaminación ingresada es la que ingresa al sistema durante el funcionamiento normal, por lo general, a través del respiradero del depósito o a través de los sellos del vástago del cilindro.

Los contaminantes generados internamente (por desgaste) consisten en las partículas generadas por el desgaste de las bombas, los cilindros y los motores hidráulicos; los compuestos de goma de las mangueras y sellos y los barnices producto de la descomposición de los aditivos del aceite.

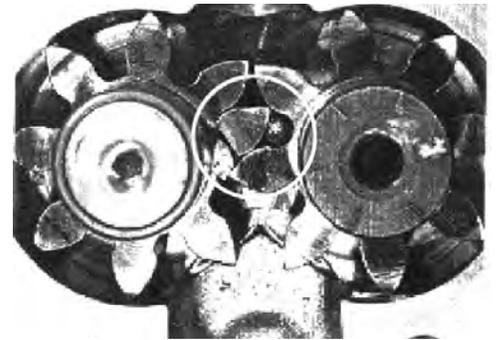
Al analizar la contaminación, se tienen en cuenta dos factores: el tamaño y la concentración. La unidad de medida para el tamaño de las partículas es la **micra (μ)**. La concentración se mide en la cantidad de partículas por mililitro, $\frac{1}{1000}$ de un litro. Un mililitro de aceite tiene, aproximadamente, el tamaño de un terrón de azúcar.

Por lo tanto, ¿qué tamaño tiene una micra? El umbral de visibilidad, el objeto más pequeño que se puede ver a simple vista es, aproximadamente, 40μ . La sal de mesa tiene 100μ , un cabello humano tiene un diámetro de 70μ y un glóbulo rojo tiene 7μ . En los sistemas hidráulicos móviles, por lo general, se utilizan filtros de 10 micras.

El análisis de muestras de aceite es una herramienta útil para determinar la concentración y la composición de los contaminantes. El informe detalla el tipo de partículas encontradas y la concentración, en partes por mililitro, de partículas con un tamaño de 5μ y 15μ . Un informe de análisis de aceite típico muestra la concentración de metales de desgaste (por ej., hierro, cromo y aluminio), metales contaminantes (sodio y potasio), metales aditivos (por ej., magnesio y calcio) y contaminantes no metálicos, como el agua y el combustible. Estos se muestran en partículas por mililitro (ml), y se otorga una calificación final para la limpieza general del sistema. Esta calificación se basa en un código de limpieza desarrollado por la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés). Este sistema asigna un código basado en las partes por mililitro y establece niveles mínimos de limpieza.



Este engranaje fue dañado por el concentrado de jugo de naranja que entró al sistema hidráulico.



Diente de engranaje roto por un tornillo que quedó en el depósito.

¿QUÉ TAMAÑO TIENE UNA MICRA (μ)?

- 149μ = malla de 100
- 100μ = sal de mesa
- 90μ = partícula de esmog
- 74μ = malla de 200
- 70μ = cabello humano
- 60μ = polen
- 50μ = partícula de niebla
- 40μ = umbral de visibilidad
- 25μ = glóbulo blanco
- 10μ = talco en polvo
- 7μ = glóbulo rojo
- 2μ = bacteria
- $1\mu = 0.00003937''$**
- $1\mu = 10^{-4} \text{ cm } (1/10,000 \text{ cm})$**

CÓDIGO DE LIMPIEZA ISO

CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES (PARTÍCULAS POR ML) CÓDIGO

10,000,000.....	30
5,000,000.....	29
2,500,000.....	28
1,300,000.....	27
640,000.....	26
320,000.....	25
160,000.....	24
80,000.....	23
40,000.....	22
20,000.....	21
10,000.....	20
5,000.....	19
2,500.....	18
1,300.....	17
640.....	16
320.....	15
160.....	14
80.....	13
40.....	12
20.....	11
10.....	10
5.....	9
2.5.....	8
1.3.....	7
0.64.....	6
0.32.....	5
0.16.....	4
0.08.....	3
0.04.....	2
0.02.....	1
0.01.....	0.9
0.005.....	0.8
0.0025.....	0.7

Una mejora en la contaminación por partículas de un código de limpieza ISO puede producir un aumento del 10% al 30% en la vida útil de los componentes. La recomendación ISO para un sistema típico de bomba de engranaje de centro abierto que funciona a 3,000 PSI es 19/17/15. El primer número (19) en el código refleja la cantidad permitida de partículas de un tamaño mayor o igual que $\geq 4\mu$. El segundo número (17) refleja el recuento de partículas de $\geq 6\mu$ permitidas, y el tercero (15), $\geq 14\mu$. Esto se traduce en un recuento total de no más de 5000/ml de partículas con tamaños de 4μ o más grandes, 1,300 ml de 6μ o más grandes y 320 ml de 14μ o más grandes. El recuento de 5,000 ml incluye **TODAS** las partículas de más de 4μ . El informe, al identificar los contaminantes específicos, también ayuda a aislar la fuente de contaminación. El análisis de una muestra de aceite puede ser una herramienta extremadamente útil para extender la vida útil del sistema.

Otro término que se utiliza cuando se habla del aceite y la filtración es la **razón beta**. La razón beta está formada por dos números: el tamaño de partícula y el recuento de partículas. La razón beta de un filtro es la representación numérica de la eficacia de los filtros para eliminar partículas de un tamaño específico en la primera pasada. El número de la razón beta se ve más o menos así: $\beta_{10} = 20$. En este ejemplo, el filtro permite el paso de una partícula cada 20 partículas de un tamaño de 10 micras. Por lo tanto, el filtro tiene un 95% de eficiencia. Si la clasificación de eficacia fuera de 4 en lugar de 20, el filtro tendría una eficiencia del 75% únicamente; podría pasar una partícula cada cuatro. Si la clasificación de eficacia fuera de 50, el filtro tendría una eficiencia del 98% únicamente; podría pasar una partícula cada 50.

De acuerdo con las normas ISO, una razón beta de 75 se considera la clasificación absoluta. Cualquier razón superior a $\beta_x = 75$ no puede verificarse en términos de estadística.

$$\text{RAZÓN BETA} = \frac{\text{Cant. de partículas aguas arriba del filtro mayores que la clasificación en micras del filtro}}{\text{Cant. de partículas aguas abajo del filtro mayores que la clasificación en micras del filtro}}$$

Para determinar la eficiencia del filtro en función a la razón beta

$$E = \frac{(\text{Razón beta} - 1) \times 100}{\text{Razón beta}}$$

LA RAZÓN BETA

$\beta_x = 4$ es un 75% eficiente* (1 cada 4)
 $\beta_x = 10$ es un 90% eficiente (1 cada 10)
 $\beta_x = 20$ es un 95% eficiente (1 cada 20)
 $\beta_x = 50$ es un 98% eficiente (1 cada 50)
 $\beta_x = 100$ es un 99% eficiente (1 cada 100)
 *75% eficiente significa que una partícula cada cuatro pasa a través del filtro en la primera pasada, etc.

