CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno del Instructor

Módulo 3: “Mantenimiento de sistemas de regulación de temperatura, enfriamiento e intercambiadores de calor”.

PFMME-3-02/V.1-[PE01-M03/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente del Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Jefe de Proyecto Empresas
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; FreeportMcMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.
Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.

Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educacionales:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.

Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

Descripción del documento 7
Módulo IV: Mantenimiento de Frenos Mecánicos y Dirección 8
1. Sistemas Hidráulicos Complejos..... 9
1.1 Sistemas sensores de carga y presión compensada 9
1.2 Electroválvulas Proporcionales 27
1.3 Ajustes y calibración de electroválvulas proporcionales..... 29
1.4 Conceptos electrónicos aplicados al control de sistemas hidráulicos 33
1.5 Transmisiones hidrostáticas..... 41
2. Operación y funcionamiento de sistemas de freno y dirección Operación del Circuito de la dirección**..... 52**
2.1 Fundamento físico del frenado 84
2.2 Sistemas de frenos húmedos y secos..... 90
2.3 Mantenimiento del sistema de frenos y dirección..... 123
3. Mantenimiento Preventivo del Sistema de Frenos y Dirección 127
3.1 Procedimiento de mantención del freno hidráulico..... 127
3.2 Limpieza e inspección a los componentes 131
3.3 Disposición de los sellos hidráulicos 145
Actividad N°10..... 161
Actividad N° 11..... 164

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de Mantenedor Mecánico Avanzado Equipos Fijos.

El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se indican a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo, el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los objetivos planteados para la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido, favoreciendo también el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto de las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos

La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento de evaluación de proceso.

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas correctas. La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75% de aciertos.

Módulo IV: Mantenimiento de Frenos Mecánicos y Dirección

1. Sistemas Hidráulicos Complejos

1.1 Sistemas sensores de carga y presión compensada

Antes de ingresar a los sistemas sensores de carga y presión compensada, es importante que el alumno entienda como trabajan las válvulas reductoras de presión, las válvulas de alivio, las válvulas de control de flujo, la simbología ISO 1219 y las ecuaciones fundamentales de sistemas oleo hidráulicos.
Esquema 1:

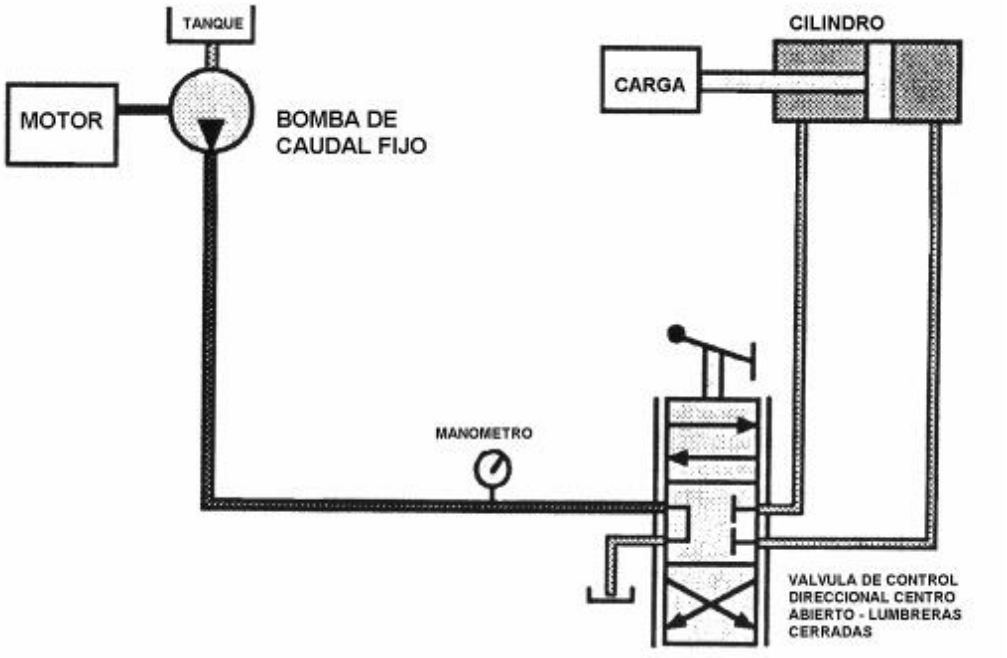


Figura 1

Iniciaremos nuestra discusión construyendo un sistema básico compuesto de los siguientes elementos:

- Una bomba de desplazamiento fijo.
- Un tanque.
- Una válvula de control de centro abierto, activada por palanca.
- Un cilindro hidráulico de doble acción.

En un sistema de centro abierto, el flujo de la bomba pasa todo el tiempo por la válvula de control, ya sea directamente hacia el tanque o hacia el actuador, o repartido entre ambos durante una condición de dosificación “medición” o transición entre una u otra posición. Este flujo constante de un gran volumen de aceite tiene el potencial de generar gran cantidad de calor, si existe alguna restricción al flujo, lo que se traduce en una reducción de la vida útil de los componentes. Usando una válvula de gran tamaño para minimizar la restricción o un enfriador de aceite podemos limitar los efectos del

calor; sin embargo, esto no siempre es práctico por el costo y tamaño de los componentes en relación a la máquina.
Esquema 2:

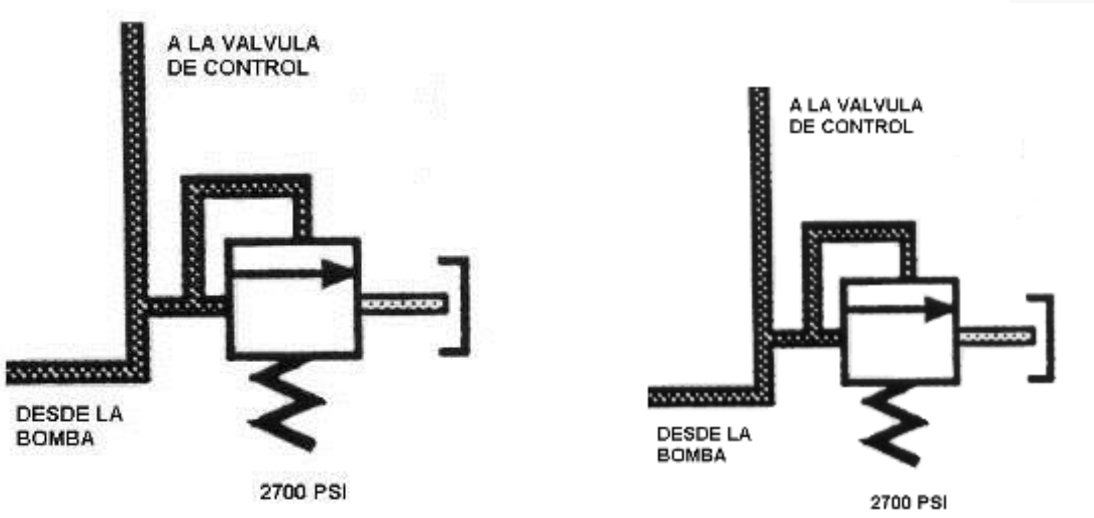


Figura 2

En el Esquema 2 podemos crear algunos problemas si accionamos la válvula de control a la posición de extender el cilindro y la mantenemos activada aun cuando el cilindro llegue a su tope. Si hacemos esto, debemos añadir otro componente:

La válvula de alivio

Cuya función es proteger el sistema, la desventaja de esto es que descargamos o aliviamos nuestro sistema a una alta presión, lo cual resulta en alta generación de calor. La alta presión también puede reducir la vida de los componentes. Además, hay otros dos problemas asociados con este sistema hidráulico:

- **Movimiento pegajoso (sticky) del carrete de control:**

La velocidad del cilindro; Esta varía con las RPM del motor o por cambios de carga en la compuerta de salida de la válvula.

- **Carrete de Control Pegajoso (Sticky)**

Este efecto es provocado por las comúnmente llamadas “fuerzas de flujo”. Las fuerzas de flujo son aquellas que actúan sobre el carrete de control y tienden a provocar que el carrete se quede en la posición abierta mientras exista flujo a través del orificio creado por la apertura del carrete. Estas fuerzas de flujo son directamente proporcionales a la cantidad de flujo y a la caída de presión, a través de las bandas del carrete. En otras

palabras, conforme el flujo y/o la caída de presión se incrementen, la fuerza que trata de mantener el carrete abierto (fuerza de flujo), también se incrementa.
Esquema 3:

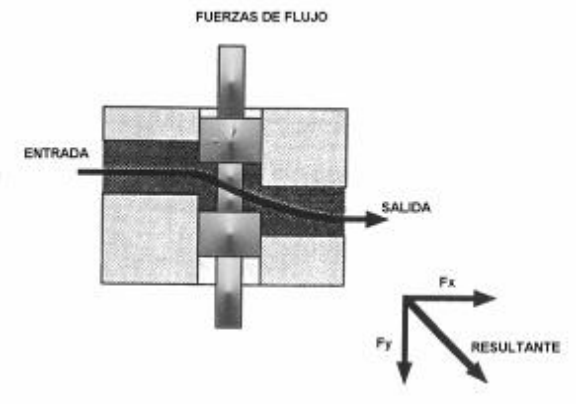


Figura 3

Un vector de fuerza actúa paralelamente a la línea de centro del carrete de la válvula para mantener el carrete abierto, (se opone a que lo cierren); el otro vector es perpendicular al carrete y aumenta la fuerza de contacto entre la pared y el carrete.

En el Esquema 3, mientras más cerca está de cerrarse la lumbrera de salida por la banda del carrete, mayor es la caída de presión a través del carrete y la fuerza que trata de mantenerlo abierto. Este efecto se conoce como fuerzas de flujo.
Esquema 4:

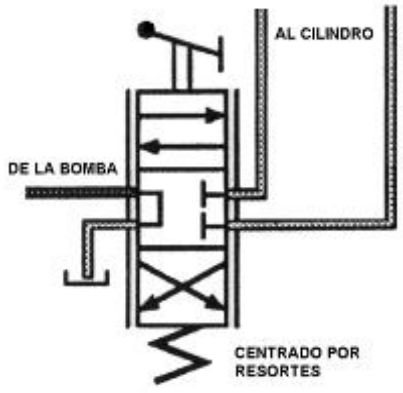


Figura 4

Sería de mucha ayuda en las válvulas de control, si el carrete se centrara por sí mismo. Esto lo podemos hacer fácilmente añadiendo:

- Un resorte centrador: Ubicado debajo del carrete de control, para cerrar el orificio cuando el operador suelte la palanca.

Nota:
Recuerde, sin embargo, que mientras mayor es el flujo y/o mayor la presión, mayor es la fuerza de flujo y mayor tendrá que ser la tensión del resorte centrador.

¿Cuál es el resultado neto?

Alto esfuerzo necesario para accionar la palanca, y esto nos lleva a que el operador se fatigue rápidamente.

¿Cuál es la mejor manera de solucionar este problema?

Debido a que esas fuerzas de flujo están relacionadas tanto con el flujo como con la caída de presión, si pudiéramos reducir uno o ambos de estos factores estaremos reduciendo las fuerzas de flujo, por lo tanto también la fuerza necesaria del resorte centrador y por consecuencia los niveles de esfuerzo del operador.

Velocidad Variable del Cilindro

En un circuito simple como el nuestro, la velocidad del cilindro está determinada por el flujo a través del carrete de control. Este flujo puede ser afectado por la velocidad del motor, carga en implemento (que es prácticamente la misma en la compuerta de la válvula), desplazamiento o posición de la palanca de accionamiento (por lo tanto el carrete) y entrega de la bomba.

Si el operador trata de mantener una velocidad constante del cilindro, tendría que estar continuamente cambiando la posición de la palanca de control y por lo tanto la posición de la abertura del carrete (variando el tamaño de orificio), para compensar y mantener la misma caída de presión a través del carrete de control.

Nosotros conocemos uno de los principios de la hidráulica que dice: “Cuando la caída de presión a través de un orificio se mantiene constante, el flujo a través del mismo no variará”. Lo anterior es difícil de realizarlo pues para tratar de mantener una velocidad constante del implemento se debe mover continuamente la palanca de control y requiere estar atento permanentemente, esto genera fatiga en el operador, por el esfuerzo que realiza para vencer el resorte centrador.

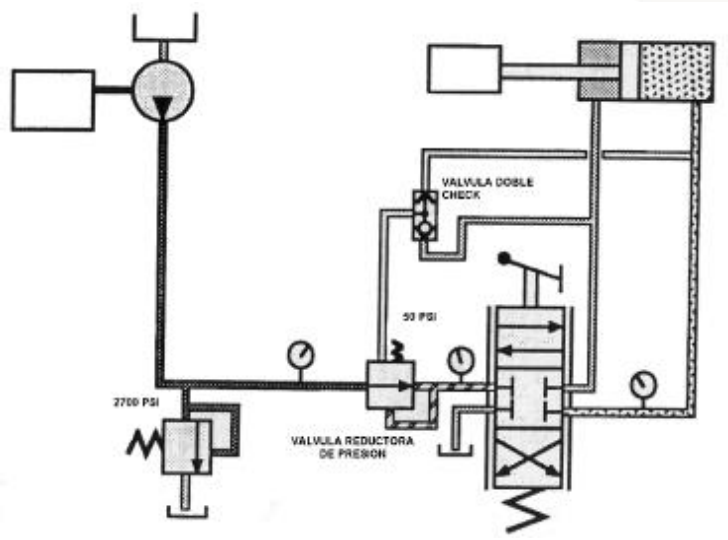


Figura 5

Esquema 5

¡Sería grandioso solucionar estos problemas a la vez!, por lo que se puede hacer añadiendo:

- **Válvula reductora de presión:** La cual usaremos para controlar flujo que atraviesa la válvula de control. También usaremos válvulas de control direccional de centro cerrado.

Como podemos ver por la forma como la válvula reductora de presión va instalada en el sistema, se está censando la presión de entrada al carrete de control y también la de la misma lumbrera de salida (carga).

La presión de la lumbrera de salida del carrete de control (carga), se suma con la tensión del resorte de la válvula reductora, para limitar la presión aguas abajo a la entrada de la válvula de control.

También se necesita:

- **Una válvula "doble check", o selectora**

La cual selecciona la presión de trabajo más alta, ya sea la del lado de la cabeza o de la varilla del cilindro y envía la señal resuelta (la más alta de las dos), a la válvula reductora.

¿Cómo se produce la reacción del esfuerzo para mover la palanca de control de la válvula?

Si usted recuerda nuestra discusión sobre las fuerzas de flujo y sus efectos sobre el esfuerzo del operador al mover la palanca de control; la única manera de reducir este esfuerzo es reducir el flujo y/o la caída de presión a través del carrete de control.

Debido a que el flujo está determinado por la bomba (de desplazamiento fijo) y los requerimientos de presión de trabajo (por la carga) en la lumbrera de salida de la válvula de control, los cuales no podemos cambiar, la única variable posible de controlar es la caída de presión a través del carrete.

En el Esquema 5 podemos ver que la válvula reductora de presión (válvula de control de flujo), está instalada en el circuito para censar la presión de trabajo. Esta presión trabaja en la cámara de resorte contra la presión de alimentación desde la bomba. La presión resultante de salida de la válvula es igual a la presión de trabajo más la presión del resorte. Esta presión resultante desde la válvula reductora de presión, alimenta a la válvula de control principal. Si el valor de la presión que alimenta al carrete de control principal (entrada), es igual a la presión de trabajo (lumbrera de salida) más la tensión del resorte de la válvula reductora; entonces es obvio que la caída de presión a través del carrete de control principal (compuerta de salida menos la de entrada), es igual al valor del resorte (equivalente psi).

Si dimensionamos nuestro resorte para ejercer una presión de 50 PSI, entonces esta máxima caída de presión de 50 PSI, a través del carrete de control principal, minimiza las “fuerzas de flujo” y nos permite reducir el tamaño y fuerza del resorte centrador, por lo tanto, el esfuerzo del operador.

La misma válvula reductora o de control de flujo, actúa también para anular los efectos de la velocidad variable en el cilindro: conforme el motor aumenta de RPM, el flujo de la bomba se incrementa aumentando la presión. La válvula reductora reacciona a este incremento en la presión desde la bomba y restringe el flujo de ingreso para mantener la misma caída de presión a través del carrete principal de control. Mediante esto se mantendrá el flujo constante hacia el cilindro. Si el motor baja sus RPM, sucede lo contrario, permitirá pasar más flujo.

Esta válvula también anula los efectos de carga variable en las lumbreras de la válvula. Las cargas variables no afectarán la velocidad del implemento; a menos que la carga sea mayor que la carga máxima de diseño o que la bomba no sea capaz de suministrar el flujo requerido, y por lo tanto la velocidad del implemento será constante.

Definición de Presión Compensada: Un sistema de control que da por resultado una velocidad constante del implemento, para una posición específica de la válvula de control.

Este efecto se logra manteniendo una caída de presión constante a través de la válvula de control en el valor determinado por el resorte de la válvula reductora de presión.

- Realmente están ocurriendo dos caídas de presión:

La caída de presión a través del carrete de la válvula de control, que es controlada o limitada por el resorte en la válvula reductora de presión (o válvula de control de flujo).

La caída de presión en la misma válvula reductora, la que varía dependiendo de la diferencia entre la presión de la bomba y la presión en la lumbrera de trabajo, más el valor de la presión debido al resorte.

En condiciones que requieren un movimiento lento del cilindro, el operador mueve la palanca de control sólo en un pequeño desplazamiento, por tanto el carrete de control, también se mueve una pequeña longitud; en esta condición sólo una pequeña parte del flujo total de la bomba va hacia el cilindro. Con una bomba de desplazamiento fijo.

¿Qué pasará con la presión a la salida de la bomba?
La presión de salida se incrementa hasta que la válvula de alivio descarga el exceso al tanque. Este alto flujo a alta presión contribuye a elevar el calor en el sistema, pudiendo acortar la vida de los componentes (la válvula de alivio también se abrirá cuando la válvula de control está en la posición de retención).

Anteriormente mencionamos que podríamos añadir un enfriador de aceite. Pero tenemos también otras dos opciones:

Añadir una válvula de control de flujo o válvula de descarga. Reemplazar la bomba de desplazamiento fijo con una bomba de desplazamiento variable.