CÓDIGOS DE LIMPIEZA ISO RECOMENDADOS

Fluido hidráulico nuevo	20/18/14
Bombas/Motores de engranaje	19/17/15
Bombas/Motores de pistón	18/16/14
Válvulas de control solenoide	20/18/15
Válvulas de control proporcional	17/15/12
Servoválvulas	16/14/11

SECCIÓN 11:

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA, ENFRIADORES, ACUMULADORES, VARIOS

Cuando se diseñan sistemas hidráulicos, los componentes se especifican según el caudal y la presión de funcionamiento deseados. Cuando los sistemas funcionan a un caudal más alto, aumentan las caídas de presión y los componentes del sistema pueden dañarse a causa del calor resultante. Un **dispositivo de protección del sistema** evita que se produzcan daños al limitar la velocidad a la cual el operador puede activar y hacer funcionar el equipo. Esto se logra si se mide la velocidad del motor del alternador del camión y, al alcanzar unas RPM predeterminadas, se desacopla automáticamente la toma de fuerza tipo embrague, el embrague eléctrico o la válvula seca; por lo tanto, se apaga el sistema hidráulico hasta que se reduce la velocidad hasta un nivel seguro. No se puede usar para controlar las tomas de fuerza convencionales con cambios mecánicos. Como alternativa, los motores y las transmisiones de muchos camiones modernos pueden programarse a través de sus módulos de control electrónico para que brinden protección contra el exceso de velocidad, además de establecer otros parámetros de funcionamiento.

Los enfriadores eliminan el exceso de calor de los sistemas hidráulicos al encaminar el aceite de retorno a través de un intercambiador de calor (radiador) desde donde se puede transferir el calor a la atmósfera. En términos generales, los sistemas que producen un excedente de 16,000 unidades térmicas británicas (BTU) por hora necesitarán un intercambiador de calor. El tamaño del enfriador se basa en la cantidad de calor (en BTU) que se debe eliminar para mantener una temperatura de funcionamiento deseable. En un sistema hidráulico, se genera calor a una razón de 2,545 BTU por hora, por cada caballo de fuerza (HP). Si un sistema produce 10 HP y tiene una eficiencia del 80%, se usan 8 HP para el trabajo y 2 HP para generar calor. Se generan 5,090 BTU por hora de calor.

Algunos enfriadores se montan delante del radiador del motor y utilizan el ventilador del motor para extraer el aire a través de sus serpentines. Hay que tener cuidado de que los serpentines refrigeradores se mantengan libres de polvo, insectos y residuos. Algunos son unidades autónomas que incluyen un pequeño depósito, serpentines refrigeradores y un ventilador accionado por un motor eléctrico o hidráulico. Aunque son más costosos, son más compactos y fáciles de instalar. Los enfriadores deben colocarse después de los filtros de línea de retorno en el sistema, ya que los contaminantes no solo obstruyen los conductos en los serpentines refrigeradores, sino que también conservan más el calor, dificultando el enfriamiento del aceite. **Primero hay que filtrar, después enfriar.**

Los circuitos de las herramientas hidráulicas, las bombas de productos de accionamiento hidráulico y los sistemas hidráulicos de servicio continuo son candidatos para tener enfriadores. Los circuitos de las herramientas hidráulicas, por lo general, requieren que las temperaturas del aceite se mantengan por debajo de los 100 °F para permitir el manejo seguro y confortable de las herramientas.

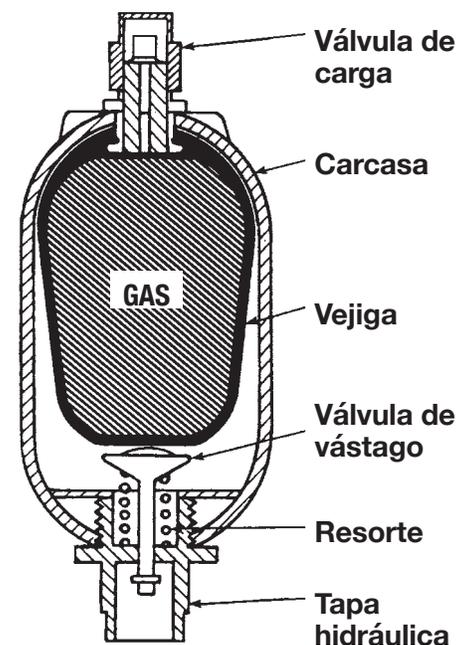
Los acumuladores funcionan como amortiguadores dentro del sistema hidráulico. Pueden ser accionados por resorte o por gas nitrógeno (los más comunes) y, a su vez, son de pistón o tipo vejiga. Los acumuladores absorben los picos de presión repentinos o suavizan un sistema que produce pulsaciones de presión rápidas y frecuentes. En los equipos móviles, se pueden encontrar en circuitos de herramientas hidráulicas o en pisos móviles. Como su nombre lo indica, los acumuladores también se usan para almacenar presión hidráulica, que se puede utilizar en situaciones de emergencia o con el motor apagado. Los acumuladores también se usan como dispositivos de almacenamiento para liberar grandes volúmenes de aceite en ciertas operaciones de las máquinas. Por consiguiente, el sistema puede ser dimensionado para un circuito de volumen bajo con la función agregada de un flujo alto cuando sea necesario.



Dispositivo de protección del sistema SPD-1001



Intercambiador de calor Paragon HydraFLOW



Acumulador de vejiga

SECCIÓN 12:

DISEÑO DEL SISTEMA

Símbolos esquemáticos hidráulicos:

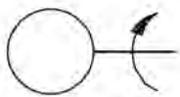
Los circuitos hidráulicos se ilustran usando símbolos esquemáticos que representan los distintos componentes del sistema. Estos gráficos pueden resultar muy complejos y, aunque son similares, existen diferentes normas. Tres organizaciones que publican las normas son la Asociación Nacional de Energía Hidráulica (*National Fluid Power Association, NFPA*), el Instituto Nacional Americano de Normalización (*American National Standards Institute, ANSI*) y la Organización Internacional de Normalización (*International Organization for Standardization, ISO*).

Los ejemplos que aparecen aquí usan símbolos de la norma ANSI.

Para ver un listado más completo de estos símbolos, puede conseguir una copia del manual *Fluid Power Designers' Lightning Reference Handbook*, publicado por Berendsen Fluid Power.

Motores principales:

El motor principal suministra la potencia mecánica para la bomba hidráulica. En las aplicaciones hidráulicas móviles, el motor primario, generalmente, es el motor del camión, a través de la toma de fuerza o el ensamble del eje de transmisión. En las aplicaciones hidráulicas industriales, por lo general, es un motor eléctrico.



eje rotatorio

Puede ser la flecha de una toma de fuerza, el eje de transmisión delantero del motor o el eje de transmisión principal del camión. No existe un símbolo esquemático establecido para una toma de fuerza.



motor eléctrico

Se ve más a menudo en aplicaciones hidráulicas industriales.

Bombas hidráulicas:

La bomba hidráulica suministra el flujo de aceite al sistema. Las bombas pueden ser de engranaje, pistón o paletas. El símbolo no hace diferencia entre los distintos tipos de bombas. Se puede modificar para mostrar la presencia de compensadores, alivios o secciones múltiples.



Bomba de desplazamiento fijo en un solo sentido

Tiene una entrada y una salida definidas. Solo funciona en una dirección.



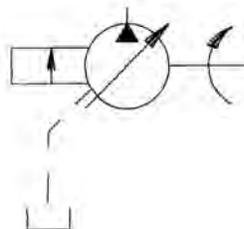
Bomba de desplazamiento fijo de dos sentidos

Si está conectada correctamente, puede funcionar en cualquier dirección.



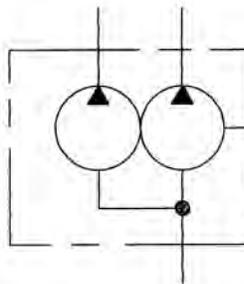
Bomba de desplazamiento variable en un sentido

La flecha diagonal indica que el desplazamiento de la bomba se puede ajustar.



Bomba de desplazamiento variable de un sentido de presión compensada

Además de ser de desplazamiento variable, esta bomba tiene un compensador de presión que sirve para variar automáticamente la salida de la bomba para mantener un caudal y presión específicos. El símbolo también muestra una línea de drenaje en la carcasa hacia el tanque.

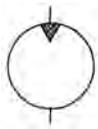


Bomba de desplazamiento fijo de un sentido en tándem

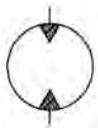
Las bombas en tándem tienen dos secciones que producen flujo en un cuerpo principal. Pueden tener una entrada común (como en la unidad de arriba) o entradas individuales. También hay bombas con tres y cuatro secciones.

Motores hidráulicos:

Exactamente lo opuesto a una bomba, el motor hidráulico convierte la energía del fluido en energía mecánica. Al igual que las bombas, los motores pueden tener un diseño de engranaje, paletas o pistón. Sin embargo, el tipo más común es el diseño gerotor. Observe que, en el símbolo del motor, la flecha de flujo apunta hacia adentro, mientras que en la bomba apunta hacia afuera. Por lo demás, los símbolos son los mismos. Como en el caso de las bombas, el símbolo no hace la distinción entre el tipo de motor — engranaje, paletas, pistón o gerotor.



Motor hidráulico de desplazamiento fijo de un sentido



Motor hidráulico de desplazamiento fijo de dos sentidos



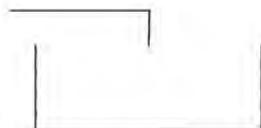
Motor hidráulico de desplazamiento variable de un sentido

Depósitos de aceite hidráulico:

El depósito suministra aceite a la bomba. El depósito básico que se muestra abajo es el tipo más común con ventilación hacia la atmósfera. Una caja de cuatro lados indica un depósito sellado. Los símbolos que parecen cuadrantes de reloj, al costado del depósito, indican la presencia de indicadores de temperatura o de nivel de aceite.



Depósito básico



Depósito con línea sobre el nivel del fluido

Una línea sobre el fluido, por lo general, es una línea de retorno.

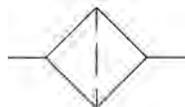


Depósito con línea debajo del nivel del fluido

Una línea debajo del nivel de fluido, por lo general, es la salida a la bomba. A veces se la muestra saliendo del depósito desde la parte inferior.

Filtros hidráulicos:

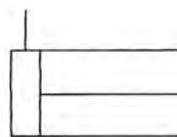
Los filtros pueden ser de succión, presión o de retorno. El símbolo básico es el mismo.



Filtro

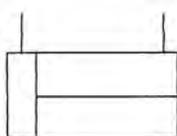
Cilindros hidráulicos:

Al igual que los motores hidráulicos, los cilindros son accionadores del sistema, que convierten la energía del fluido en energía mecánica. Los cilindros también multiplican la fuerza, lo que permite realizar grandes cantidades de trabajo.



Cilindro de simple efecto

Los cilindros de simple efecto se extienden por fuerza hidráulica, pero necesitan de la gravedad o de fuerzas opuestas para replegarse.

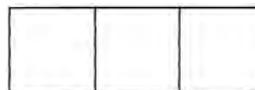


Cilindro de doble efecto

Los cilindros de doble efecto se extienden y repliegan mediante fuerzas hidráulicas.

Válvulas de control direccional:

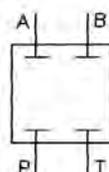
La válvula de control direccional envía el caudal de aceite hacia el accionador elegido — un cilindro o motor hidráulico. Las válvulas direccionales pueden tener un diseño de centro abierto o de centro cerrado. Las válvulas de centro abierto tienen un pasaje directo desde el puerto de entrada hasta el puerto de retorno de la válvula, o puerto del tanque. Las válvulas de centro cerrado no tienen este pasaje interno. En general, las válvulas de centro abierto se utilizan con bombas de engranaje o de paletas, y las válvulas de centro cerrado se usan con bombas de pistón de desplazamiento variable. Hay excepciones.

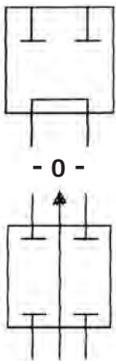


Envoltura básica de la válvula

La envoltura básica de la válvula consiste en una caja que representa cada una de las posiciones de la bobina de la válvula. Este símbolo indica que la válvula es de tres posiciones. Las líneas dibujadas dentro de las cajas muestran los caminos del flujo de aceite para cada posición.

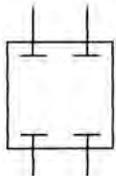
La sección central de esta válvula identifica las ubicaciones de los puertos de la válvula. **P** es la entrada desde la bomba; **T** es el retorno al tanque; y **A** y **B** representan los dos puertos de trabajo. El puerto **A** es el que está más cerca del extremo con manija de la bobina de la válvula, y el puerto **B** está más cerca del extremo de la tapa. En cualquier gráfico de una válvula se muestran los cuatro para cada posición de la bobina. Para cada posición, las flechas indican la condición del flujo correspondiente.





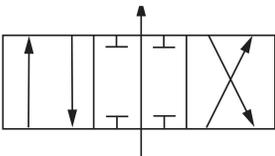
Centro abierto

La caja central representa la posición central, o neutral, de la bobina. La línea horizontal en el gráfico a la izquierda indica que es una válvula de centro abierto.



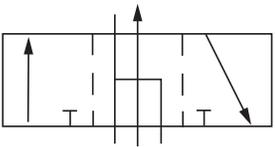
Centro cerrado

Las barras transversales en cada línea indican que es una válvula de centro cerrado.



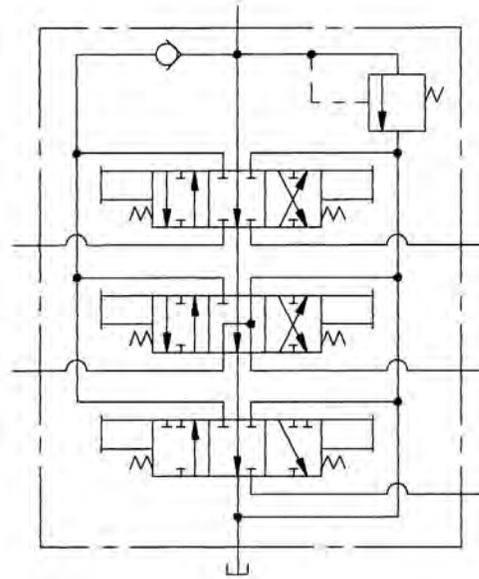
4 vías, 3 posiciones, centro abierto

Una válvula de cuatro vías y tres posiciones, por lo general, controla un cilindro de doble efecto.



3 vías, 3 posiciones, centro abierto

Una válvula de tres vías y tres posiciones, por lo general, controla un motor.



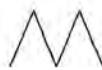
Válvula de 3 secciones con retención de carga integral y alivio de presión

Una válvula de sección múltiple se ilustra con una línea quebrada que rodea las secciones individuales y una entrada común para todas las secciones. Si hay válvulas internas de alivio o de retención de carga, también se muestran dentro del recinto. Cada sección individual de la válvula se ilustra mostrando el camino de flujo.