Válvula de Control de Flujo o de Descarga

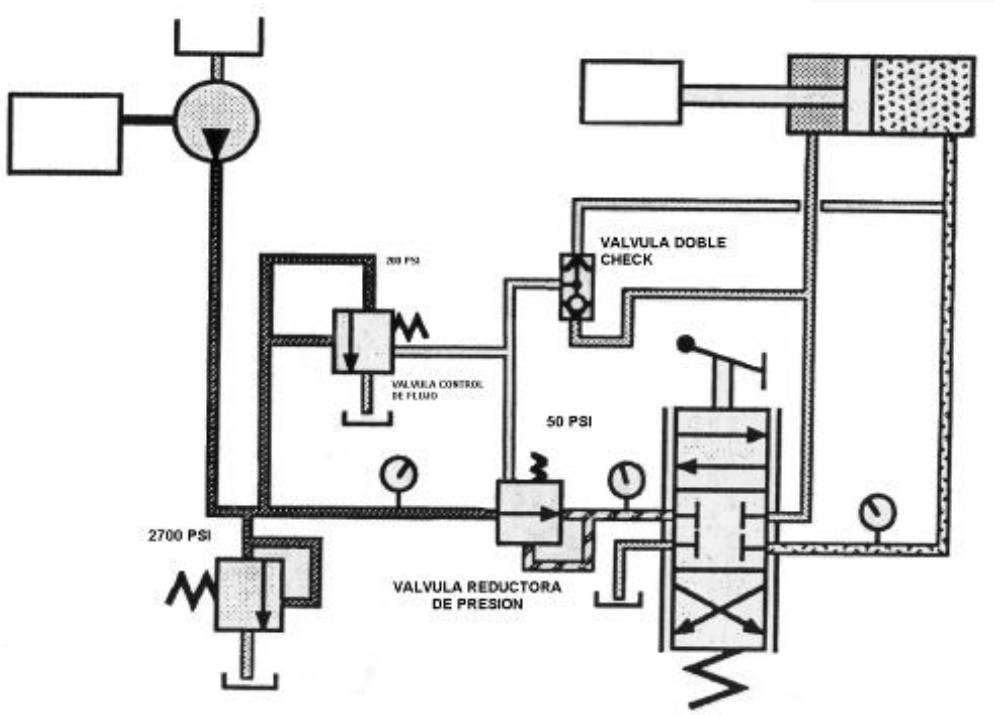


Figura 6

Añadiremos una válvula de control de flujo a nuestro sistema. Esta válvula será capaz de censar la presión de alimentación de la bomba y la presión de la compuerta de trabajo.

También habrá un resorte trabajando con la presión de la compuerta de trabajo contra la presión a la salida de la bomba. Esta válvula limitará esta presión de salida de la bomba a un valor igual a la presión de trabajo más la presión del resorte. Ahora, el flujo no necesario en la válvula de control del implemento será descargado al tanque por nuestra válvula de descarga en vez de la válvula de alivio. (Recuerde que la válvula reductora de presión de los implementos produce una restricción al flujo, como un orificio).

Análisis a través de un ejemplo:

Nuestro implemento usará 5 GPM (galones por minuto) y provocará una presión en la compuerta de trabajo de 2000 PSI. Nuestra bomba de desplazamiento fijo es capaz de entregar 30 GPM. El resorte en la válvula de descarga es de 200 PSI, el que se suma a la presión de salida de la bomba de 2000 PSI, limitándola por lo tanto el sistema a 2200 PSI. El exceso de flujo, que el implemento necesita, se descarga al tanque a una presión de 200 PSI mayor que la necesaria en la compuerta de trabajo (2000 PSI). Esta diferencia (200 PSI), que es el valor del resorte de la válvula de descarga, se le llama PRESIÓN MARGINAL y es la que asegura una buena respuesta del implemento.

¿Qué pasa cuando el control está en "Hold" retención y no necesitamos ningún flujo?

Como estamos usando válvulas de centro cerrado, se podría esperar que actúe la válvula de alivio; sin embargo, como estamos usando la válvula de descarga, la presión de suministro de la bomba actúa sobre el resorte de 200 PSI sumados a "0 PSI" de la compuerta de trabajo, descargando los 30 GPM al tanque a una presión de 200 PSI.

Nuestra válvula de descarga o válvula de control de flujo minimiza el incremento de calor en el sistema y aumenta la vida de los componentes.

En el sistema que estamos analizando, el mayor problema que nos queda es la Potencia Hidráulica Desperdiciada. Con este sistema nuestra bomba siempre (todo el tiempo) entrega el máximo flujo (suponemos a RPM máximas al motor), sin importar lo que realmente necesita el implemento. El exceso de flujo siempre regresa al tanque. "Esta es la energía desperdiciada".

Bomba de Desplazamiento (Flujo Variable)

Esquema 6

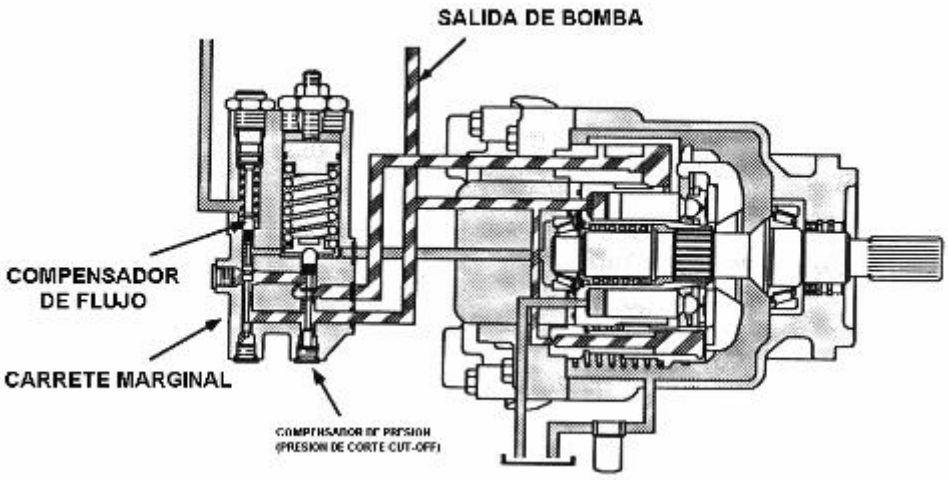


Figura 7

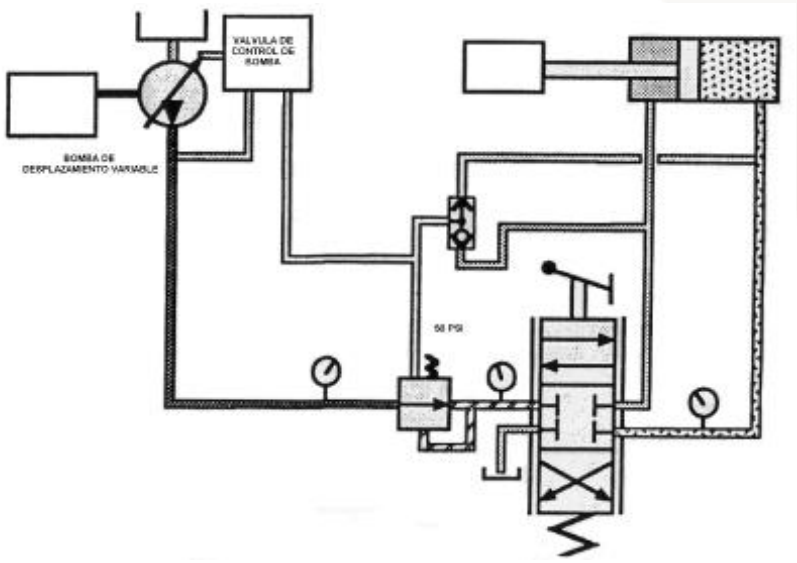


Figura 8

Con la bomba y su válvula de control montada sobre el motor, necesitamos algún medio para controlar el flujo de la bomba. Lo más lógico es conectarse a la línea de presión de la compuerta de trabajo que va hacia nuestra válvula reductora de presión y usar esta presión para controlar el flujo de la bomba. Llamaremos a esta presión de control "presión señal" o "señal". Esta señal actuará junto a un resorte para darnos una presión de salida de la bomba a un valor fijo por encima de la presión de la compuerta de trabajo, llamado "presión marginal".

Como los requerimientos de flujo cambian de acuerdo a la posición de la palanca de control, la presión en la compuerta de trabajo cambiará como reacción a estos movimientos, y por consecuencia la presión señal también cambia; provocando que la posición del plato angulable de la bomba cambie, regulando el caudal o entrega de la bomba.

Nota:
Regresando a nuestro diagrama básico, hemos trasladado la función de nuestra válvula de descarga y de la válvula de alivio principal hacia la válvula de control de la bomba. Uno de los carretes de la válvula de control de la bomba es denominado compensador de flujo o "carrete marginal" (no confundir con la válvula reductora de la válvula de control, que a veces se les llama "válvula compensadora", ya que compensa los esfuerzos del operador); mientras que el otro es el "limitador de presión" que limita la presión máxima del sistema.

Si tenemos el vástago de control secundario, en el grupo de la válvula de control de la bomba que reacciona a la presión de salida de la bomba, y está ajustada para abrir a una presión máxima dada, podemos regular el caudal de la bomba para mantener una presión máxima del sistema sin necesidad de utilizar una válvula de alivio principal. (Estas dos funciones se discutirán más adelante).

Regulando la bomba y su válvula control para que nos dé exactamente el flujo necesario para cubrir la demanda de presión de la compuerta de trabajo, el sistema trabajará de manera mucho más eficiente. Por ejemplo:

La fórmula para la potencia hidráulica es la siguiente: **(GPM x PSI)/ 1714 = HP = GPM x PSI x .000583**

Considerando una bomba de caudal fijo que entrega 30 GPM, y una presión en la compuerta de trabajo de 2000 PSI, usamos una válvula de control de flujo (válvula de descarga) que censa la presión de la compuerta de trabajo (Pt) y actúa con un resorte que da 200 PSI (Presión marginal- Pm), entonces la potencia demandada al motor diésel y consumida por la bomba será: [**30 GPM x (2000 PSI +200 PSI)**] **/ 1714 = 38.5 HP**

Sin embargo, controlamos el flujo que va al cilindro, podemos usar por ejemplo sólo 5 GPM (depende de la posición del carrete); en este caso estamos usando sólo:[**5 GPM x (2000 PSI + 200 PSI)**] **/ 1714 = 6.4 HP**

¿Qué pasa con los (38.5 – 6.4) = 32.1 HP que estamos pidiéndole al motor?
Se desperdician descargándolos al tanque en forma de calor.

Utilizando una bomba de desplazamiento variable, **¿Cuántos HP desperdiciamos?**
Prácticamente nada. Recuerde, esta bomba se regula para entregar el flujo exacto que se necesita, a una presión ligeramente superior que la requerida.

Ejemplo:
HP total demandada = [**5 GPM x 2200 PSI] / 1714 = 6.42 HP**
HP neto para el trabajo = [**5 GPM x 2000 PSI] / 1714 = 5.83 HP**
HP desperdiciadas = **6.42 – 5.83 = 0.59 HP**
Se desperdician 0.59 HP en forma de calor debido a la presión marginal.

Tenemos dos ventajas al usar bombas de caudal variable.

- Menor calor generado; dando mayor vida a los componentes.
- Menor HP desperdiciados; Consumiendo menos combustible.

Load Sensing o Sensado de Carga
Cualquiera de los métodos, usando la válvula de control de flujo (o de carga) o la bomba de caudal variable con su válvula de control, nos dan la característica de un sistema conocido como “Load Sensing” o sensor de carga. En ambos sistemas se usa una “red” de resolución de señales en forma lógica, que envía solamente el valor más alto (de entre todas las presiones en las compuertas de trabajo de todas las válvulas de control que se tengan), hacia la válvula de control de flujo (o de descarga) o a la válvula de control de la bomba (carrete marginal). De esta forma se suministra el flujo necesario de acuerdo a los requerimientos de presión del sistema. A esto también se le llama “red de trabajo de las señales”.

Dentro de esta red de trabajo existen varias válvulas “Doble Check”, las cuales son llamadas “Resolvers” o “Shuttle”, o válvulas de resolución o vaivén.

Definición de Load Sensing o Sensado de Carga: Un sistema de control que mantiene la presión a la salida de la bomba a un valor fijo, por encima de la más alta presión requerida por el sistema.

Sistemas Hidráulicos con Sensores de Carga y de Presión Compensada
Anteriormente hemos visto cómo trabaja la “presión compensada” y el “censado de carga”. Ahora los juntaremos y veremos porque deseamos tener presión compensada en un sistema “sensor de carga”.

Esquema 7

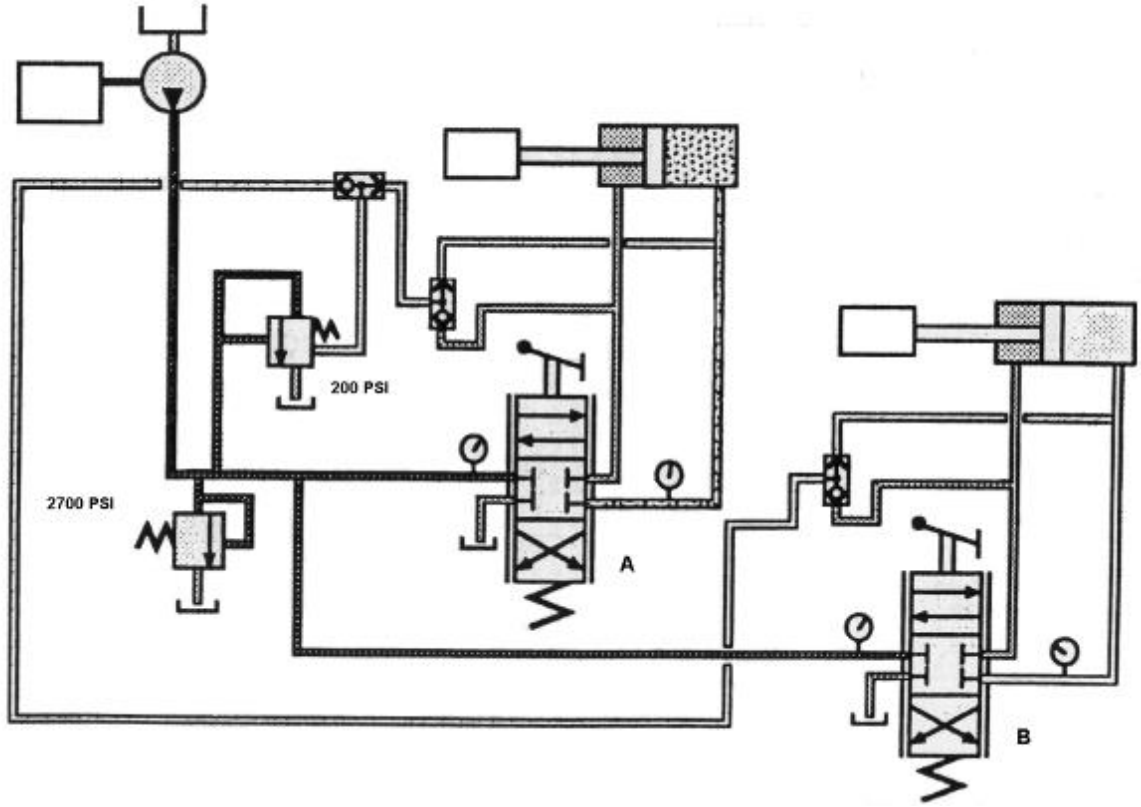


Figura 9

En el Esquema 7 tenemos dos válvulas de control de implementos, marcados A y B, ninguna tiene una válvula reductora de presión (control de flujo) en su circuito. Hay una válvula doble check (de resolución) entre el lado de la varilla y de la cabeza de cada cilindro. Ya sea que se accione uno o ambos implementos, otra válvula de resolución (doble check) enviará la señal de mayor presión de los dos cuerpos de válvula hacia la válvula control de flujo (de descarga).

Estas dos válvulas están trabajando sólo como sensores de carga. Hagamos trabajar a las dos válvulas (2 implementos) a la vez.

La válvula A tiene una presión en la compuerta de trabajo de 2000 PSI y la B de 500 PSI. La mayor de estas presiones (2000 PSI) será censada en la válvula de control de flujo (válvula de descarga) sumándose a la presión del resorte (200 PSI).

Esto limitará nuestra presión de alimentación a 2200 PSI. Ambos implementos tienen disponibles 2200 PSI en el lado de entrada de sus carretes de control principal.

Ahora calculemos la caída de presión a través de cada carrete de control:
La válvula “A” necesita 2000 PSI en la compuerta de trabajo, mientras que la bomba entrega 2200 PSI. La diferencia es 200 PSI. Esta relativamente pequeña caída de presión, no induce fatiga en el operador.

En la válvula “B” necesitamos 500 PSI en su compuerta de trabajo. La bomba entrega 2200. La caída de presión es de 1700 PSI. Esta caída de presión es difícil de mantener y el operador se fatigará debido al mayor esfuerzo sobre la palanca de control. Esta mayor caída de presión trata de abrir el orificio de paso en la válvula de control para que pase mayor flujo que el necesario debido a que este es el camino de menor resistencia en circuito.

El flujo a través del orificio en la válvula “B” no permanecerá constante si los requerimientos de carga de dicha válvula cambian (aún si el carrete de la válvula se mantiene en la misma posición). El operador necesita constantemente ajustar el carrete principal de la válvula para mantener una velocidad constante del implemento. La mayor caída de presión a través de este tipo de válvulas hace necesarios resortes centradores de gran fuerza para prevenir que el “Spool” o carrete se quede pegado (sticky) como consecuencia de las fuerzas de flujo. Esto resultará en mayores esfuerzos sobre la palanca de control y por consecuencia en un operador fatigado.