Esta válvula de tres secciones tiene dos secciones de doble efecto y una de simple efecto, una retención de carga integral y una válvula de alivio de presión. Cada sección se activa manualmente y está equipada con un retorno de resorte.

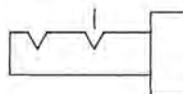
Accionadores de válvula:

Estos símbolos se usan para mostrar cómo se realizan los cambios en la válvula. En una válvula de secciones múltiples, se muestra cada sección con su propio accionador.



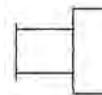
Resorte

Se usa generalmente para que la bobina de la válvula regrese a la posición neutral.

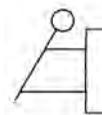


Retención

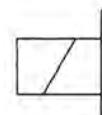
La bobina de la válvula permanecerá en la posición en la que está colocada.



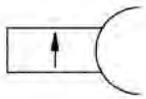
Accionador manual



Palanca



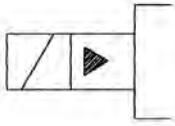
Solenoid



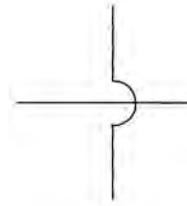
Presión compensada



Presión de piloto
(hidráulica)



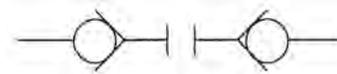
Solenoides y piloto



Cruce de líneas



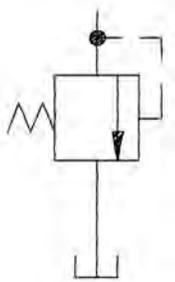
Unión de líneas



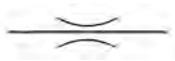
Desconexión rápida

Otras válvulas de control de fluidos:

Las válvulas de alivio de presión, las válvulas selectoras, las válvulas de retención de carga, entre otras, tienen sus propios símbolos.



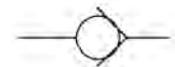
Válvula de alivio de presión,
con piloto, no regulable



Restricción de flujo,
orificio fijo



Control de flujo regulable



Válvula de retención

El flujo pasa de derecha a izquierda y se bloquea de izquierda a derecha.

Líneas hidráulicas, conexiones, etc.

_____ Línea o manguera

Una línea sólida indica manguera o tubo.

----- Presión de piloto o línea de
drenaje en la carcasa

Una línea de puntos indica línea de presión de piloto. Esta puede ser una línea externa o un conducto interno.

----- Recinto

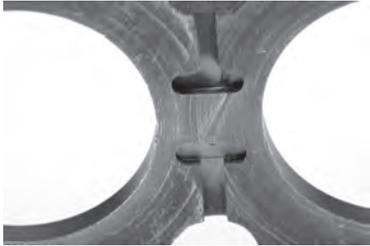
Una línea quebrada indica un recinto, como el cuerpo de la válvula.

CONSEJOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA HIDRÁULICO MÓVIL:

1. Comience con los requisitos del trabajo a realizar. ¿Cuánto peso debe levantar un cilindro? ¿A qué velocidad debe girar una pieza del equipo mecánico, por ej., bomba de producto, compresor de aire o eje de cabrestante? Las respuestas a estas preguntas determinarán los tamaños requeridos del cilindro y los desplazamientos de motor.
2. Si se conoce el tamaño del cilindro o el desplazamiento del motor, además de los ciclos de servicio, se pueden determinar los requisitos de flujo y presión hidráulicos y, a su vez, seleccionar el depósito, válvula, manguera y filtro.
3. La cantidad de funciones hidráulicas determina la cantidad y la función de las secciones de la válvula direccional, la configuración de la válvula de alivio y las opciones de las válvulas.
4. Los requisitos de flujo y presión también determinan el desplazamiento requerido de la bomba y la capacidad de presión.
5. Una vez que se conocen el desplazamiento y la presión de la bomba, se puede calcular la potencia en caballos de fuerza del sistema y seleccionar el motor principal, por lo general, una toma de fuerza, según la velocidad deseada de funcionamiento del motor.



Condición fonográfica en una placa de desgaste



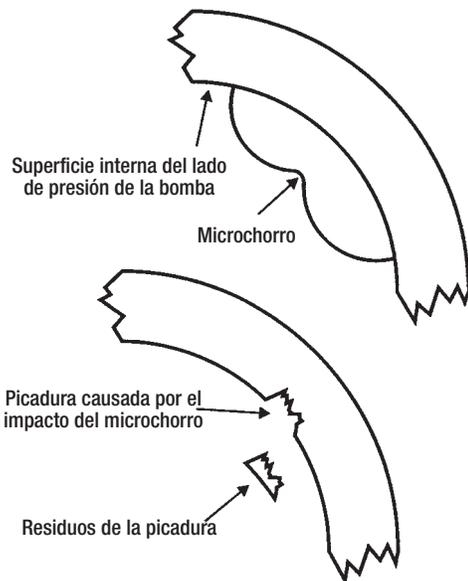
Perforación hidráulica causada por contaminación por partículas finas

Para minimizar la aireación inicial:

Haga funcionar gradualmente la bomba, con el puerto de salida abierto hasta que comience el flujo. Luego, ajuste todos los conectores. Las líneas de retorno deben terminar debajo del nivel de aceite para evitar agitar y airear el aceite.

Para minimizar la cavitación:

Use las mangueras de entrada especificadas y de diámetro suficiente para permitir que el aceite fluya hacia el interior de la bomba sin restricciones.



Las picaduras se producen por el colapso de burbujas de aire o gas en la superficie interna de la bomba.

SECCIÓN 13:

FALLAS Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA HIDRÁULICO

La mayoría de las fallas en un sistema hidráulico se pueden atribuir a cuatro causas:

- Contaminación
- Cavitación
- Sobrepresurización
- Calor

Contaminación

Como explicamos en la **Sección 10**, la contaminación de los aceites hidráulicos puede ser por partículas, química o biológica. Los contaminantes desgastan los componentes del sistema, suman calor al sistema y se alojan en orificios pequeños.

Las partículas contaminantes grandes (virutas de metal, arena, etc.) producen una condición conocida como **fonografía** sobre la superficie de las placas de desgaste de una bomba de engranaje. Se le llama condición fonográfica porque las ranuras que se forman en las placas de desgaste se parecen a las de un disco de vinilo. Estas ranuras disminuyen la eficiencia de la bomba, degradan el rendimiento y suman calor al sistema.

Las partículas contaminantes finas (menos de 5μ) en grandes concentraciones no harán que la bomba se detenga de forma repentina y violenta. Sin embargo, sí pueden provocar el desgaste prematuro de la bomba. En cantidades suficientes, las partículas finas pueden erosionar un camino en la superficie de la placa de desgaste desde el lado de presión hasta el de entrada y alterar el equilibrio de presión de la bomba. Esta condición, llamada **perforación hidráulica**, puede ocasionar la pérdida inmediata de capacidad de presión. También se desgastan los cojinetes y extremos del eje.

Los contaminantes químicos y biológicos afectan la capacidad del aceite de mantener una capa protectora entre las piezas móviles. Cuando se rompe la capa de aceite, el desgaste y la fricción resultantes generan calor y contaminación por partículas.

Cavitación

La cavitación se produce cuando un vacío extremadamente alto en la entrada de la bomba forma burbujas gaseosas en el aceite hidráulico. Estas burbujas, formadas en el vacío, implosionan (colapsan) cuando llegan al lado de presión de la bomba. La implosión es violenta y libera una gran cantidad de energía en forma de calor (hasta $5,000\text{ }^\circ\text{F}$) en el punto de implosión. Esta liberación de energía agrega calor al sistema y la fuerza de la implosión daña las placas de desgaste y los cuerpos de la bomba.