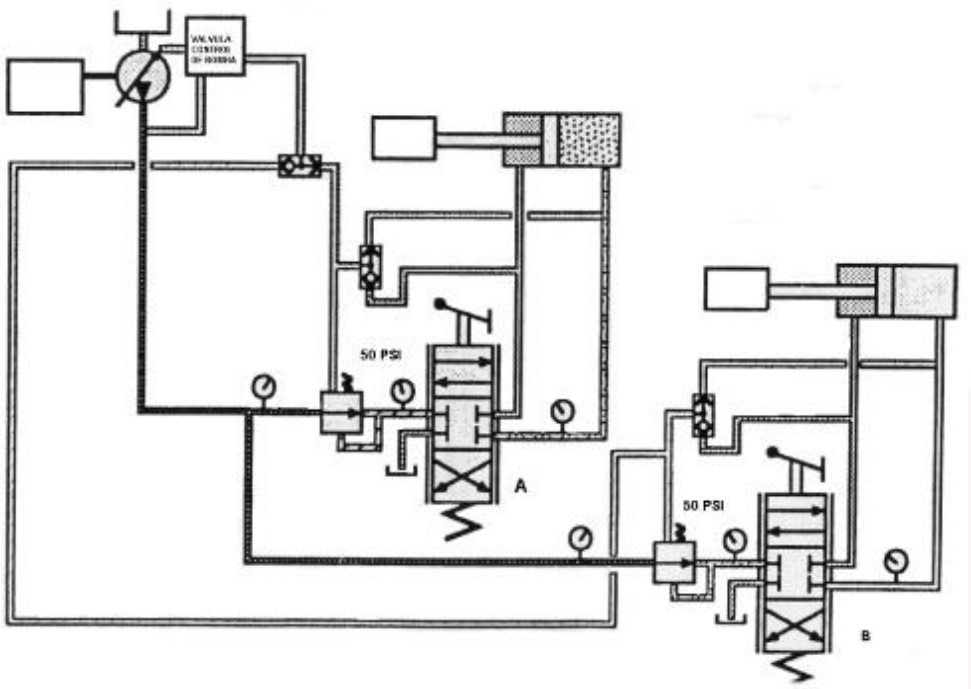


Figura 10

Esquema 8

En el Esquema 8 tenemos dos válvulas de control de implementos marcadas “A” y “B”, ambas tienen válvulas reductoras de presión (control de flujo) en su circuito. Hay una válvula doble check (ball resolver) ubicada entre el lado de la varilla y la cabeza del pistón en cada cilindro. Ya sea que se accione cualquiera de los dos implementos, una u otra válvula check doble enviará la señal de mayor presión de los dos cuerpos de válvula hacia la válvula de control de flujo (válvula de descarga).

A estas válvulas las llamaremos sensores de carga y presión compensada. Hagamos trabajar a las dos válvulas al mismo tiempo.

La válvula “A” tiene una presión en la compuerta de trabajo de 2000 PSI, mientras que la válvula “B” tiene 500 PSI. La mayor de ambas presiones será censada en la cámara del resorte de la válvula de descarga (control de flujo), lo que se suma a la tensión del resorte de 200 PSI. Esto limitará la presión de suministro del sistema a 2200 PSI. Ambos implementos tendrán 2200 PSI disponibles en el lado de entrada de sus válvulas de control, también cada válvula reductora (control de flujo) tiene un resorte de 50 PSI.

Podemos observar en el Esquema 8 que las válvulas reductoras de presión (control de flujo) están conectadas en el circuito de tal forma que censan la presión de la compuerta de trabajo. Esta presión actúa en la cámara del resorte oponiéndose a la presión de suministro desde la bomba. La presión resultante a la salida de la válvula reductora es la presión de la compuerta de trabajo sumada a la tensión del resorte. Para la válvula “A”, la presión en la compuerta de trabajo es de 2000 PSI, sumándole los 50 PSI del resorte de la válvula reductora (control de flujo), nos da una presión en la compuerta de entrada de 2050 PSI. Ahora se pueden calcular las caídas de presión. La presión de suministro desde la bomba es de 2200 PSI, menos la presión en la compuerta de entrada en el carrete de control 2050 PSI nos da 150 PSI. La segunda caída de presión es a través del carrete principal, siendo la entrada 2050 PSI y en la salida 2000 PSI la diferencia es 50 PSI que es justamente el valor del resorte de la válvula reductora de presión (control de flujo).

Veamos ahora que pasa con la válvula “B”. La presión de la compuerta de trabajo de 500 PSI se suma a la del resorte de la válvula reductora de presión de 50 PSI dándonos una presión en la compuerta de entrada de 550 PSI. Ahora podemos calcular las caídas de presión. La presión de suministro de la bomba de 2200 PSI menos 550 nos da 1650 PSI. La segunda caída de presión es de 550 PSI a la entrada menos la presión de la compuerta de trabajo que es de 500 PSI, esto nos da 50 PSI, que resulta ser el valor del resorte de la válvula reductora de presión (control de flujo).

Podemos observar que tenemos una caída de presión a través de cada carrete de control de 50 PSI, y esto se debe al resorte de 50 PSI de las válvulas reductoras de presión. Esta válvula reductora de presión minimiza las fuerzas de flujo en el carrete de control principal y nos permite reducir el tamaño de los resortes centradores, y por lo tanto reducir los esfuerzos efectuados sobre las palancas.

Funcionamiento de los compensadores de presión y flujo

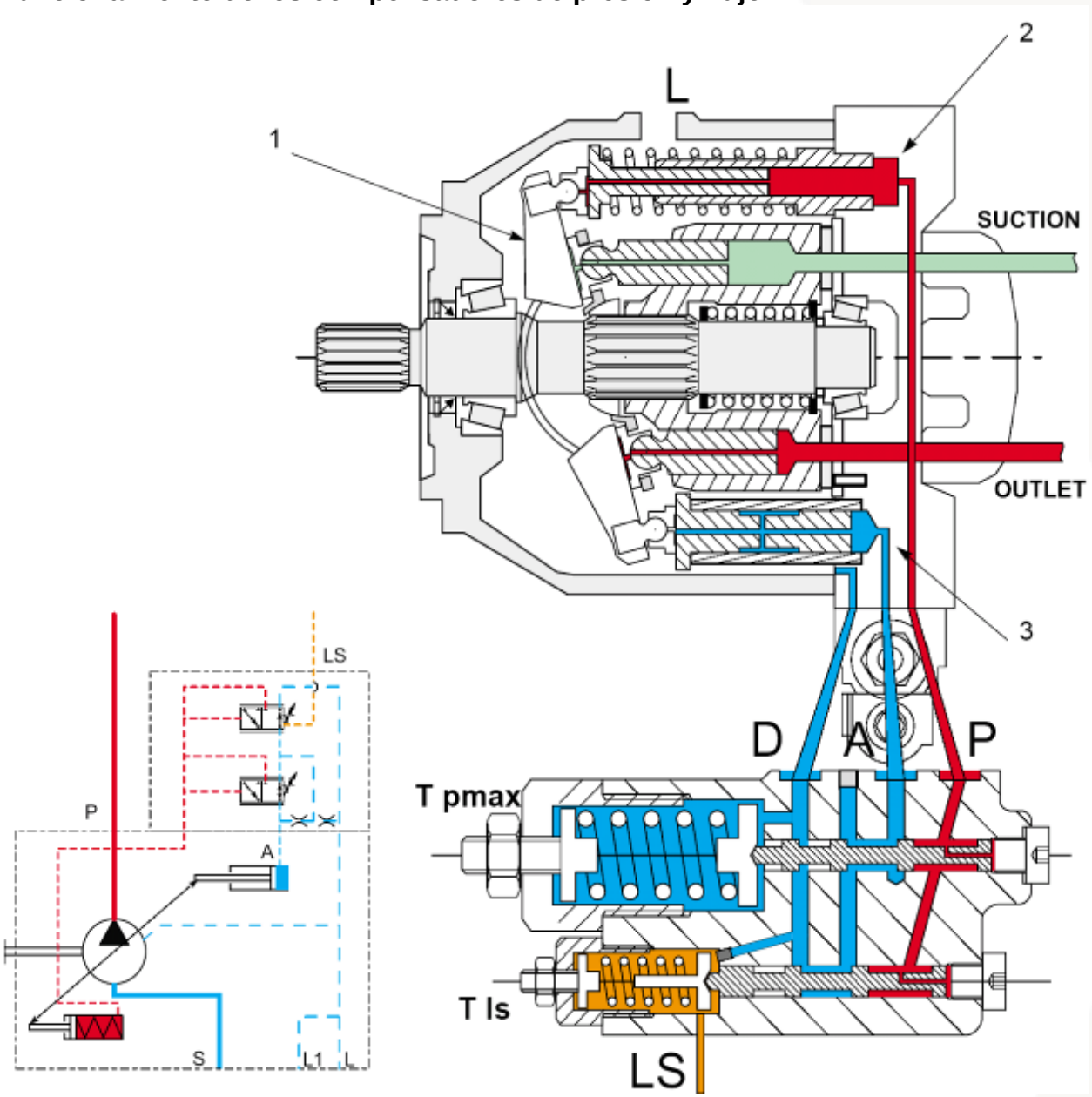


Figura 11

Condición Posición de partida

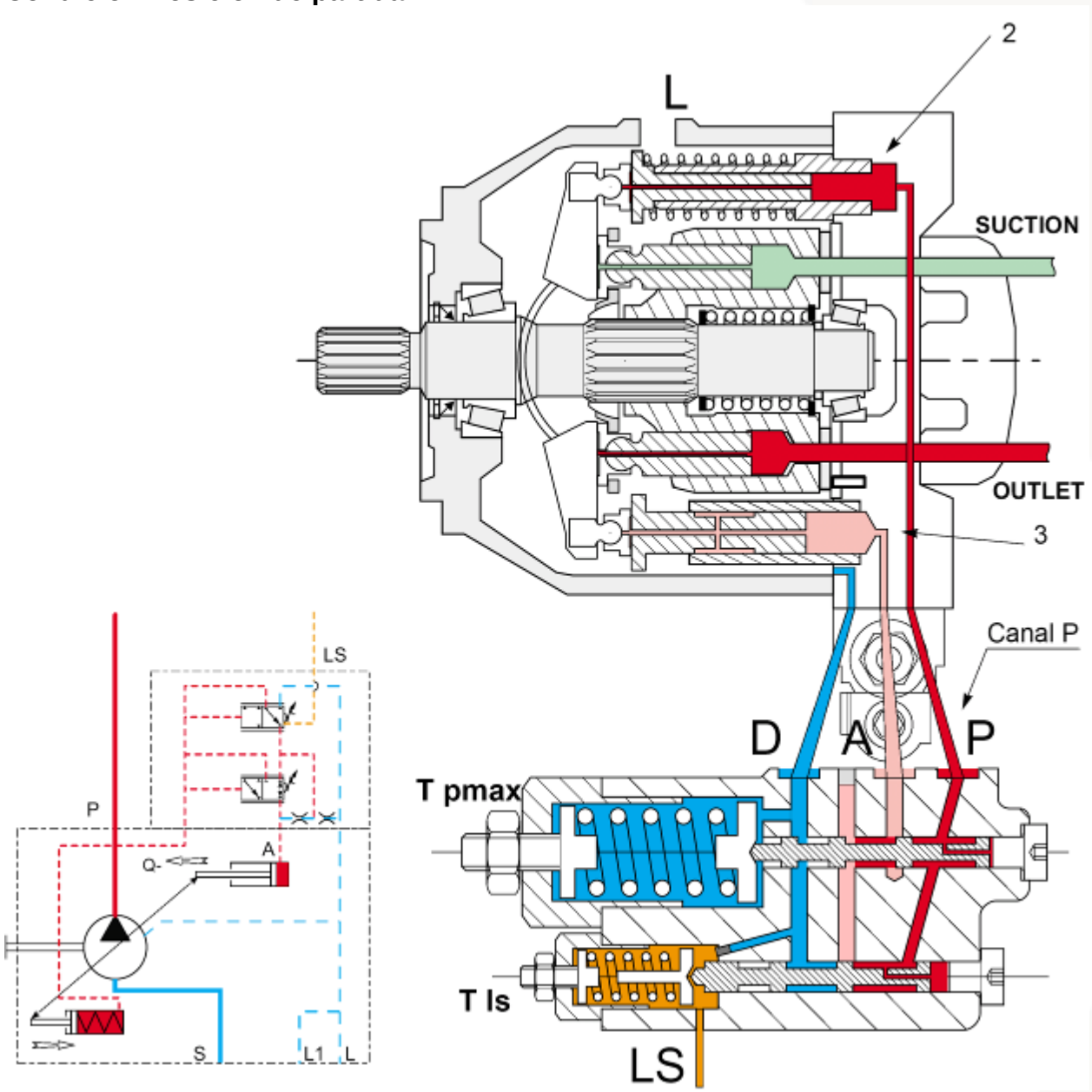


Figura 12

Condición Posición Stand-by

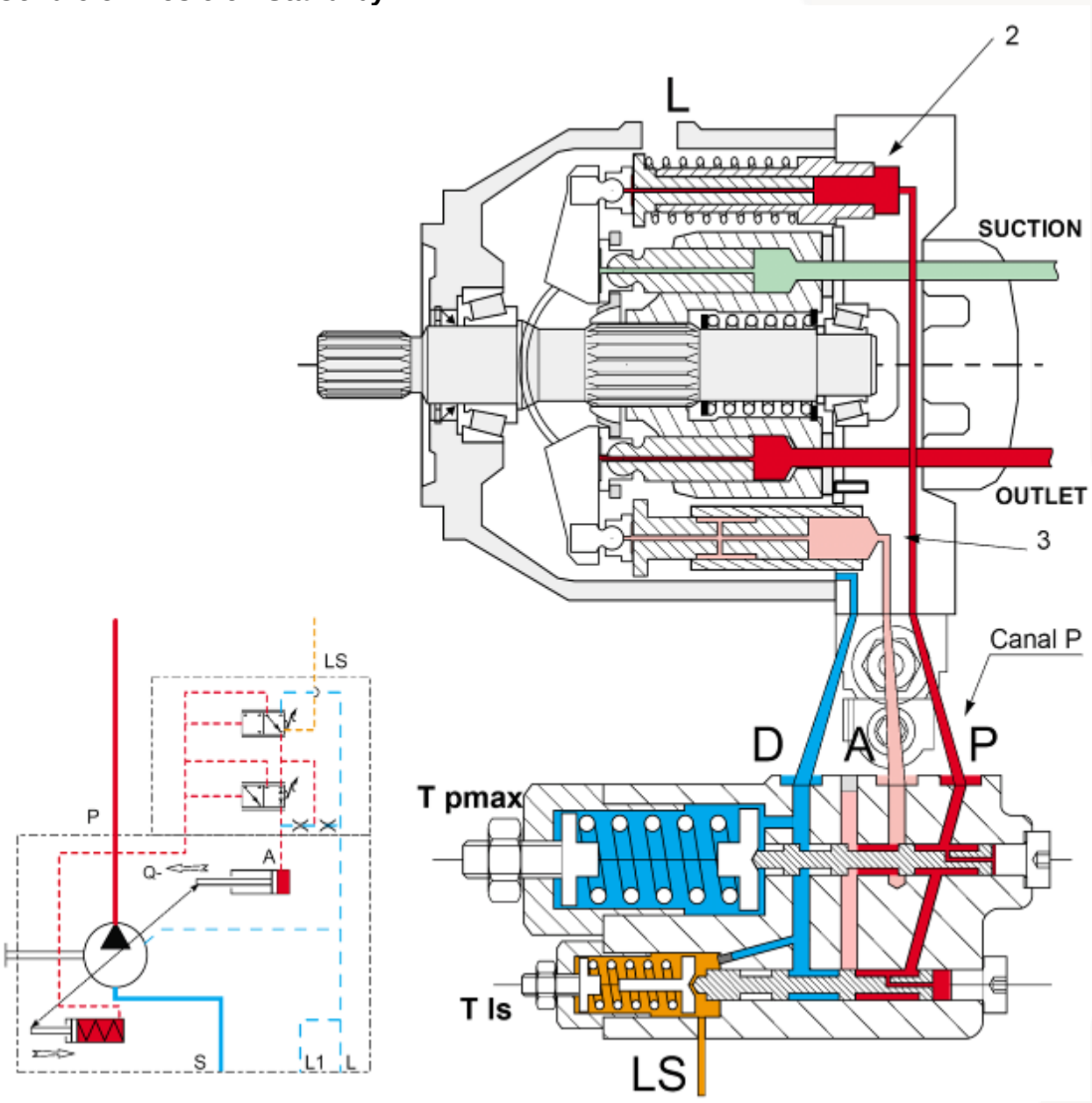


Figura 13

Condición Función LS

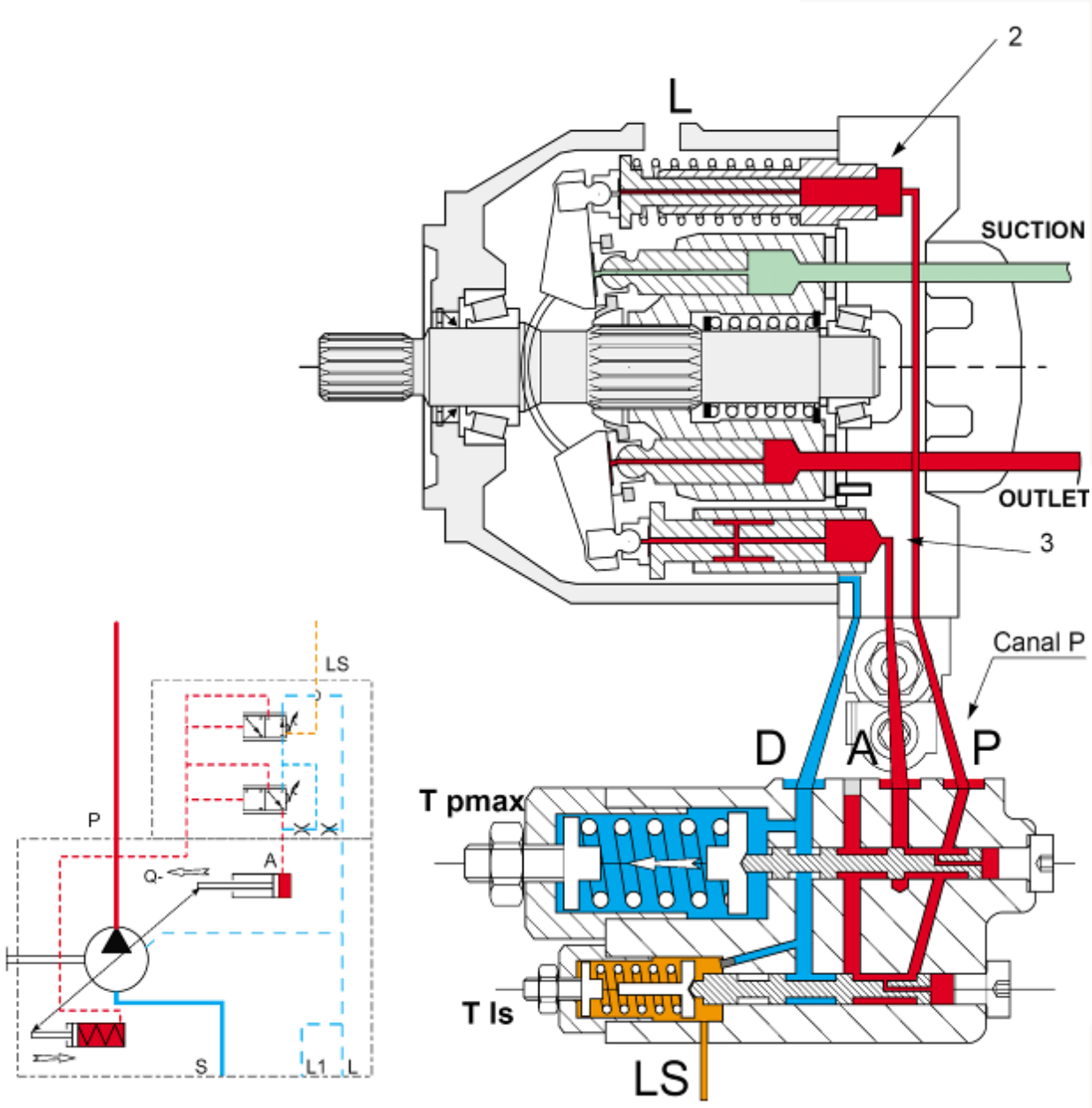


Figura 14

1.2 Electroválvulas Proporcionales

Las válvulas proporcionales llenan el espacio existente entre las válvulas con solenoides convencionales y las servo válvulas. Igual que las primeras las válvulas proporcionales son de diseño sencillo y relativamente fáciles de mantener. No obstante y a diferencia de lo que ocurre con las válvulas convencionales, pueden obtener un número infinito de posiciones, dentro de su intervalo de trabajo.

Las válvulas proporcionales poseen muchas de las características de control del más sofisticado servo válvulas, sin su complejidad de diseño y coste elevado. Se utilizan en aplicaciones que requieren un control preciso moderado del fluido hidráulico.

Las válvulas proporcionales controlan y hacen variar la presión, el caudal, la dirección, la aceleración y desaceleración desde una posición remota. Se ajustan eléctricamente y son accionadas mediante solenoides proporcionales, en lugar de motores de fuerza o de par.

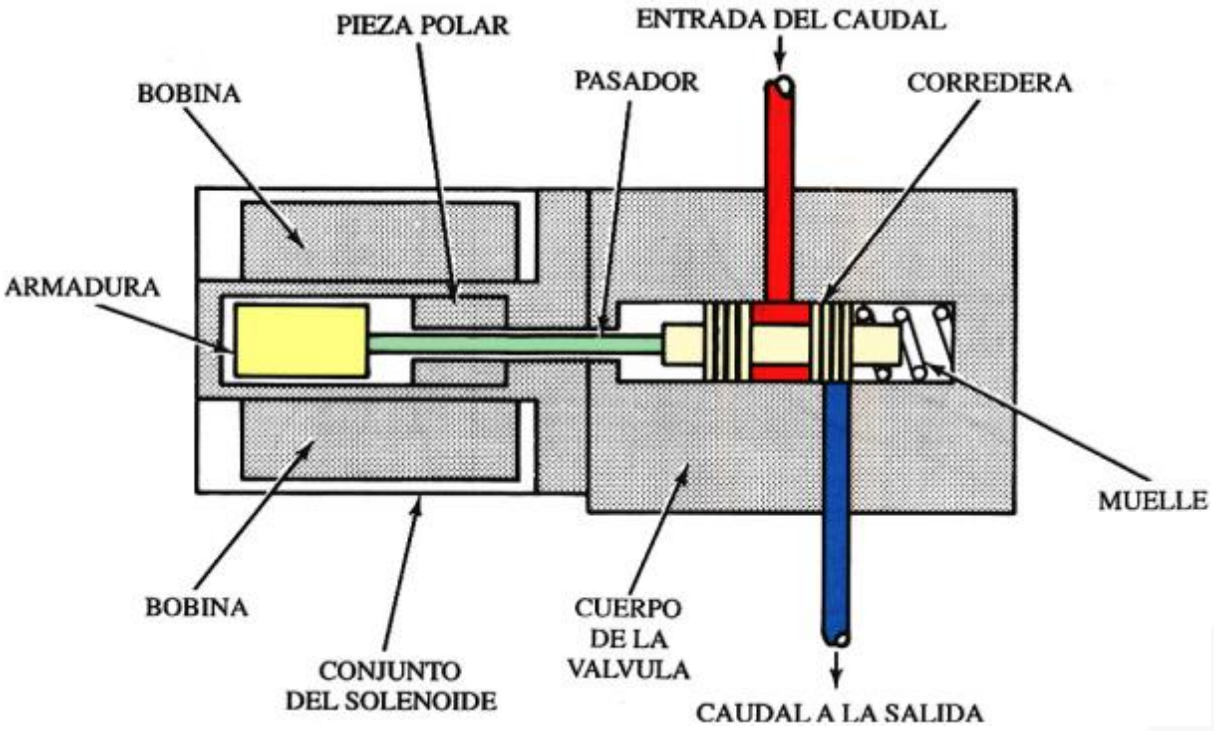


Figura 15

Construcción de una válvula proporcional básico

Control remoto de caudal hidráulico
En la imagen anterior se muestra una válvula proporcional básica que aporta un control remoto del suministro de caudal hidráulico. Como se puede ver, las válvulas proporcionales son de corredera deslizante. Típicamente la corredera está centralizada por resortes o tiene devolución por resorte.

Caudal de salida proporcional a la señal de entrada
A diferencia de lo que ocurre con los solenoides todos o nada, la corriente al solenoide proporcional puede variarse, para hacer que la corredera recorra distancias variables. El término proporcional describe el funcionamiento de la válvula.

La corredera se mueve proporcionalmente a la señal eléctrica aplicada a su solenoide; de esta forma la señal eléctrica se transforma en un movimiento mecánico de la corredera. En otras palabras el caudal de salida es proporcional a la señal de entrada. Haciendo variar esta corriente, el solenoide ajusta este movimiento de la corredera, para variar el caudal que atraviesa la válvula.

Solenoide de fuerza constante
En un solenoide se crea la fuerza magnética cuando pasa corriente por su bobina. Esta fuerza empuja el núcleo del solenoide hacia la pieza polar. Entonces, un pasador unido a la armadura transmite la fuerza a la corredera de la válvula. La diferencia principal entre un solenoide proporcional y uno convencional todo o nada, está en el diseño de la armadura, pieza polar y el conjunto de tubo central, el solenoide proporcional se construye de una forma que de una fuerza más constante dentro de toda la carrera de trabajo.

En la siguiente Figura se puede observar que el solenoide proporcional suministra una fuerza constante, con independencia de la posición de la armadura.

Solo es la corriente del solenoide la que determina, la magnitud de la fuerza transmitida a la corredera de la válvula. La fuerza del solenoide mueve la corredera hasta que se encuentre el equilibrio entre esta fuerza y el resorte de la válvula.

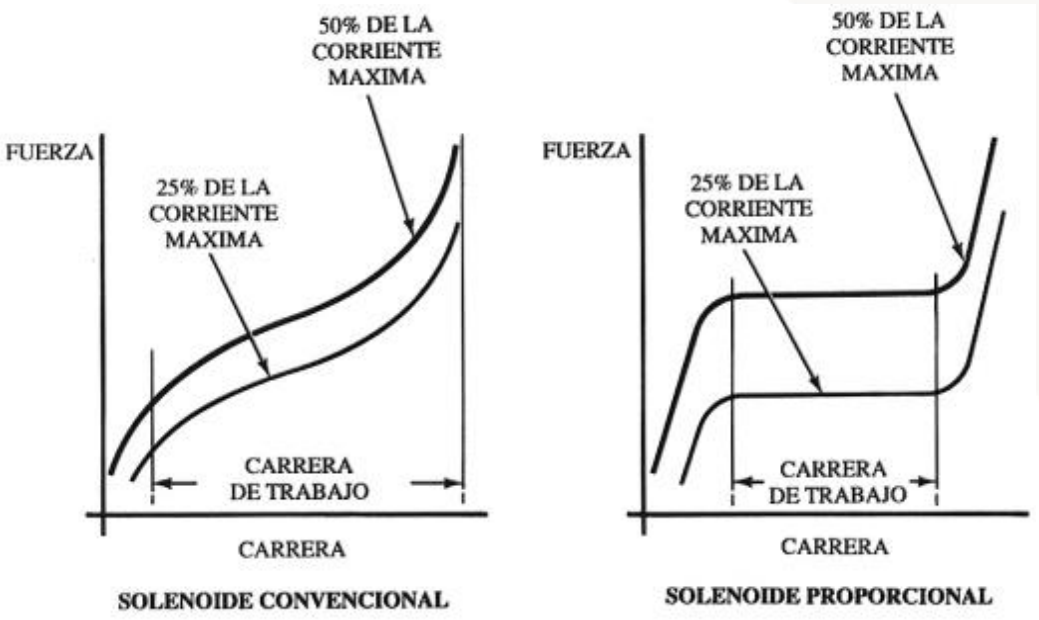


Figura 16

Fuerza del solenoide convencional y proporcional
Variando la corriente el solenoide puede situar la corredera en cualquier lugar dentro del intervalo de trabajo. Este funcionamiento se denomina realimentación por resorte, porque esta es la única retroalimentación para la fuerza del solenoide. Debido a que este funcionamiento no tiene en cuenta otras fuerzas que pueden afectar el movimiento de la corredera (como la del rozamiento o las causadas por el caudal), no es adecuado para aplicaciones que requieran un nivel elevado de funcionamiento de la válvula.

Controles y dispositivos electrónicos asociados
Las válvulas con solenoides proporcionales se utilizan con amplificadores de control electrónicos, que suministran la potencia necesaria para accionar la válvula y realizar funciones adicionales. Las válvulas proporcionales pueden utilizarse tanto es sistemas de control de lazo abierto como sistemas de lazo cerrado.

Estos dos sistemas de control realizan una función similar, pero a dos niveles distintos de funcionamiento.

1.3 Ajustes y calibración de electroválvulas proporcionales

Amplificador de control electrónico:

Hay muchos amplificadores de control electrónico para las válvulas proporcionales, pero cada uno suministra una parte de un grupo de funciones. Las señales de entrada iniciales que controlan las válvulas con solenoides proporcionales, provienen de una gran variedad de fuentes, incluyendo:

- Potenciómetros
- Sensores de temperatura
- Transductores de presión
- Taco generadores
- Microprocesadores

Estos dispositivos son todos ellos fuentes de baja potencia, en términos de voltaje y/o corriente. Su potencia debe amplificarse antes de que puedan accionar una válvula proporcional. Para aumentar esta potencia a un nivel adecuado, esta señal es enviada a una entrada del amplificador, a su vez al amplificador aumenta los niveles de corriente con los cuales se alimentara la bobina del solenoide proporcional, provocando el movimiento de la corredera.

Funciones del amplificador de control:
En esta sección se describen varias funciones importantes del amplificador de control, tales como compensación de la zona inactiva, ganancia y Dither.

Compensación de la zona inactiva:
La zona inactiva viene originada principalmente por la corredera que cierra los orificios de la válvula. En la siguiente imagen se observa el recubrimiento de la corredera. Como la imagen lo muestra, como la corredera está en la posición central, debe moverse un poco antes de que el aceite pueda circular de P a A o de P a B. en el ejemplo mostrado debe aplicarse al solenoide de la válvula una señal de entrada de 0,3V para mover la corredera más allá de la zona inactiva y permitir que el caudal pase más allá de los orificios.

Muchos amplificadores para válvulas proporcionales llevan ajustes para la compensación de la zona inactiva, que aumentan electrónicamente la salida del amplificador, cuando se acerca a la región de esta zona, de manera que este se la salta.

La compensación de la zona inactiva origina el movimiento mostrado en la siguiente imagen. Este ajuste mejora espectacularmente el comportamiento de la válvula en esta zona, produciéndose frecuentemente resultados en la respuesta casi ideales.

Ganancia

La ganancia de un amplificador, expresada como un factor de multiplicación, es la relación entre la pequeña señal de entrada al amplificador y el caudal mayor de salida de la válvula. La tensión de salida es proporcional a la tensión de entrada. La ganancia está determinada por la siguiente expresión:

$$\text{Ganancia} = \frac{\text{Tensión de salida}}{\text{Tensión de entrada}}$$

Esta ganancia puede ser del orden de 10exp6. De otra forma:
Tensión de salida = tensión de entrada x 1.000.000
No obstante, en la utilización real, son más típicas ganancias más pequeñas.

Dither:
El dither es una señal de CA de frecuencia elevada de 50 a 100 Hz, y de baja amplitud que se utiliza para compensar los efectos de una condición llamada histéresis. Esta se origina por la fricción que existe entre la corredera y su alojamiento, así como también por la inercia de la propia corredera. La fricción puede venir afectada por las tolerancias de fabricación, la expansión térmica, el desgaste y la viscosidad del fluido.

La contaminación y otros varios factores
Cuando hay fricción en una válvula proporcional, la fuerza del solenoide tiene que vencer la resistencia del muelle y la fuerza adicional del rozamiento, debido a que esta última no es homogénea dentro de la válvula, la misma señal de entrada puede originar distintos movimientos de la corredera, cuando la señal está aumentando o disminuyendo.