La cavitación vaporosa es un cambio de fase (ebullición) de estado líquido a gaseoso provocado por niveles de presión por debajo de la presión de vapor del líquido. *A menudo, se confunde la cavitación con la aireación.* Aunque las dos implican burbujas en el aceite, existe una diferencia fundamental. La **aireación** se produce cuando ingresa aire atmosférico al sistema, generalmente, debido a bajos niveles de aceite en el depósito, una filtración en el lado de entrada de la bomba o un paquete de cilindros dañado. A veces, la aireación se produce cuando el tiempo de permanencia del aceite en el depósito es reducido y, por lo tanto, el aire no puede disiparse. Las burbujas de aire hacen que los controles estén esponjosos y el accionador funcione de manera irregular. Además, se genera calor a medida que la presión comprime el aire en el lado de salida de la bomba. A una presión de 2,000 PSI, las burbujas de aire se comprimen hasta 1/135 de su tamaño original en menos de 10 milisegundos.

El vacío se mide en pulgadas de mercurio (pulg. Hg). El vacío de más de 5 pulg. Hg (bombas de engranaje) en la entrada de la bomba puede ocasionar la formación y el subsiguiente colapso de las burbujas de gas en el aceite. Cuanto mayor sea el vacío, más graves serán los daños por cavitación. El vacío alto puede ser causado por distintos factores; todos estos factores limitan el flujo de aceite desde el depósito hasta la bomba. Estos factores incluyen:

- Obstrucción en el respiradero del depósito
- Bloqueo en el colador o filtro de succión
- Válvula de cierre cerrada
- Manguera de entrada de tamaño reducido
- Manguera de entrada colapsada o torcida
- Recorrido largo de la manguera de entrada
- Aceite frío
- Entrada de la bomba por encima de la salida del depósito

La cavitación se puede detectar por un sonido distinto de la bomba. Según la gravedad de la condición, el ruido va desde una vibración, como el de las canicas en una caja de metal, hasta un chirrido agudo. El ruido es el sonido de las implosiones de las burbujas de vapor. El ruido puede ser más pronunciado cuando el aceite está frío y disminuye a medida que se calienta.

Para evitar los daños causados por la cavitación, hay que determinar la causa de restricción y corregirla. Las bombas de pistón son las más sensibles a malas condiciones de entrada y, con frecuencia, requieren bombas de carga o depósitos presurizados para mantener una presión positiva en la entrada de la bomba.

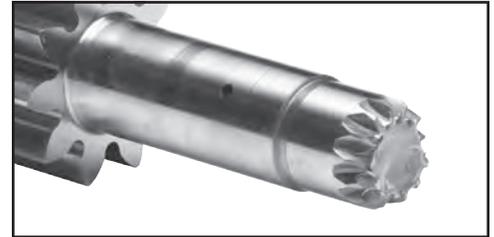
Sobrepresurización

Cuando la bomba funciona a una presión por encima de los parámetros de diseño, puede dañar las flechas de entrada, las carcasas y placas de desgaste. El paquete de cilindros y las mangueras hidráulicas pueden fallar. El aceite que fluye a través del orificio pequeño de una válvula de alivio puede acumular calor rápidamente.

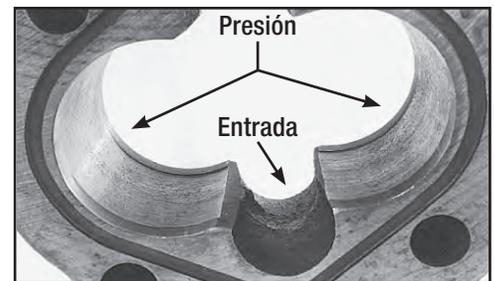
Los daños por sobrepresurización pueden producirse cuando la presión de funcionamiento del sistema está constantemente por encima de la capacidad de presión nominal de la bomba, o cuando el sistema está sujeto a picos de presión, aumentos repentinos causados por cargas cambiantes o atascadas. Incluso con la protección de una válvula de alivio, la bomba puede resultar dañada por los picos de presión si estos son más veloces que la reacción de la válvula de alivio. Los síntomas de sobrepresurización incluyen el exceso de cortes en la carcasa del engranaje, grietas en los cuerpos de la bomba, torceduras en las ranuras de la flecha de entrada o cortes en las flechas. Los picos de presión o el funcionamiento de la bomba por encima de la presión recomendada pueden dar como resultado una aplicación que supera el **límite de torsión del eje** (STL, por sus siglas en inglés) del eje de entrada de la bomba. Esto es particularmente importante en las aplicaciones de bomba en tándem o de sección triple, ya que la flecha de entrada debe soportar la torsión de todas las secciones de la bomba. El límite de torsión del eje (STL) para una bomba se calcula al multiplicar el desplazamiento de la bomba por la presión máxima de funcionamiento. Por ej.: $3.5 \text{ pulg}^3 \times 3,000 \text{ PSI} = 10,500 \text{ STL}$.



Placa de desgaste con picaduras por cavitación



El eje de esta bomba se torció a causa de un pico repentino de presión.



La carcasa de esta bomba muestra un desgaste profundo (0.014") causado por la sobrepresurización. Un corte aceptable debe tener 0.005" o menos para ofrecer un servicio satisfactorio. La presión alta empuja los engranajes de la bomba hacia el lado de entrada o de baja presión de la bomba. Cuando se genera presión excesiva, los engranajes se desvían y producen un corte anormal del engranaje.

LÍMITE DE TORSIÓN DEL EJE

TAMAÑO DEL EJE	FACTOR STL
.625" – 9T	≤ 5,490
.75" – 11T	≤ 10,114
.875" – Rd	≤ 11,200
.875" – 13T	≤ 16,500
1.0" – Rd	≤ 16,900
1.0" – 15T	≤ 25,650
1.25" – 14T	≤ 33,300
1.25" – Rd	≤ 35,900



Placa de desgaste que muestra los efectos del recalentamiento.



Las bombas diseñadas para alojar cómodamente manómetros de vacío y presión ahorran tiempo de mantenimiento y ofrecen mayor precisión. Los puertos traseros especiales de prueba que aparecen en esta vista de Muncie Powr-Pro se pueden usar para el monitoreo del rendimiento. Las bombas de cuatro puertos, dos sentidos (Series K y L) también son muy accesibles para las instalaciones de los indicadores.

Calor

En un sistema hidráulico, el calor es, con frecuencia, el síntoma y no la causa de un problema. A menudo, el calor es un subproducto de la cavitación, contaminación o sobrepresurización. También puede estar ocasionado por componentes de la válvula, mangueras o depósitos de tamaño reducido. Una válvula de alivio adherida o mal ajustada es una posible fuente generadora de calor. Las mangueras o los componentes ubicados cerca de los sistemas de escape absorben el calor y lo transfieren al aceite. El calor excesivo daña el aceite, ya que facilita la oxidación, disminuye la lubricidad y forma tanques de barniz. Las temperaturas lo suficientemente altas que causan daños físicos en las bombas o motores también dañarán el aceite, lo que requerirá su reemplazo.