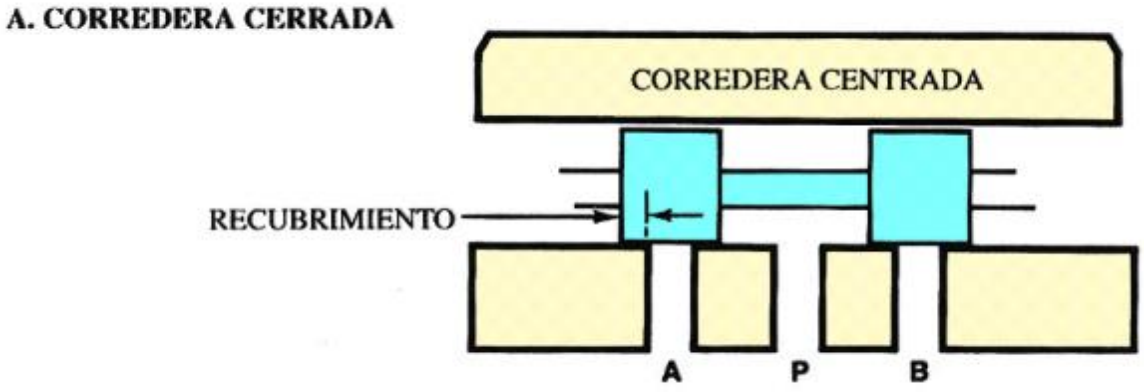


Figura 17

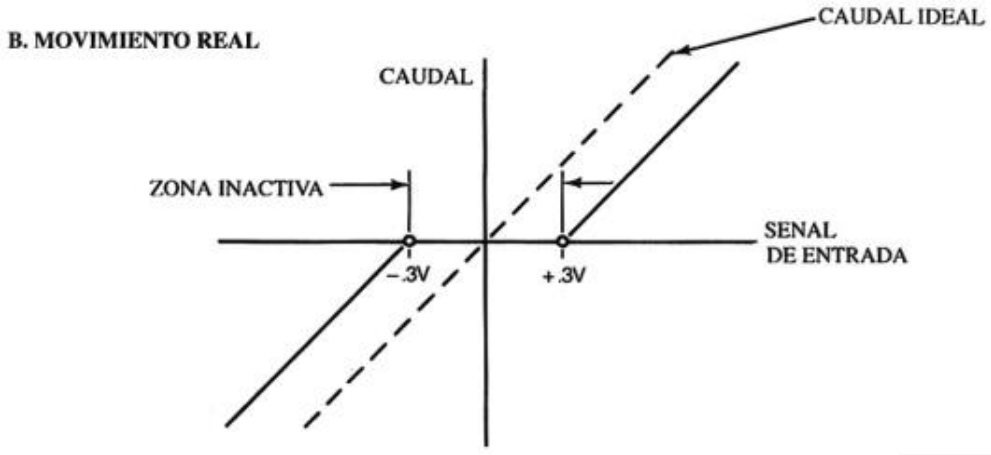


Figura 18

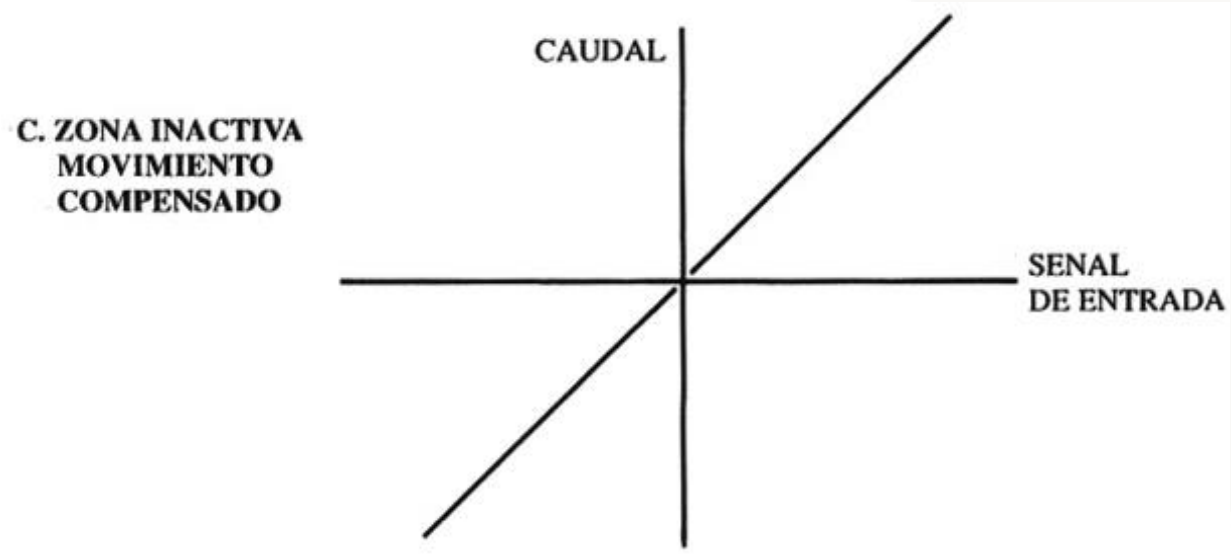


Figura 19

Movimientos de la corredera ideal, real y con compensación de la zona inactiva

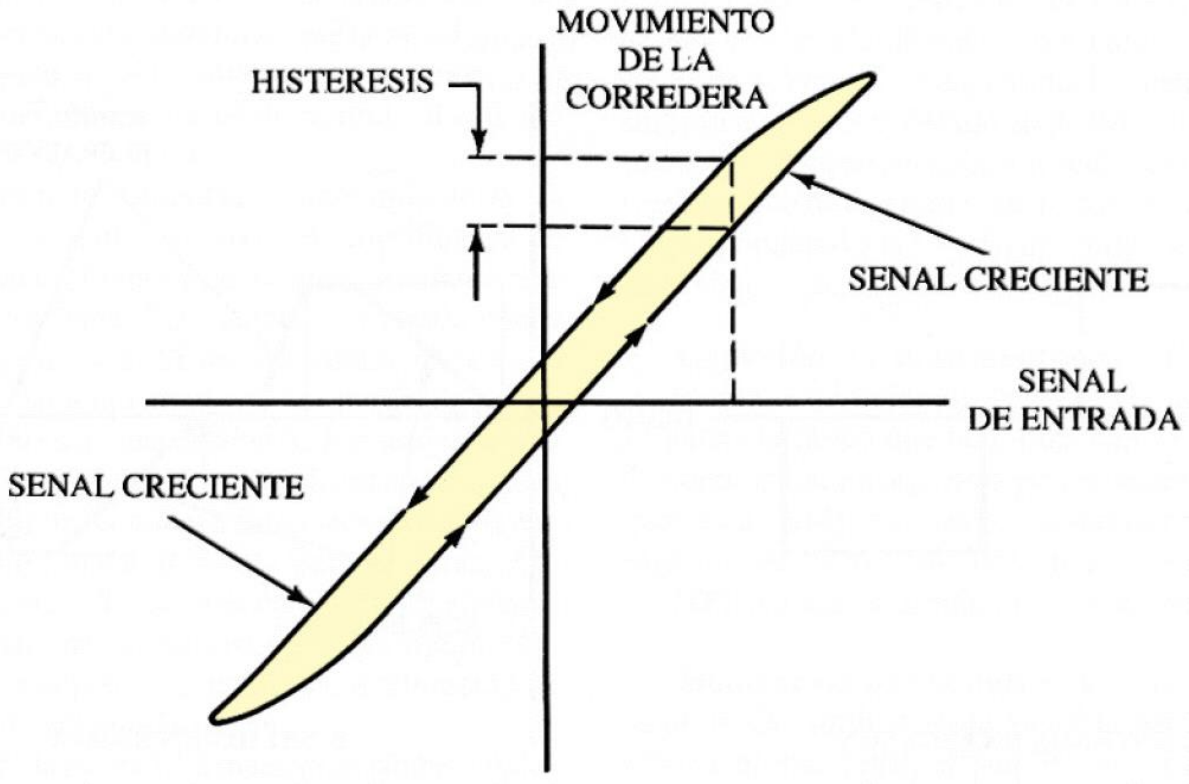


Figura 20

1.4 Conceptos electrónicos aplicados al control de sistemas hidráulicos

Histéresis
La histéresis provoca que para una misma señal de entrada origine distintos movimientos de la corredera, cuando la señal aumenta que cuando disminuye.

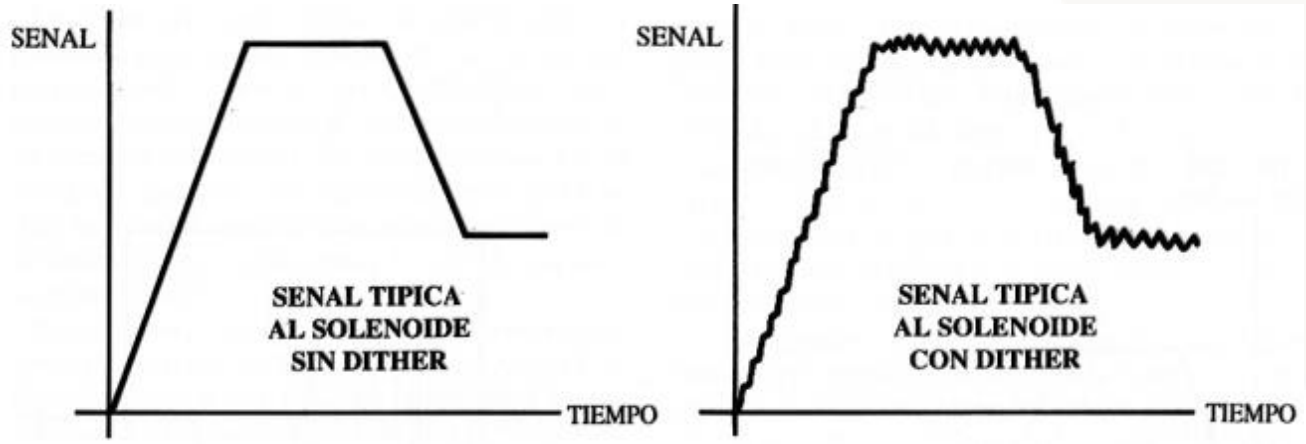


Figura 21

El dither se sobrepone una señal CA a la señal de CC del solenoide para reducir la histéresis.

Limitador +y-:
Algunos amplificadores llevan limitadores +y – Que permite el ajuste de salida máxima al solenoide proporcional.
Esta limitación impide que se dañe el solenoide, debido a la aplicación accidental de mucha potencia a la válvula proporcional.

Funciones de rampa:
Una de las ventajas proporcionales es que no solo se puede controlar la posición de la corredera sino que también su velocidad, esto implica que la válvula puede también controlar las velocidades, aceleraciones y desaceleraciones del actuador final, el cual podría ser un cilindro o un motor hidráulico.

Para controlar la velocidades de desplazamiento de la corredera, se debe enviar una señal en forma de función rampa al amplificador, estas funciones rampas en algunos amplificadores pueden ser ajustables para controlar las aceleraciones de los actuadores.

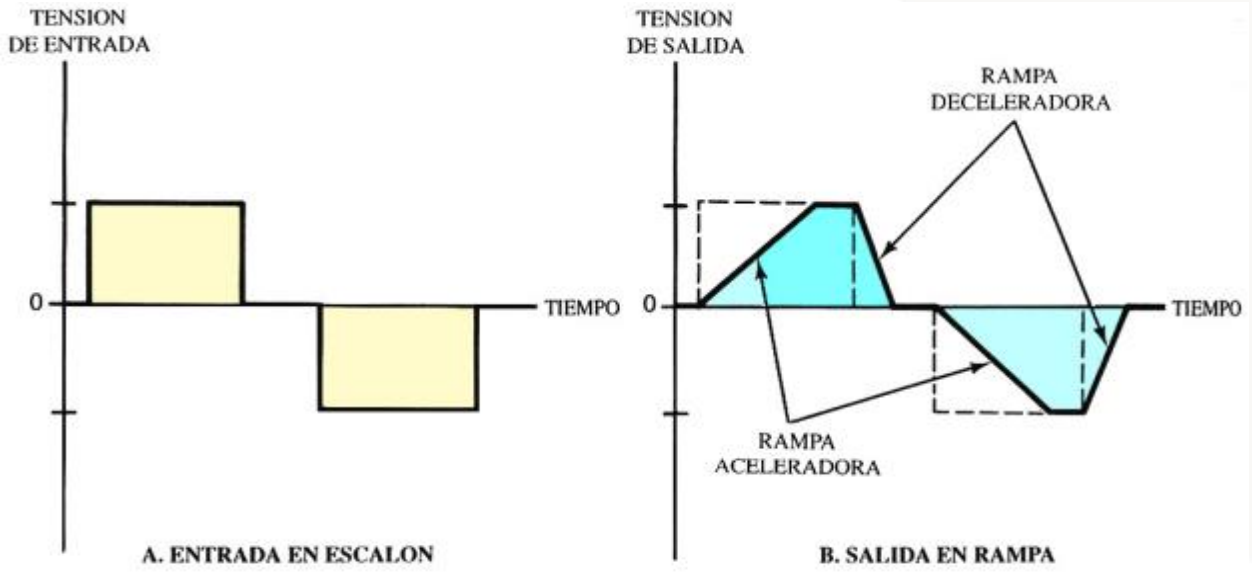


Figura 22

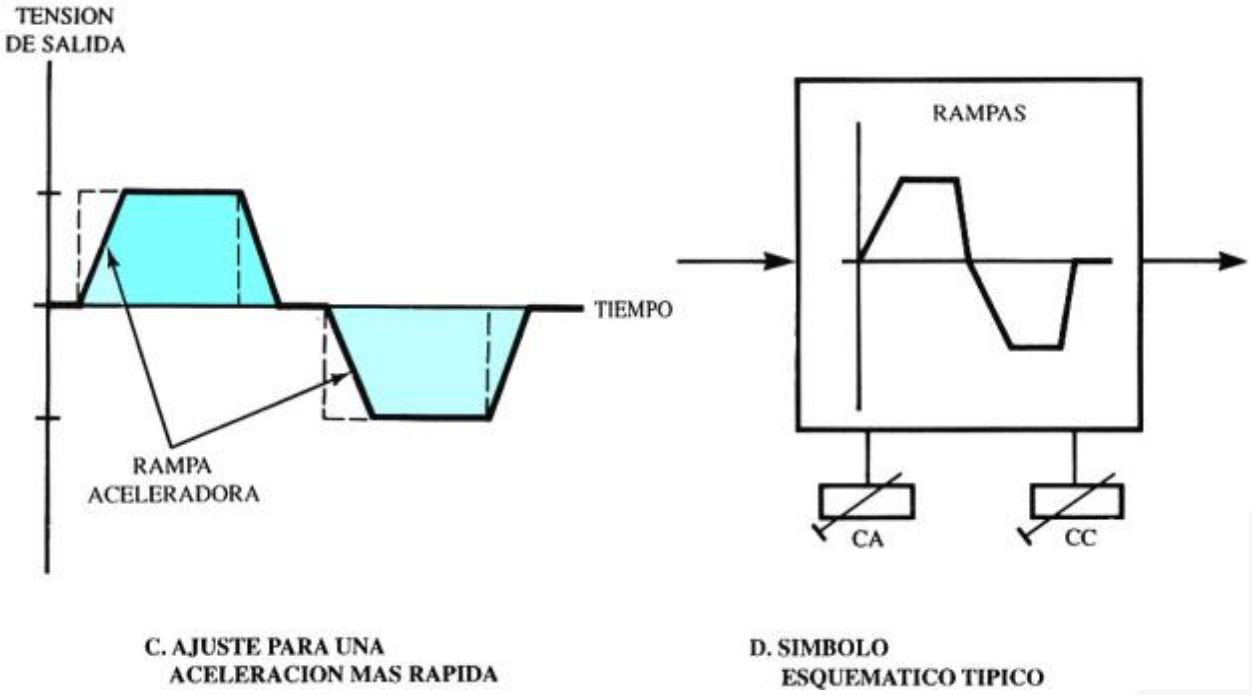


Figura 23

Funciones de rampa:

Si un interruptor aplica una entrada en escalón a la entrada de la función rampa, imagen A, su salida será una tensión similar mostrada en la Figura B. Los amplificadores tales como los mostrados en la Figura contienen funciones de rampas ajustables separadamente para aceleración y desaceleración; otros llevan un único ajuste que afecta de igual forma la aceleración y desaceleración.

La vista C muestra la modificación de la rampa de aceleración y muestra una aceleración más rápida.

La vista D muestra un símbolo típico para una función de rampa en un diagrama de bloques electrónicos. El símbolo muestra la onda generada e indica la presencia de potenciómetros para los ajustes de aceleración y desaceleración.

Función de activación:
Algunas tarjetas amplificadoras llevan una función de activación, que requiere que esté presente una tensión determinada en la conexión de activación antes de que pueda activar la etapa de salida de la tarjeta. Esta puede conectarse a un interruptor de parada de emergencia, de forma que si se pierde la señal de activación, el amplificador da inmediatamente una salida nula desenergizando la válvula como consecuencia.

Normalmente no se recomienda instalar una conexión de parada de emergencia en la línea de alta potencia, debido a que la carga almacenada en los condensadores, puede mantener la alimentación a la válvula un tiempo después de haberse activado la parada de emergencia.

Realimentación por corriente:
En un solenoide cuando pasa corriente por su bobina, se genera calor, el cual aumenta su resistencia.

Por ejemplo, una bobina puede tener una resistencia de 26 ohm a 20 ºC y una resistencia de 38 ohm a 82ªC. Cuando esta resistencia varía también lo hace la corriente de la válvula y el taraje o regulación de la válvula.

Un incremento del 50% de la resistencia de la bobina cuando esta se calienta, origina un 33% de disminución en el taraje de la válvula.

Para compensar los efectos negativos de la bobina cuando se calienta, algunos amplificadores llevan realimentación por corriente, que consiste en la adición de una resistencia de un valor muy bajo (1-2 ohm) en serie con la bobina del solenoide. La realimentación del amplificador se toma desde un punto desde la bobina del solenoide y esta resistencia, y se realimenta a la conexión sumadora, lo que permite que la corriente del solenoide sea proporcional a la tensión de entrada e independiente de la resistencia de su bobina.

Conexión de realimentación:
La siguiente imagen muestra la disposición de señales para un amplificador de potencia típico que se utiliza con algunas válvulas proporcionales. En la siguiente imagen en los pines Z22 y B14 están las conexiones de realimentación para el transformador diferencial variable y lineal (LVDT) que se verá más adelante.

Modulación por impulsos
Cuando se utiliza una señal de CC infinitamente variable para accionar una válvula proporcional, el amplificador de control tiene que reducir la tensión desde el suministro

de potencia (fuente de alimentación), hasta la tensión requerida por el solenoide de la válvula en cualquier tiempo dado.

Como se muestra en las siguientes imágenes el transistor de salida del amplificador de control actúa como una resistencia variable. Toda la corriente de salida del solenoide, que puede ser de varios amperios, pasa también a través del transistor de salida del amplificador. Una corriente elevada combinada con una caída de tensión relativamente grande, genera calor, que desperdicia energía. Por lo tanto, se requiere también una refrigeración relativamente elevada, para disipar la energía colorida generada, lo que supone un espacio considerable en la tarjeta electrónica.

En algunos amplificadores, se utiliza una técnica denominada modulación por impulsos, para impedir la generación de calor, debido a las grandes caídas de tensión.

Con la modulación por impulsos, el transistor de salida se convierte en un interruptor todo o nada, para alimentar el solenoide de la válvula con una serie de impulsos todo o nada, a una tensión de alimentación de potencia constante.

Por el transistor de salida, pasa toda la corriente o no pasa nada y por consiguiente genera mucho menos calor que por el método de caída de tensión.

Cuando el transistor conduce la caída de tensión a través de él es muy pequeña por lo tanto consume muy poca potencia, cuando no conduce, la corriente no atraviesa el transistor, por lo tanto no consume ninguna potencia.

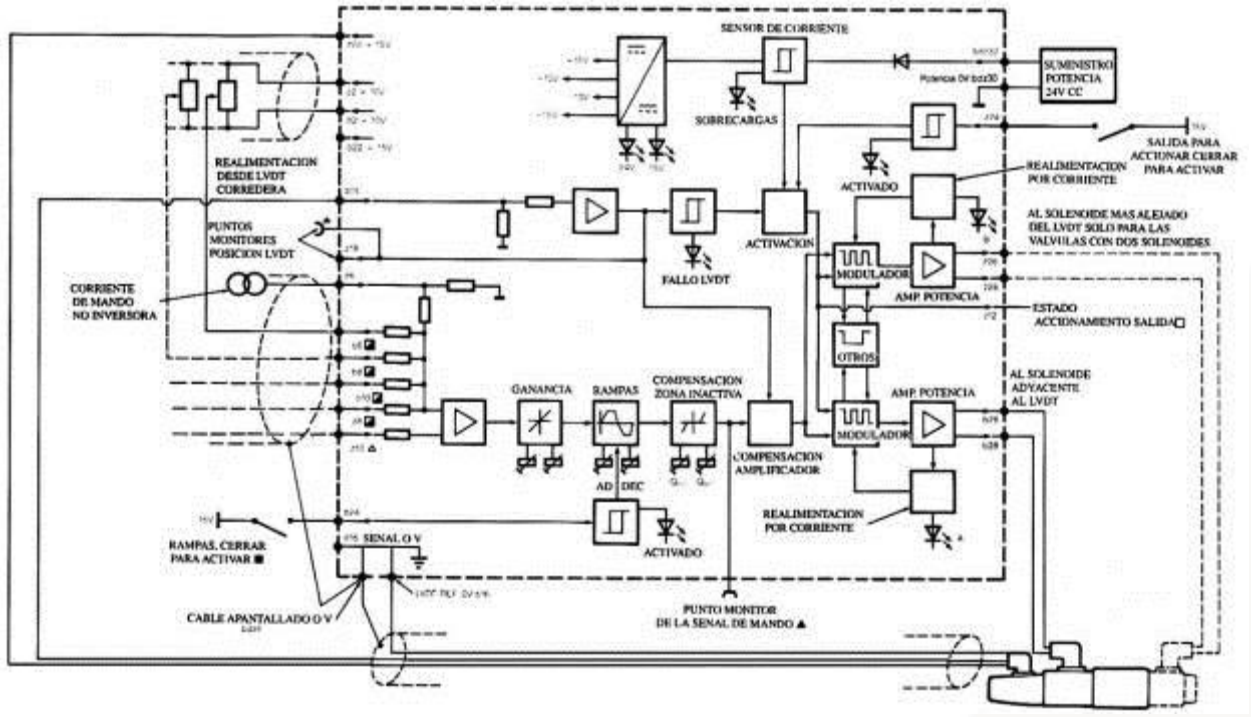


Figura 24

Disposición de señales típicas para un amplificador de potencia

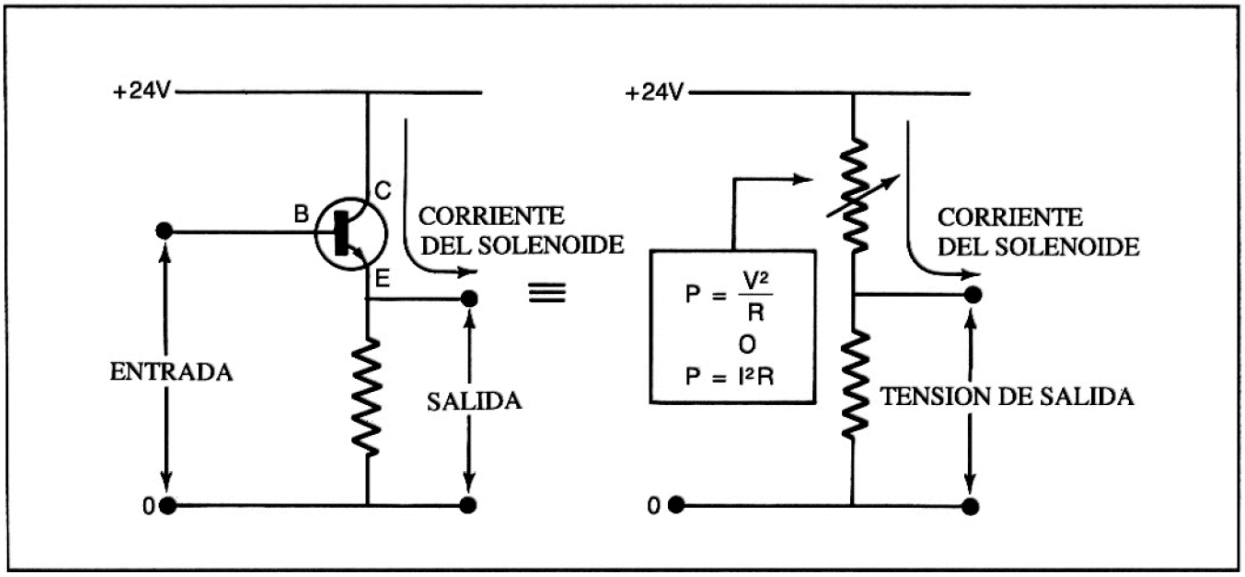


Figura 25

Transistor de salida de amplificador que actúa como una resistencia variable

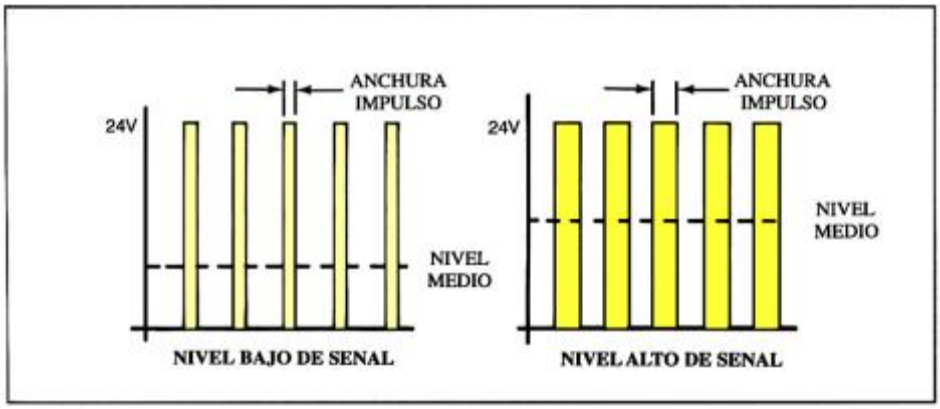


Figura 26

La relación de anchura de los impulsos con su separación determina el nivel de tensión.

Los impulsos se mantienen a una frecuencia constante 1khz, que es tan rápida para que el solenoide no pueda responder a los impulsos individuales. No obstante, sí que se responde al nivel medio de tensión de los impulsos. La duración del tiempo de conducción con relación a la duración de la de no conducción determina el nivel de tensión, como lo muestra la imagen anterior.

El tiempo de respuesta puede mejorarse, ajustando la tensión de los impulsos al doble de la tensión nominal del solenoide, de manera que el nivel máximo de señal se consigue, cuando la duración de los impulsos máximos y nulos es la misma.

Control sin realimentación:
Las válvulas con solenoides proporcionales y los amplificadores de control electrónico, pueden utilizarse en controles sin realimentación para aplicaciones que requieran un control suave de la velocidad del actuador, pero solo un control moderadamente preciso del caudal, como se puede ver en la siguiente imagen, la disposición del control sin retroalimentación, no lleva sensor de posición para medir el movimiento actual de la corredera. Además no se envía una señal de regreso para compararla con la señal de mando. Como ya se ha visto anteriormente, hablando del muelle de retroalimentación, la fuerza del muelle es la única retroalimentación que se recibe.

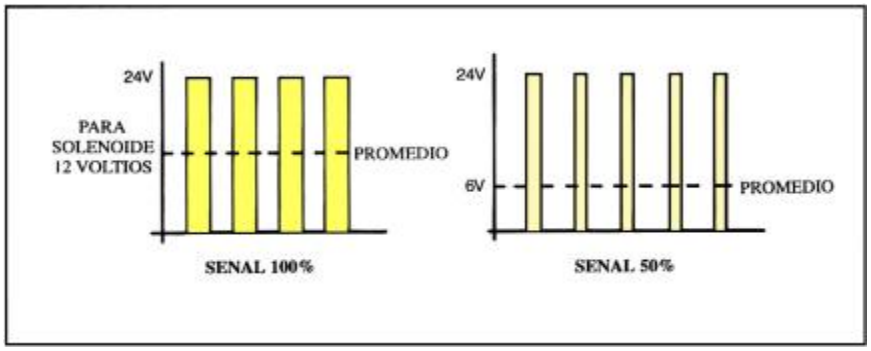


Figura 27

Ajustando los impulsos de tensión al doble, se consigue el nivel máximo de señal cuando los impulsos todo/nada son de la misma duración.

Control con retroalimentación:
Cuando se requiere un control más preciso puede agregarse un sensor de posición que envía una señal a la conexión sumadora, que se compara con la señal original de mando, esto mejora mucho el funcionamiento de la válvula.

Como se muestra en al siguiente imagen la señal de entrada se envía primero al amplificador, a continuación el amplificador envía una señal de salida al solenoide que transmite una fuerza a la corredera de la válvula, haciendo que esta se mueva, entonces un sensor de posición típicamente un LVDT, mide el desplazamiento actual de la corredera la señal de realimentación (tensión) se envía la conexión sumadora del amplificador.

En esta conexión, la señal de realimentación se compara con la señal de entrada, la diferencia entre las dos señales, origina una señal de error que sale de la conexión sumadora y llega al amplificador de tensión. La salida amplificada al solenoide también varía para reflejar la nueva señal de error. Este lazo continuo hasta que la señal de realimentación entra en equilibrio con la entrada y la corredera alcanza la posición requerida.

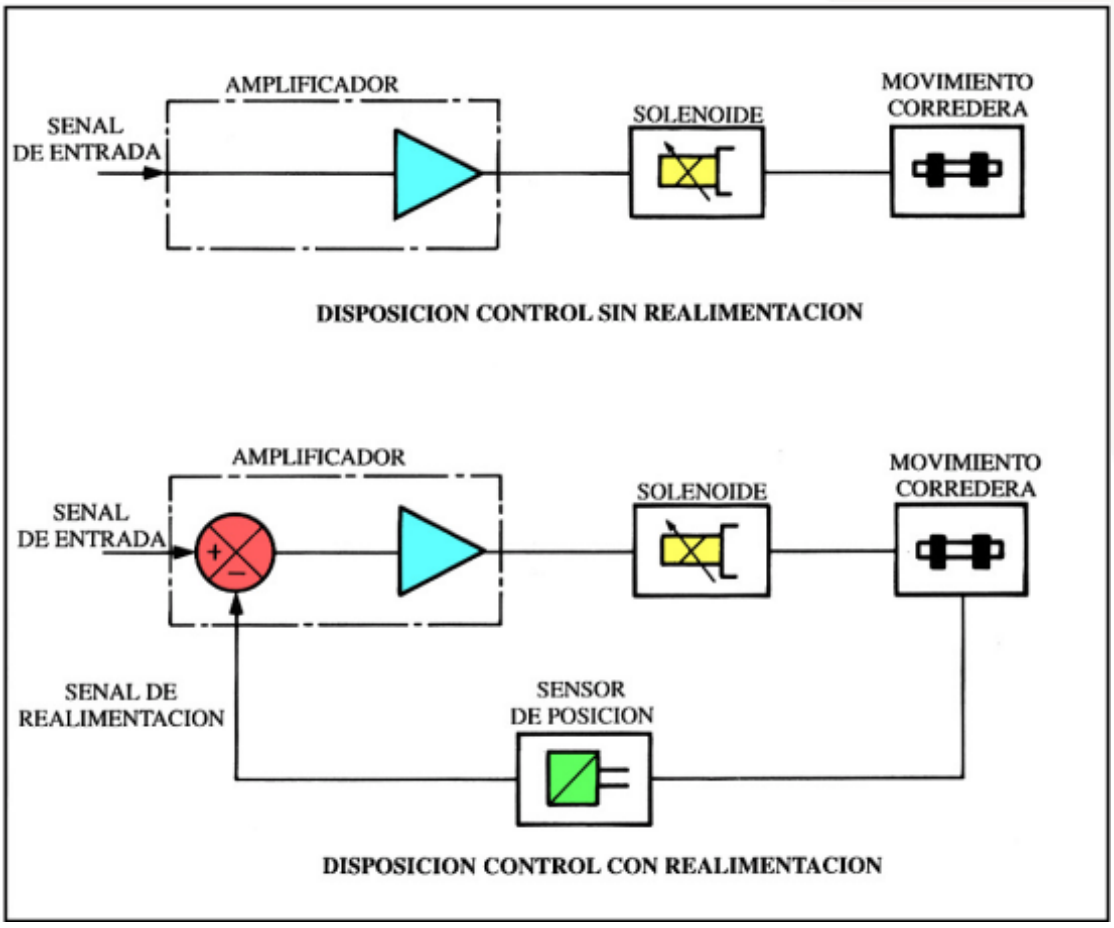


Figura 28

Disposición de los controles, con y sin retroalimentación

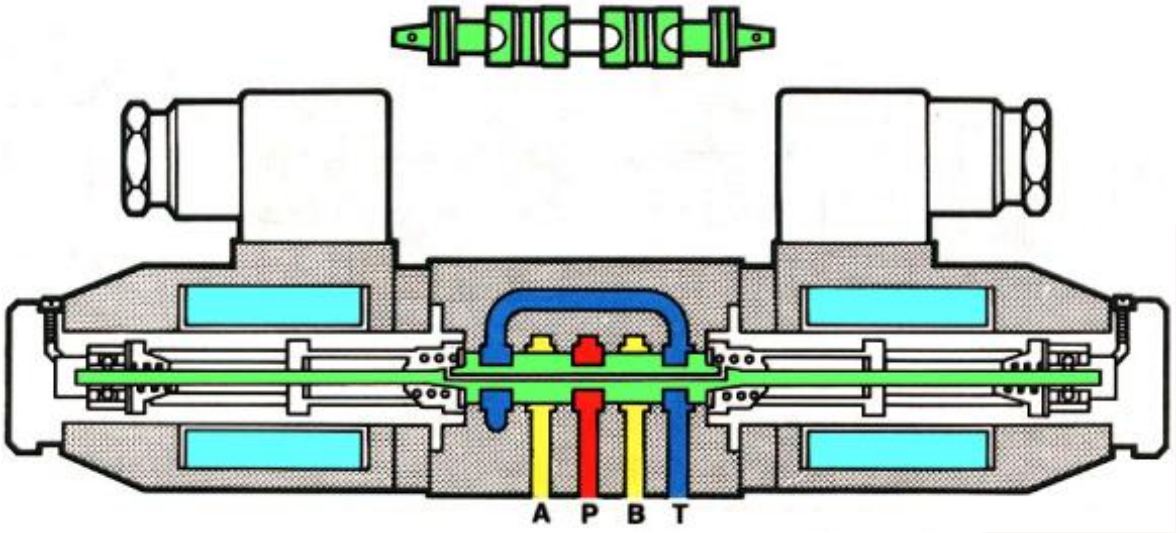


Figura 29

Válvula de control proporcional sin realimentación

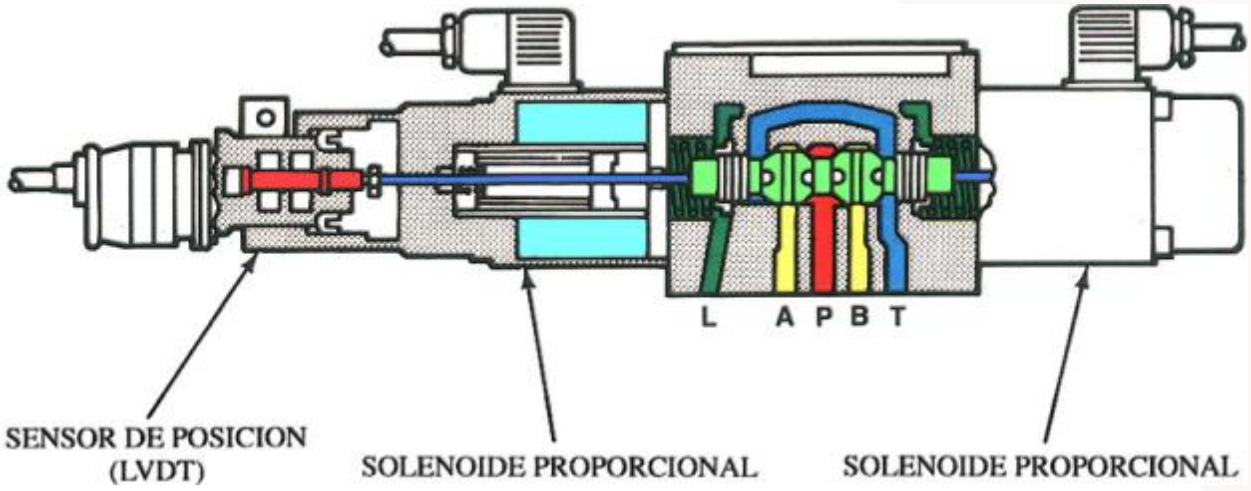


Figura 30

Válvula de dirección proporcional con LVDT de realimentación

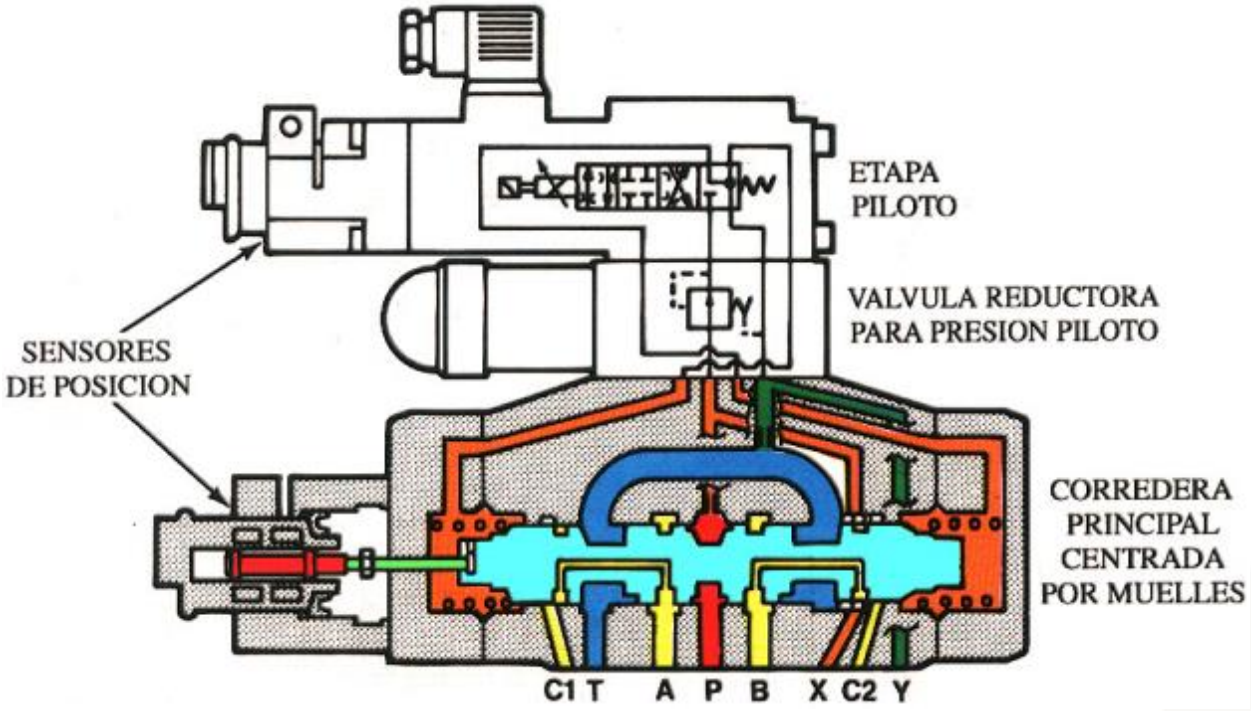


Figura 31

Válvula dirección proporcional de dos etapas con dos etapas de realimentación

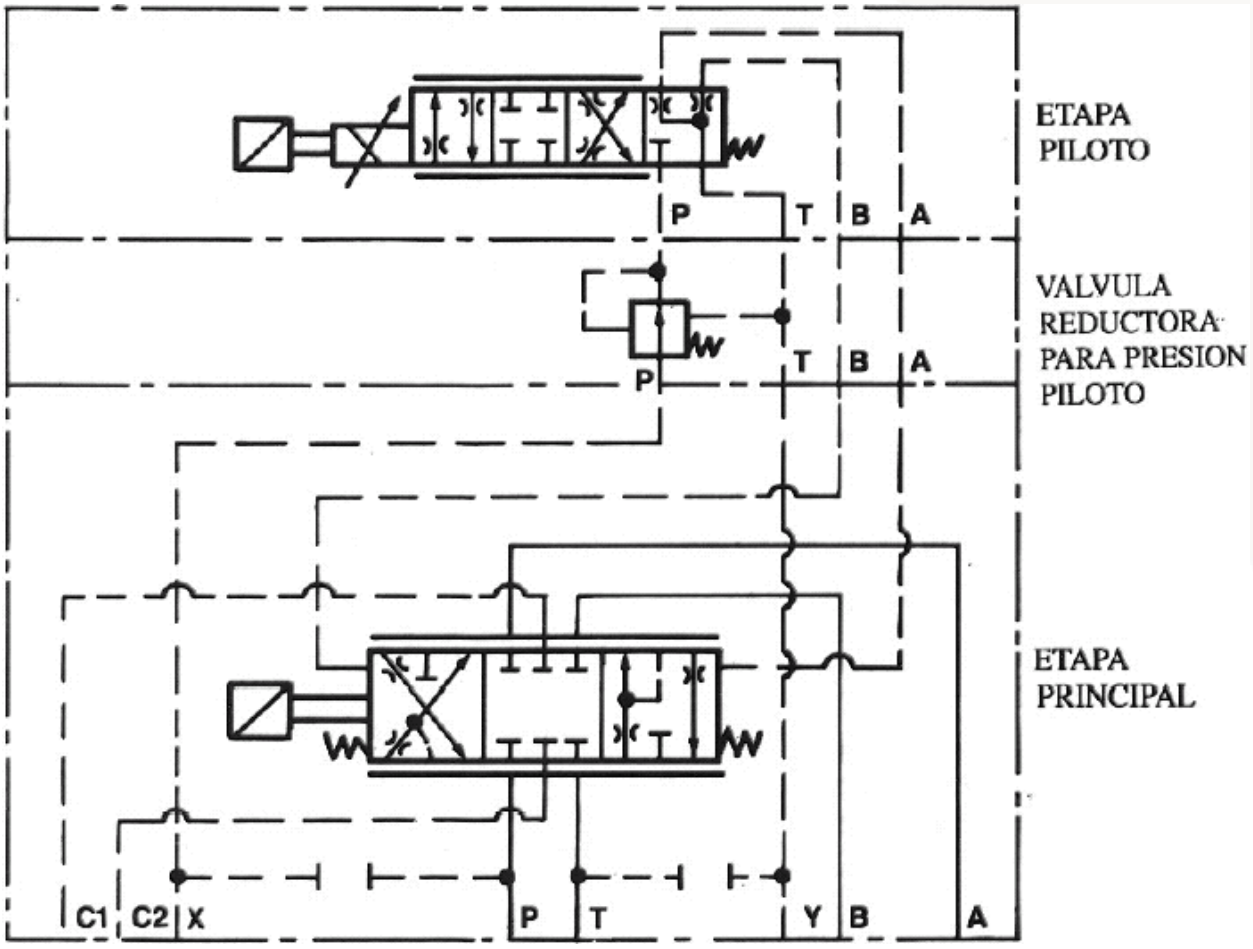


Figura 32

Símbolo para una válvula proporcional de dos etapas

1.5 Transmisiones hidrostáticas

Definición:
"Cualquier accionamiento hidráulico en el cual una bomba y un motor, ambos de desplazamiento positivo, transfieren una potencia giratoria mediante un fluido sometido a presión"

Existen aceleraciones de máquina suaves, sin escalonamientos como una caja de cambios.