Resolución de problemas del sistema

La resolución precisa de problemas requiere cuatro tipos de indicadores básicos: **manómetro de vacío**, **manómetro de presión**, **medidor de flujo** e **indicador de temperatura**. Siempre realice las lecturas a velocidades de funcionamiento y temperatura del aceite normales. Intentar reparar los equipos hidráulicos sin los indicadores de prueba adecuados es una práctica ineficaz y potencialmente peligrosa.

El manómetro de vacío debe estar conectado a la línea de entrada en el puerto de la bomba. Una lectura de vacío de más de 5 pulg. de mercurio, a una velocidad de funcionamiento normal del motor, indica una restricción que podría ocasionar daños por cavitación. Inspeccione la manguera, el colador, la válvula de cierre y el respiradero para encontrar el origen de la restricción.

Cuando utilice **manómetros** para probar las presiones del sistema, siempre comience con un manómetro de alta presión (0–5,000 PSI) y pase a un manómetro de baja presión (0–500 PSI) solo después de confirmar que la presión se encuentra dentro del rango. Los manómetros se usan para ajustar válvulas de alivio del sistema, para determinar la presión del sistema en neutro o para diagnosticar problemas relacionados con las bombas.

Los medidores de flujo pueden confirmar si el flujo de salida de una bomba se encuentra dentro de las especificaciones y, cuando se los usa con un manómetro de presión, pueden probar la eficiencia de la bomba a distintas presiones.

Use un **indicador de temperatura** para confirmar la temperatura de funcionamiento del sistema. Trate de mantener la temperatura del aceite por debajo de 140 °F. Si las temperaturas de funcionamiento superan los 140 °F, aumente la capacidad del depósito, agregue un enfriador o revise la selección de componentes para confirmar que todos los componentes tengan el tamaño adecuado para el flujo del sistema.

Una vez realizadas las reparaciones en el sistema hidráulico, o cuando se hayan reemplazado los componentes, es de gran importancia que se realicen esfuerzos para evitar la contaminación. Se deben limpiar por descarga depósitos, cilindros y mangueras. Reemplace los filtros y llene el sistema con aceite nuevo y filtrado. Haga funcionar todos los controles de las válvulas, extienda y repliegue los cilindros y, luego, vuelva a cambiar los filtros antes de volver a poner en servicio el equipo.

ERRORES COMUNES

PROBLEMAS TÍPICOS Y CRÓNICOS DE LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS

- 1. Los sistemas no están bien protegidos de la contaminación, lo que ocasiona desgaste excesivo, ineficiencia del sistema hidráulico y fallas prematuras. La contaminación sigue siendo la causa más frecuente de fallas en el sistema hidráulico.**
- 2. A menudo, los sistemas usan aceites incorrectos, y se producen estos inconvenientes.**
 - El aceite debe ser reemplazado con más frecuencia.
 - Se genera calor debido a la lentitud por alta viscosidad (el aceite es demasiado espeso) o a la cavitación.
 - Se genera calor debido a la baja viscosidad (el aceite es muy fluido), lo que ocasiona deslizamiento excesivo, baja eficiencia y desgaste de los componentes.
- 3. Los operadores del sistema no están capacitados para reconocer**
 - Cuando el sistema requiere mantenimiento
 - Cuando están dañando el sistema al forzar el flujo por encima del alivio
 - El nivel de daños que pueden causar
 - Cuando hay que desacoplar los sistemas
- 4. Con frecuencia, las bombas de reemplazo tienen desplazamiento más grande que el necesario. Como resultado, estas bombas**
 - Requieren una torsión de entrada mayor que la necesaria
 - Funcionan a velocidades menos eficientes
 - Generan más calor
 - Pueden provocar el deslizamiento del convertidor de torsión de la transmisión
- 5. Las líneas y mangueras hidráulicas son demasiado pequeñas, o son de otro tipo en consecuencia**
 - Requieren potencia adicional en caballos de fuerza para compensar la pérdida de presión en el sistema
 - Generan calor, lo que daña las mangueras y el aceite. Por lo tanto, se deben reemplazar con mayor frecuencia de la necesaria.
 - Restringen la cantidad de aceite que puede fluir sin turbulencia, que genera cavitación, aireación y calor.
 - Colapsan o explotan, haciendo que el sistema falle.
 - Generan más presión del sistema en neutro y presiones de funcionamiento más altas.
- 6. Los sistemas no están calibrados y, a menudo, están mal configurados**
 - La válvula de alivio tiene una configuración demasiado alta (no protege los componentes) o demasiado baja, con ciclos innecesarios.
 - La válvula de alivio queda aislada mediante la desconexión rápida, lo que elimina la protección.
 - Continuidad incorrecta del circuito.
- 7. Las líneas motrices mal instaladas provocan vibración, ruido, filtraciones en el sello, contaminación y daños en la flecha de la bomba**
 - Se deforma el sello, permitiendo que ingrese polvo al área del sello
 - El polvo desgasta el área del sello, y es necesario reemplazar la flecha
- 8. Los sistemas funcionan sin nada de aceite o con la válvula de suministro cerrada.**
- 9. Los sistemas no se desacoplan después del uso y generan calor excesivo.**
- 10. Los respiraderos del sistema están obstruidos o no son los adecuados y producen cavitación.**

GUÍA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE BOMBAS HIDRÁULICAS

CONDICIÓN	CAUSA POSIBLE	CORRECCIÓN
No hay flujo de aceite de la bomba.	No hay aceite en el depósito.	Llene el depósito con un fluido aprobado.
	Válvula de cierre cerrada.	Abra la válvula.
	Hay aire atrapado en la manguera de entrada de la bomba.	Use aire comprimido para presurizar el depósito mientras hace funcionar la bomba, o llene la manguera de entrada con aceite del extremo de la bomba.
	La bomba tiene el sentido de rotación incorrecto para la aplicación.	Reemplace o vuelva a configurar la bomba para corregir la rotación.
	Las mangueras están invertidas.	Cambie las ubicaciones de las mangueras de entrada y de presión.
	La toma de fuerza no está acoplada.	Consulte IN84-03.
La bomba no acumula/mantiene la presión.	La válvula de alivio está mal ajustada.	Ajuste la válvula de alivio según las especificación de los fabricantes.
	La válvula de alivio está abierta y atascada.	Retire, limpie y vuelva a ajustar según la especificación.
	La bomba está desgastada o dañada.	Repare o reemplace la bomba.
La bomba hace ruido.	Aireación (aire en el sistema).	Consulte espumado de aceite .
	Cavitación ocasionada por vacío excesivo en la entrada de la bomba. Realice una prueba con un manómetro de vacío en el puerto de entrada. La lectura del indicador debe estar por debajo de 5 pulg. Hg. a una velocidad normal de funcionamiento.	Aumente el tamaño de la manguera de entrada, redireccione la manguera de entrada, controle si la manguera de entrada está torcida o colapsada, controle si el respiradero del depósito o el colador están obstruidos. La manguera de entrada debe ser tipo SAE 100R4 únicamente.
Filtraciones de la bomba:		
En el sello del eje	Hay polvo debajo del sello.	Reemplace el sello. Examine el eje de la bomba para ver si hay marcas.
	Sello o cuerpo de la bomba dañados.	Reemplace el sello o la sección del cuerpo.
	Sello mal colocado.	Reemplace el sello.
En la sección del cuerpo	Junta circular o cuerpo dañados.	Reemplace la sección de la junta circular o el cuerpo.
	Pernos ajustados con la torsión incorrecta.	Ajuste con la torsión especificada.
En el puerto de la bomba	Conector suelto.	Ajuste el conector.
	*NO USE CINTA DE TEFLÓN EN LOS CONECTORES CON ROSCA PARA TUBERÍAS	Reemplace el conector.
La bomba está caliente (la temperatura del aceite no debe superar los 140 °F [60 °C])	Cuerpo de la bomba dañado.	Reemplace la sección del cuerpo.
	Nivel de aceite bajo.	Llene el depósito.
	El depósito es demasiado pequeño.	Aumente el tamaño del depósito; puede necesitar un enfriador
	Aceite sucio.	Reemplace el aceite y el filtro.
	La válvula de alivio está abierta y atascada.	Retire, limpie y vuelva a ajustar. Ajuste la válvula de alivio según
	La válvula de alivio está mal ajustada.	la especificación del fabricante.
	La bomba es demasiado grande para la aplicación.	Revise la aplicación.
Componente del sistema de menor tamaño.	Revise la aplicación. Reemplace con el modelo correcto.	
Aceite con el peso incorrecto.	Reemplace con el aceite correcto.	
Espumado de aceite	Nivel de aceite bajo.	Llene el depósito.
	Conector de entrada suelto.	Ajuste el conector.
	Sello del eje dañado.	Reemplace el sello.
	Filtración en la manguera de entrada.	Reemplace la manguera.
	Deflector del tanque incorrecto.	Instale un deflector o difusor.

SECCIÓN 14:

TABLAS DE CONVERSIÓN, EQUIVALENCIAS Y FÓRMULAS

TABLA DE CONVERSIÓN

De unidades inglesas (EE. UU.) al Sistema Internacional (Métrico)

De	A	Multiplicar por	o	Dividir por
Pulgadas cúbicas (pulg ³)	cc (cm ³)	16.39		0.06102
Pulgadas cúbicas (pulg ³)	Litros	0.01639		61.02
Libras pie	Newton metro (Nm)	1.356		0.7376
Galones (EE. UU.)	Litros	3.785		0.2642
Galones (EE. UU.)	pulgadas cúbicas (pulg ³)	231		0.00433
Caballos de fuerza	BTU	2545.0		0.00039
Caballos de fuerza	VATIOS	745.7		0.001341
Caballos de fuerza	kW	0.7457		1.341
PSI (libras/pulg ²)	BAR	0.06895		14.5
PSI (libras/pulg ²)	Kilopascales (KPa)	6.895		0.000145
Libra	Kilogramo	0.4536		2.2046
Pulgada	Milímetro (mm)	25.4		0.03937
Milla	Kilómetro (km)	1.6093		0.6214

ABREVIATURAS EQUIVALENTES

A = Área de círculo (pulg ²)	Ext = Extensión	kW = Kilovatios	r = Radio
BAR = Unidad de presión	F = Fahrenheit	libras/pie = Fuerza para producir torsión	RPM = Revoluciones por minuto
β = Razón Beta	pies-lbs = Unidad de trabajo	Li = Longitud (pulgadas)	sq.in. = pulgadas cuadradas
cc. = Centímetros cúbicos	F = Fuerza	L = Litros	STL = Límite de torsión del eje
C = Celsius	gal. = Galones	μ m = Micrómetros	Ta = Torsión acelerada
CID = Desplazamiento en pulgadas cúbicas	GPM = Galones por minuto	μ = Micrones	Tc = Torsión continua
CIR = Pulgadas cúbicas/revolución	HP = Caballos de fuerza	ml = Mililitro	T = Torsión
cu.in. = pulgadas cúbicas	Hyd = Hidráulico	mm = milímetros	TJA = Ángulo real de la junta
Cyl. = Cilindro	in. = pulgadas	Min. = Minutos	Ts = Torsión de arranque
Δ = Delta (cambio)	in.lb. = Pulgadas por libra	Nm = Newton metro	V = Velocidad
Δ P = Delta-P o presión parasitaria	in.Hg. = Pulgadas de mercurio	OA = Funcionamiento	Vol. = Volumen
d = Diámetro	K = HP por pie de la velocidad de línea de paso (PLV)	π = 3.1416 (pi)	VE = Eficiencia volumétrica
Di = Profundidad (pulgadas)	Kg. = Kilogramos	PPM = Partes por millón	Wi = Ancho (pulgadas)
E o EFF = Eficiencia	km = Kilómetro	PLV = Velocidad de la línea de paso	

FÓRMULAS PARA USAR CON LA CALCULADORA

Las siguientes fórmulas lo ayudarán a calcular requisitos específicos para determinar el par de productos apropiado para un sistema hidráulico exitoso. Las fórmulas incluyen aquellas que sirven para calcular potencia en caballos de fuerza, torsión, velocidad del motor y demás.

Para calcular	Ingresar en la calculadora
Velocidad de salida de la TDF (RPM)	$RPM \text{ de TDF} = RPM \text{ motor} \times \% \text{ TDF}$
Velocidad requerida del motor (RPM)	$RPM \text{ motor} = RPM \text{ TDF requerida} \div \% \text{ TDF}$
Caballos de fuerza (HP)	$HP = T \text{ (pies-lbs)} \times RPM \div 5252$
Torsión (pies-lbs)	$T = HP \times 5252 \div RPM$
Área de círculo	$A = \pi r^2$ or $A = d^2 \times .7854$
Volumen de cilindro (galones)	$V = \pi r^2 \times Li \div 231$ O $d^2 \times .7854 \times Li \div 231$
Fuerza de cilindro (lbs)	$F = A \text{ (pulg}^2) \times PSI$
Extensión de cilindro (pulgadas/segundo)	$Velocidad \text{ extensión} = GPM \times 4.9 \div d^2 \text{ (pulg)}$
Extensión de cilindro (segundos para extenderse)	$Tiempo \text{ de extensión} = Volumen \text{ cilindro (pulg}^3) \times .26 \div GPM$
Volumen de un depósito (rectangular, galones)	$Vol. = Li \times Wi \times Di \div 231$
Volumen de un depósito (redondo, galones)	$Vol = \pi r^2 \times Li \div 231$ O $d^2 \times .7854 \times Li \div 231$
Caballos de fuerza de salida de la bomba (HP)	$HP = GPM \times PSI \div 1,714$
Caballos de fuerza de entrada de la bomba (HP)	$HP = GPM \times PSI \div 1,714 \div E$
Torsión de entrada de la bomba (pies-lbs)	$T = CID \times PSI \div 24\pi$
Flujo de salida de la bomba (GPM)	$GPM = CIR \times RPM \div 231 \times E$
Velocidad de entrada de la bomba (RPM)	$RPM = GPM \times 231 \div CIR \div E$
Desplazamiento de la bomba (CIR)	$CIR = GPM \times 231 \div RPM \div E$
Flujo en GPM usando TDF	$GPM = RPM \text{ motor} \times \% \text{ TDF} \times CIR \div 231 \times E$
Velocidad de aceite (pies/seg)	$V = GPM \times .3208 \div A \text{ (pulg}^2)$
Caída de presión a través de un orificio (PSI)	$\Delta P = .025 \times GPM^2 \div d^5 \text{ (pulg)}$
Aumento de calor en grados F	$\Delta F^\circ = HP \times 746 \times \text{ineficiencia} \times \text{minutos.} \div \text{galones en el sistema} \div 60$

NOTA: Las siguientes fórmulas para motores hidráulicos se calculan en pulgadas-libras (pulg-lbs), en lugar de en pies-libras (pies-lbs). Para convertir a pies-libras, divida por 12.