- La baja inercia del grupo giratorio, permite puesta en marcha, inversiones y detenciones rápidas, con una suavidad y precisión de movimientos.
- La fuente de propulsión puede localizarse en cualquier lugar de la máquina.
- Los componentes modernos proporcionan buena relación peso potencia.

En la transmisión hidrostática se utilizan bombas y motores de pistones, engranajes y paletas.

Las más frecuentes son las bombas y motores de pistones, debido a la capacidad de variar su desplazamiento.

Clasificaciones

- Intervalos de par: medio, pequeño o amplio.
- Integradas o divididas
- Circuito abierto y cerrado.
- Par y potencia variable o constante.

Intervalo de Par:

Las transmisiones hidrostáticas pueden aplicar rangos de Par sólo cuando se posee bomba o motor de desplazamiento variable, o al menos uno de ellos.

El intervalo de relación de transmisión y Par es el intervalo de relación entre los desplazamientos de la bomba o el motor.

Si los desplazamientos de bomba o motor son iguales se dice que la relación es 1:1 y cuando el desplazamiento del motor es mayor que el de la bomba se tiene una reducción, y cuando la bomba posee un desplazamiento más alto que el del motor se tiene un aumento en la relación.

Figura 33

Por lo tanto, el desplazamiento del motor nos puede entregar un intervalo de Par reducido.

Transmisiones hidrostáticas integrales y divididas

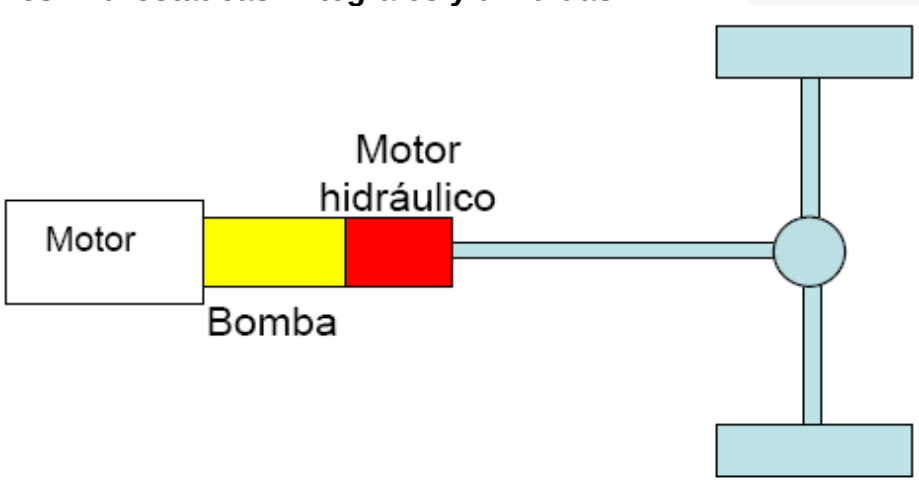


Figura 34

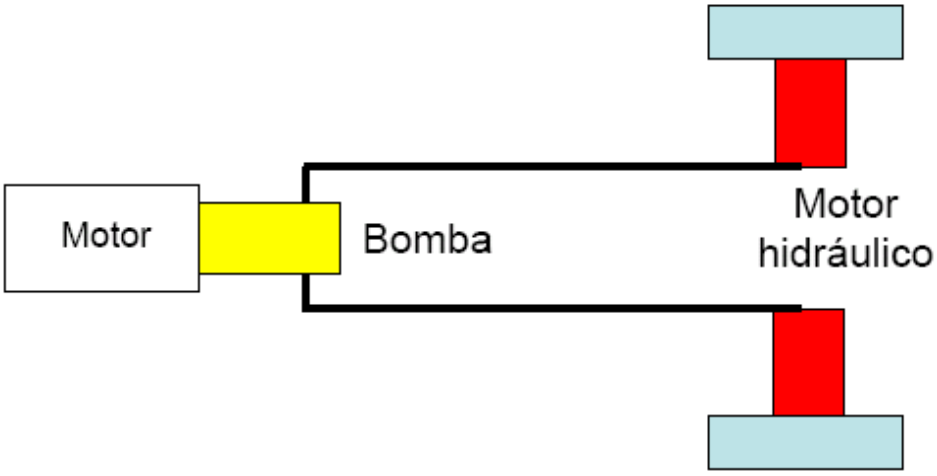


Figura 35

Disposiciones típicas de las transmisiones aplicadas en maquinaria.

En todo circuito, pueden darse dos variantes:

- Circuito abierto.
- Circuito cerrado.

Un circuito abierto es aquel en el que el caudal de descarga de la bomba, después de haber atravesado los otros elementos hidráulicos, retorna a tanque.

Un circuito cerrado es aquel en el que el caudal de descarga de la bomba, después de haber atravesado los otros elementos hidráulicos, retorna directamente a la entrada de la bomba.

Los circuitos cerrados no tienen deficiencias de aspiración, que representa una de las limitaciones impuestas a la velocidad máxima de las bombas hidrostáticas.

Las depresiones excesivas en los conductos de aspiración llegan a provocar la llamada *cavitación*, la cual se produce al interrumpirse bruscamente las venas liquidas, dando lugar a vibraciones, disminución de caudal y desperfectos mecánicos en la bomba.

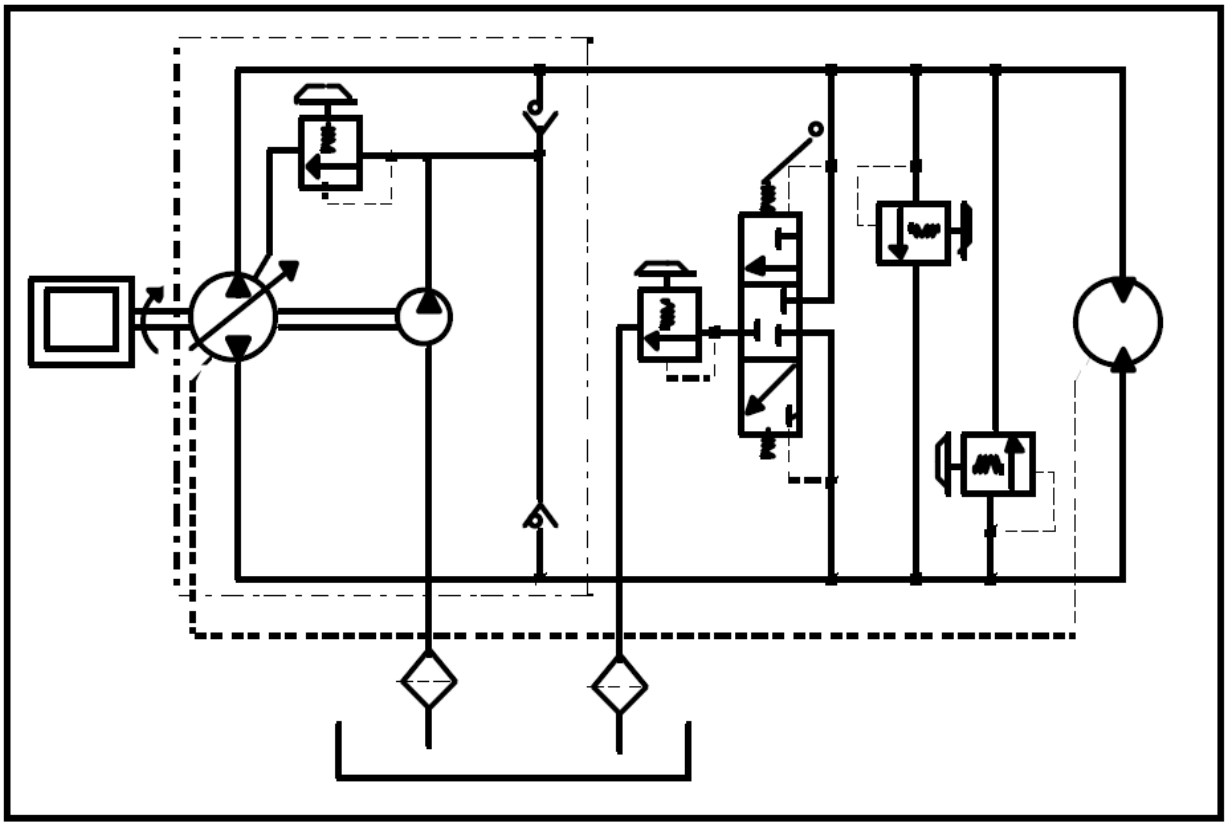


Figura 36

Circuito cerrado

Un circuito cerrado como el representado en la Figura anterior tiene dos líneas de conexión que alternativamente actúan como línea de presión en las que es preciso disponer dos válvulas limitadoras de presión. Para compensar las pérdidas de líquido que se producen tanto en las bombas como en los motores y para evitar el exceso de calentamiento del aceite se usa una bomba auxiliar, que realiza las indicadas funciones introduciendo continuamente aceite fresco a baja presión. El caudal que envía la referida bomba al conducto que alternativamente actúa como línea de retorno en el circuito principal, lo cual explica la doble conexión a través de dos válvulas anti retorno entre la bomba auxiliar y los conductos principales. La descarga continua del aceite devuelto por el circuito se efectúa a través de una válvula calibrada a baja presión. Las dos válvulas de máxima, la válvula de descarga y el distribuidor de gobierno hidráulico están integrados generalmente en un bloque único.

En el retorno es conveniente instalar un filtro magnético y un sistema de refrigeración. Se dice que varios receptores están conectados en paralelo cuando todas sus acometidas de entrada están unidas a una misma línea de alimentación y todas sus acometidas de salida a una misma línea de retorno. Por tanto se cumple que la presión en todas las acometidas es la misma.

Esto indica que en la conexión en paralelo, sin órganos de control, no es posible asegurar la sincronización de los receptores, lo que no ocurre si la conexión es en serie. Por esta razón la conexión en serie se utiliza cuando se quieren movimientos sincronizados.

En las conexiones en serie el valor de la presión a la entrada, sobre todo cuando el número de receptores conectados es elevado, al ser igual a la suma de las presiones necesarias para su funcionamiento puede resultar prohibitiva para la instalación.

En el caso de motores están conectados en paralelo, la totalidad de la presión está disponible en cada motor, lo cual quiere decir que cada uno de ellos puede ofrecer su máximo par.

En este caso, el caudal de la bomba está distribuido entre los motores individuales proporcionalmente a su desplazamiento y a su carga.

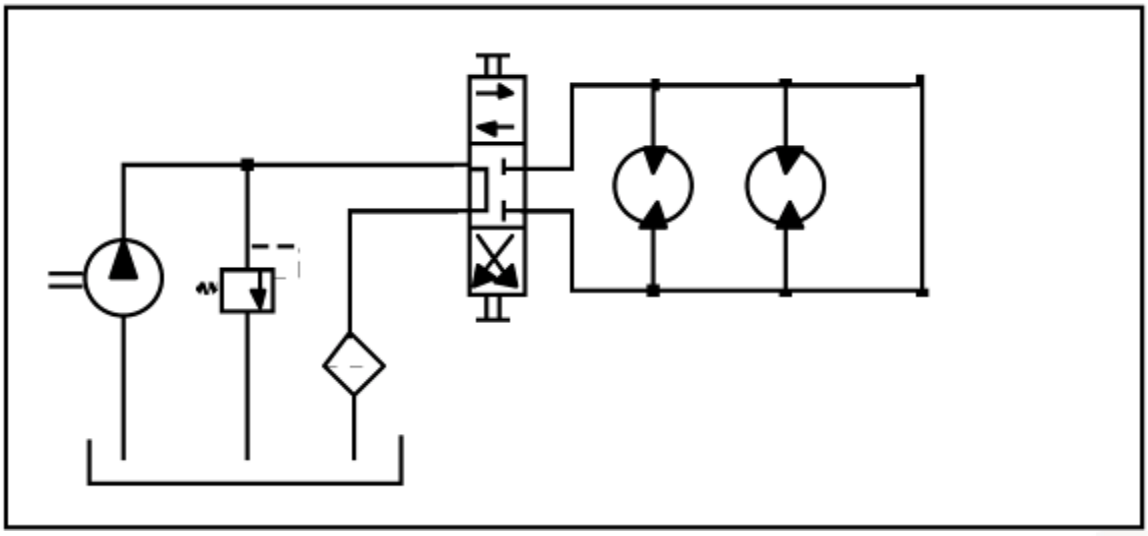


Figura 37

Conexión de motores en paralelo.

Cuando los motores están conectados en serie, la totalidad del aceite fluye a través de cada motor, mientras que la pérdida de carga del sistema está distribuida entre los motores proporcionalmente a su carga, con lo que se obtiene así la velocidad máxima y menor par.

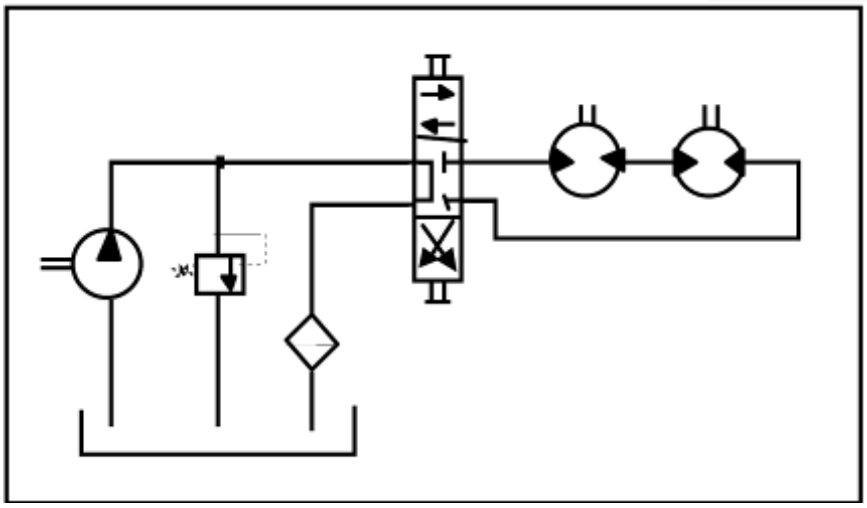


Figura 38

Conexión de motores en serie.

Cuando en un mismo circuito se dan simultáneamente conexiones en serie y en paralelo, se dice que el circuito es mixto.