TORSIÓN DE SALIDA DEL MOTOR	
Continua	$T_c = GPM \times PSI \times 36.77 \div RPM$ O $T_c = CID \times PSI \div 2 \pi$ O $T_c = HP \times 63025 \div RPM$
Arranque	$T_s = T_c \times 1.3$
Acelerado	$T_a = T_c \times 1.1$
Presión de funcionamiento del motor	$PSI = T \times 2 \pi \div CIR \div E$
RPM motor	$RPM = GPM \times 231 \div CIR$

LLAME A MUNCIE POWER AL 800-367-7867

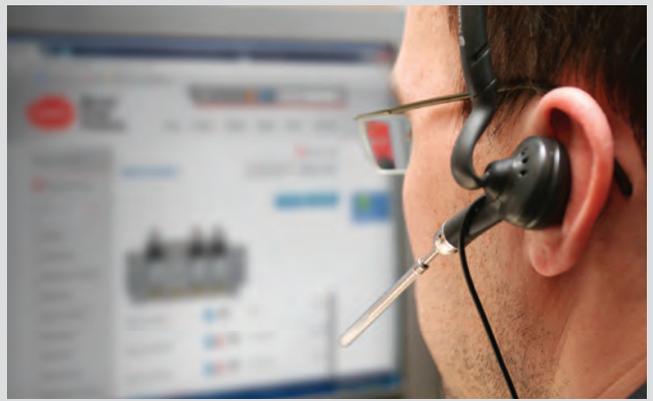
ÍNDICE

Accionadores	15-17, 30	Fallas del sistema hidráulico	32-34
Accionadores de válvula	30, 31	Filtraciones tipo riñón.....	20
Accionamiento con el cigüeñal del motor	6, 12	Filtros.....	20, 29
Aceite hidráulico.....		Fluido de transmisión automática (ATF).....	24
-Aditivos.....	24	Flujo nominal	13
-Análisis.....	25	Fonografía	32
-Dilución.....	24	Fuerza	3, 15
-Filtros.....	20	Fuerza de cilindro	15
-Manejo.....	26	Herramientas hidráulicas.....	27
-Temperatura	24	Indicador(es).....	34
Acumuladores	27	Instalación de dos líneas o tres líneas.....	11
Agua	24, 25	Kits combinados	11
Aireación	11, 19, 32	Kits de línea húmeda (Sistema Combo Kit II).....	11
Ángulo real de la junta (TJA).....	7	Ley de Boyle.....	3
Ángulo universal de la junta	12	Ley de Charles	3
Bomba Live Pak™.....	6, 7	Ley de Henry-Dalton	3
Bombas.....		Ley de Pascal.....	3
- (de embrague) accionada por correa.....	7	Limite de torsión del eje (STL)	33, 34
-De volteo	11	Lubricidad del aceite.....	24
-Desplazamiento fijo	8, 10, 28	Manguera hidráulica	21, 22, 31
-Desplazamiento variable	8, 10, 28	Mangueras y conectores.....	21-23
-Detección de carga	10	Medidor de flujo	34
-Engranaje	8, 11, 12, 25, 29	Ménsula de soporte de la bomba	11
-Flujo compensado.....	10	Motor principal	6, 28
-Live Pak.....	12	Motores	17, 29
-Paletas.....	10	Motores auxiliares	7
-Para desechos.....	12	Placa oscilante	10
-Pistón	10	Placas de empuje o desgaste	8, 12, 32-33
-Presión compensada	10, 28	Posiciones y vías de la válvula	13
-Válvula seca (Powr-Pro y Power-Miser).....	12	Potencia de entrada en caballos de fuerza.....	5
Calor.....	5, 9, 24, 27, 32, 33	Potencia de salida en caballos de fuerza.....	3
Caminos internos del flujo.....	11	Potencia hidráulica en caballos de fuerza.....	3
Capacidad de cilindro	16	Presión	
Carros de filtración	20	-Alivio	4
Cavitación	12, 21, 32, 33	-Atmosférica	4
Centro abierto	5, 8, 13, 30	-Aumentos	33
Centro cerrado	5, 10, 13, 30	-Funcionamiento	4, 9
Cilindros	15, 17, 29	-Presión de funcionamiento de la bomba.....	4
Clasificaciones en micras.....	25	-Sistema en neutro	4
Códigos de limpieza ISO.....	25, 26	-Válvula de alivio	11, 13, 14, 31, 33
Coladores.....	20	Pulgadas cúbicas (galón de aceite).....	4
Compresibilidad del aceite.....	3	Radio de curvatura	22
Conectores.....	21-23, 31	Razón Beta.....	26
Contaminación	24, 25, 32	Recuento de partículas	25
Contaminación del depósito	25	Resolución de problemas.....	32-34
Contaminación generada por el desgaste	25	Retorno con presión.....	14
Contaminación inducida	25	Rotación de la bomba.....	8
Contaminación ingresada	25	Segundos Saybolt universales (SSU).....	24
Contaminación por partículas	25	Símbolos esquemáticos hidráulicos.....	28-31
Contaminación química.....	24	Sobrepresurización	14, 33
Corte por alta presión.....	14	Tomas de fuerza	6
Delta-P	4	Tubería.....	22
Depósitos	18, 19, 29	Vacío	33, 34
-Capacidad	19	Válvulas.....	
-Construcción	18, 19	-Anticavitación	13, 14
Designaciones SAE	9, 21	-Cartuchos de alivio.....	14, 30
Desplazamiento en pulgadas cúbicas	4, 8, 9, 31	-Centro abierto.....	13, 30
Diámetro del piloto de la bomba.....	9	-Centro cerrado	13, 30
Difusor	11, 19	-De alivio en línea.....	14
Diseño del sistema	31	-Divisor de flujo.....	14
Dispositivo de protección del sistema	27	-Flujo prioritario.....	14
Eficiencia	4, 5, 9, 17	-Monobloque	13
Eficiencia de los sistemas hidráulicos.....	5	-Purga	12
Eficiencia del filtro	26	-Seccional	13, 30
Eficiencia general	5, 9	-Selectora	14
Eficiencia mecánica.....	5, 9	-Válvulas de control direccional.....	13, 29, 30
Eficiencia volumétrica	5, 9	Velocidad	3, 8, 9
Ejes de entrada de la bomba	9, 33	Velocidad de cilindro	15, 16
Ejes de transmisión	6, 7	Velocidad de régimen de la bomba.....	8-9
Enfriadores	27	Velocidad del aceite	21
Enrutamiento de la manguera hidráulica.....	22	Viscosidad del aceite	24
Errores comunes del sistema.....	35		

NOTAS

CREAMOS CONFIANZA.

En Muncie Power Products,
sabemos que creamos mucho
más que componentes
hidráulicos.
Creamos confianza.



¿NECESITA AYUDA?

Comuníquese con nuestro equipo de atención al cliente si tiene preguntas relacionadas con los productos, o bien, visite nuestra página web para buscar información adicional sobre productos, materiales informativos, centros de abastecimiento y más.

800-367-7867 www.munciepower.com

TOMAS DE FUERZA - BOMBAS - MOTORES - CILINDROS - VÁLVULAS - TANQUES - MANGUERAS - ACCESORIOS - FILTROS



MUNCIE POWER PRODUCTS
MIEMBRO DE INTERPUMP GROUP

201 EAST JACKSON STREET • MUNCIE, INDIANA 47305 • 800-367-7867 • WWW.MUNCIEPOWER.COM

TR-G93-01 (Rev. 05-20)