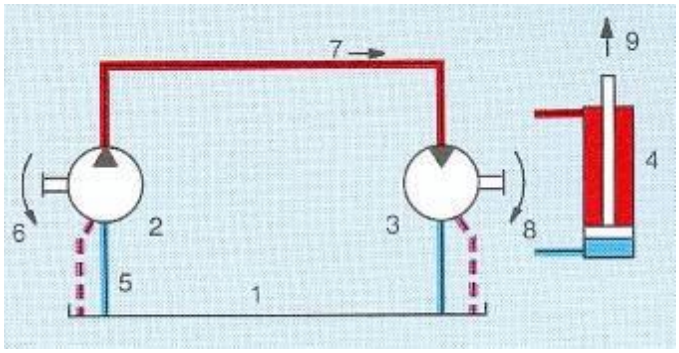


Figura 39

Velocidad Constante del motor Circuito abierto

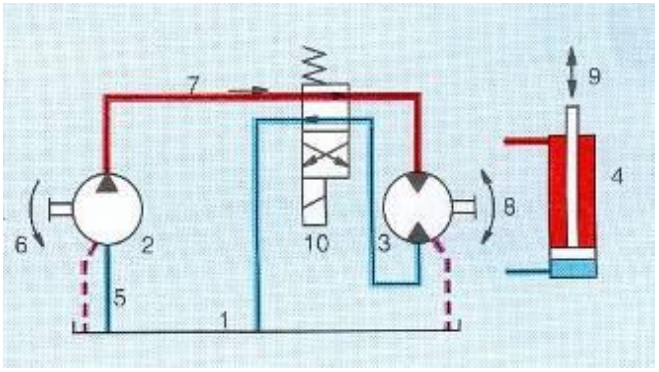


Figura 40

Circuito abierto, de velocidad constante y control de dirección

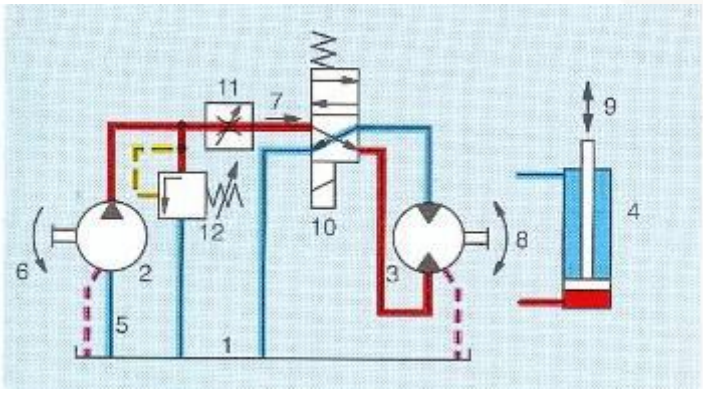


Figura 41

Circuito abierto, de velocidad variable y control de dirección

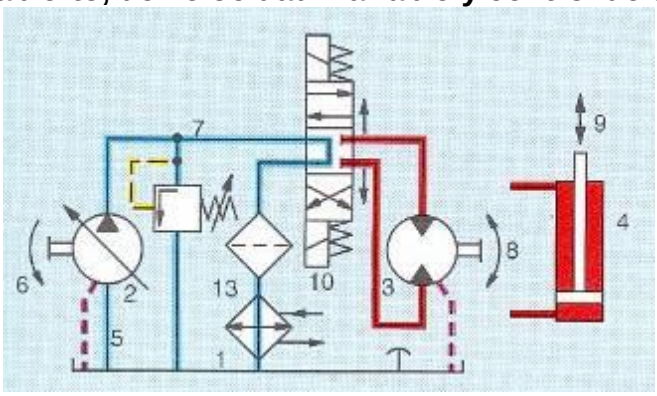


Figura 42

En la imagen anterior podemos observar en la válvula direccional, una tercera condición en donde disminuye el consumo de energía y nos entrega la condición de neutral, como también se agrega un intercambiador de calor, debido al trabajo desarrollado y la respectiva transformación de energía

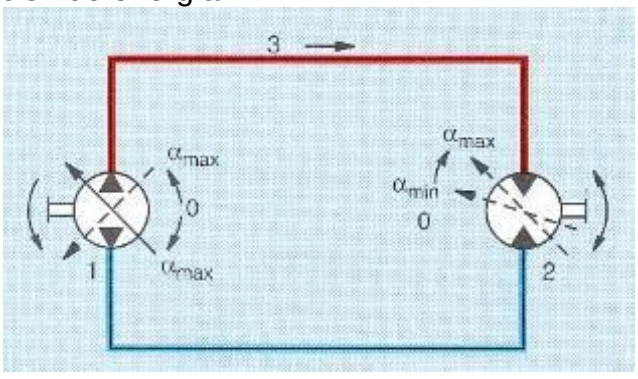


Figura 43

En la imagen anterior se puede observar un circuito hidrostático cerrado, es importante señalar que en el momento en que exista una resistencia externa al giro del motor, la presión comenzara a incrementarse por lo que se necesita unas válvulas limitadoras de presión.

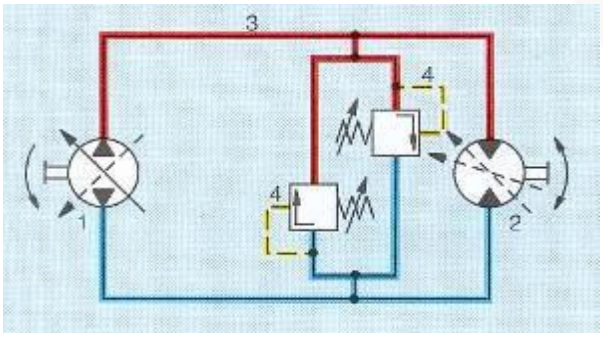


Figura 44

Sistema cerrado al cual se le agregaron las respectivas válvulas limitadoras de presión 4

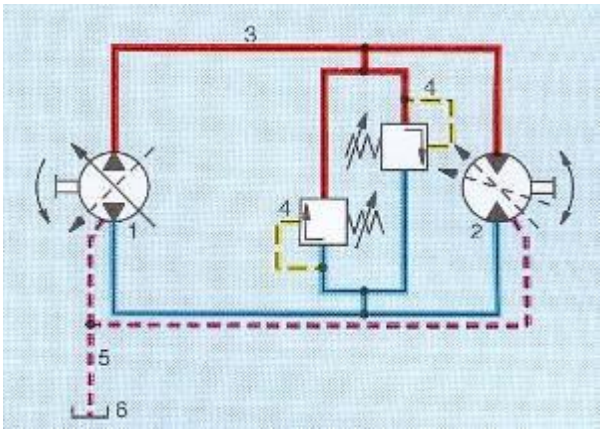


Figura 45

Unos de los problemas presentes en los circuitos cerrados, en los cuales se puedan variar el torque y la velocidad es que necesitan bombas 1 o motores de desplazamiento variable 2, los cuales debido a su principio de funcionamiento necesitan auto lubricarse y refrigerarse, lo anterior significa que en algún momento el circuito anterior se quedara sin aceite debido a las fugas (drenaje a caja) de las bombas y motores presentes en este circuito.

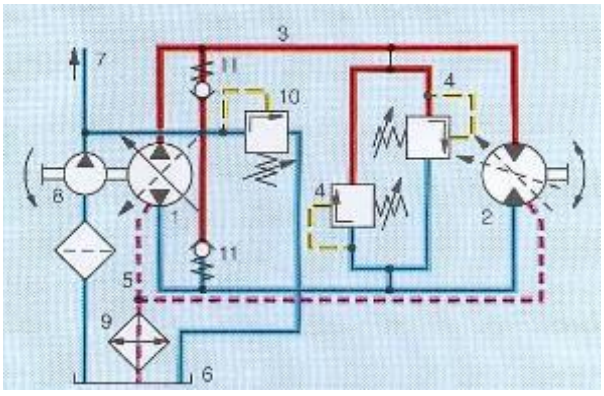


Figura 46

En esta imagen se puede observar la solución a la problemática anterior, en este la Figura 46, se agrega una bomba de carga 8 un par de válvulas anti retorno 11 las cuales compensaran las pérdidas de fluido debido a la lubricación natural, por el lado que en ese momento es el de baja presión, también se agrega un intercambiador de calor 9 ya que la temperatura aumentara según el trabajo realizado.
Ejemplo de transmisión hidrostática

Figura 47

ítem	Función	ítem	Función
9	Bomba de propulsión bi-direccional de desplazamiento variable	12	Válvula de control de lata y baja velocidad
10	Motor de desplazamiento variable	13	Enfriador
11	Válvula de control de adelante y atrás	14	Válvula de alivio de seguridad del drenaje a caja

Tabla 1

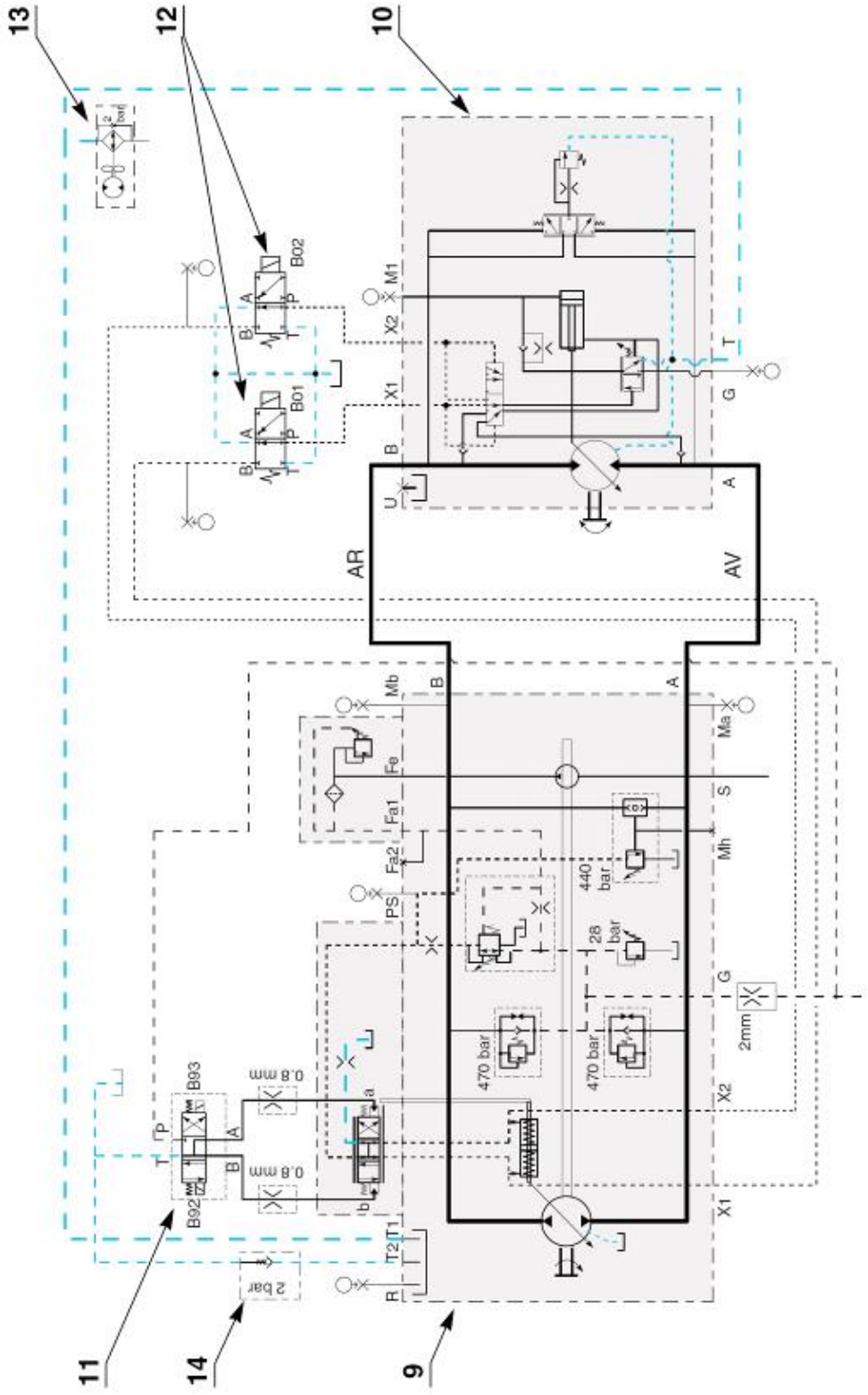

13
12
10
B02
B01
M1
X2
X1
B
A
T
G
U
AR
AV
Mb
Ma
Fe
Fa1
Fa2
PS
S
Mh
440 bar
28 bar
470 bar
470 bar
2mm
0.8 mm
0.8 mm
B93
B92
T1
T2
R
2 bar
11
14
9

Tabla 2

Ejemplo de aplicación

El motor y la bomba hidráulicos son ambos de desplazamiento variable. Una placa oscilante controla el desplazamiento de la bomba y del motor. Una válvula del servo control funciona el servo-cilindro. El servo-cilindro mueve la placa oscilante. Este sistema hidráulico, se diseña para ajustarse automáticamente según la energía disponible del motor diésel. Intenta lo más posible utilizar la presión más baja según la condición de tierra. Deja siempre energía disponible en el motor diésel, incluso cuando la bomba de dirección está consumiendo energía junto con el sistema de propulsión. Con las revoluciones por minuto del motor completas, el circuito adapta el consumo de energía según las indicaciones de la curva abajo.

					Capacidad total de la máquina	
Operación	Torque motor	Desplazamiento de motor	Flujo de bomba	Presión en bar	Velocidad	Esfuerzo de tracción
Sobre 3	mínimo	Mini. 35 cm3/rev	157 l/mn	Menos de 200	Alta	Mínimo
2	Máximo	maxi.107cm3/rev	157 l/mn	Cerca de 250	Media	Medio
1	Máximo	Maxi 107cm3/rev	76 l/mn	Sobre 440	Baja	Máximo

Tabla 3

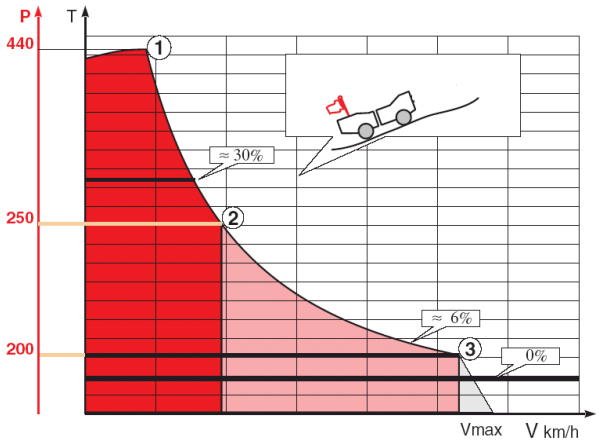


Figura 48

(Por gentileza de Sandvik Chile)

De acuerdo a la carga soportada por el equipo, la regulación del motor debería ser codificada.

2. Operación y funcionamiento de sistemas de freno y dirección

Operación del Circuito de la dirección

La bomba (Figura 49) suministra aceite al múltiple de purga (5) después de pasar a través de un filtro de alta presión (9). Este suministro de aceite luego es distribuido al sistema de frenos y al sistema de la dirección.
La presión del sistema se regula entre 19.000 kPa (2750 psi) y 20.900 kPa (3025 psi) por medio de una válvula de descarga, ubicada en la parte inferior de la caja de la bomba de la dirección.

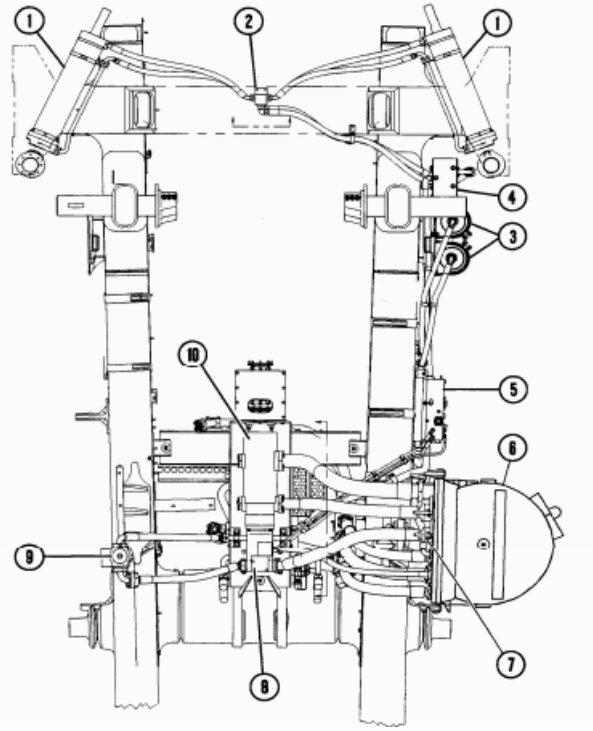


Figura 49

Esquema 4-1
Componentes del sistema de la dirección – típico (Vista Inferior) (Por gentileza de KomatsuCummins)

1. Cilindros de la Dirección
2. Múltiple
3. Acumuladores de la Dirección
4. Válvula del Amplificador de Flujo
5. Múltiple de Purga
6. Estanque Hidráulico
7. Válvula de corte (solo 930E-3)
8. Bomba de Dirección y frenos
9. Filtro Circuito Dirección/Frenos
10. Bomba del Circuito de Elevación

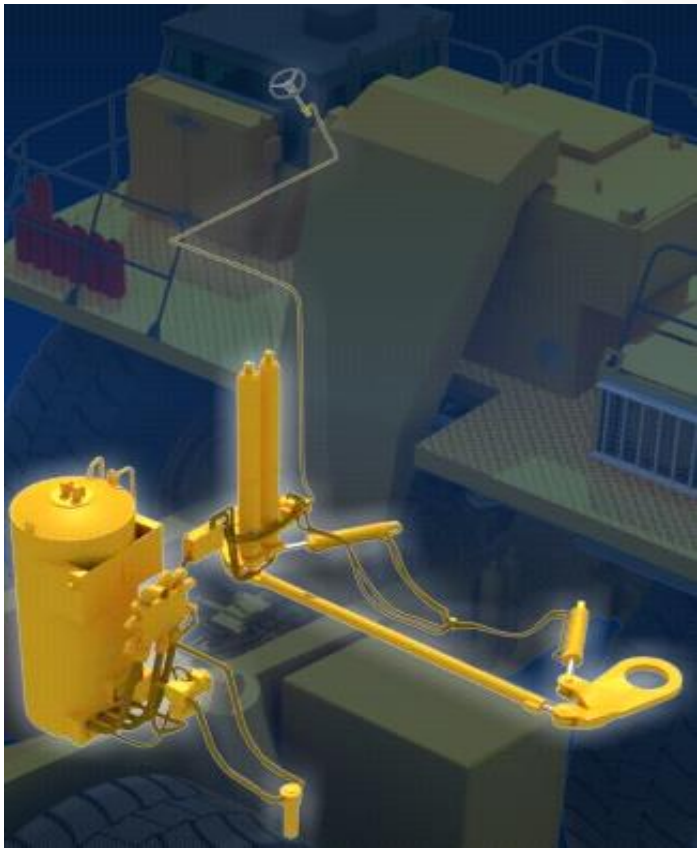


Figura 50

Componentes del sistema de dirección (Por gentileza de KomatsuCummins)

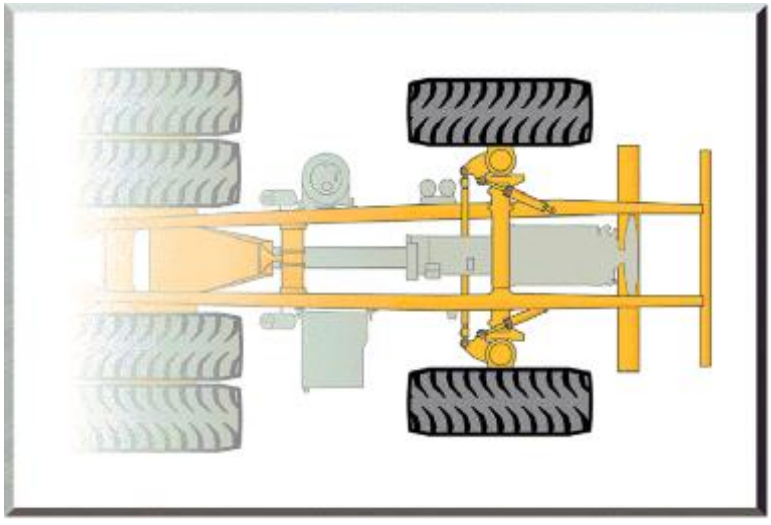


Figura 51

Estructura del sistema de dirección (Por gentileza de KomatsuCummins)

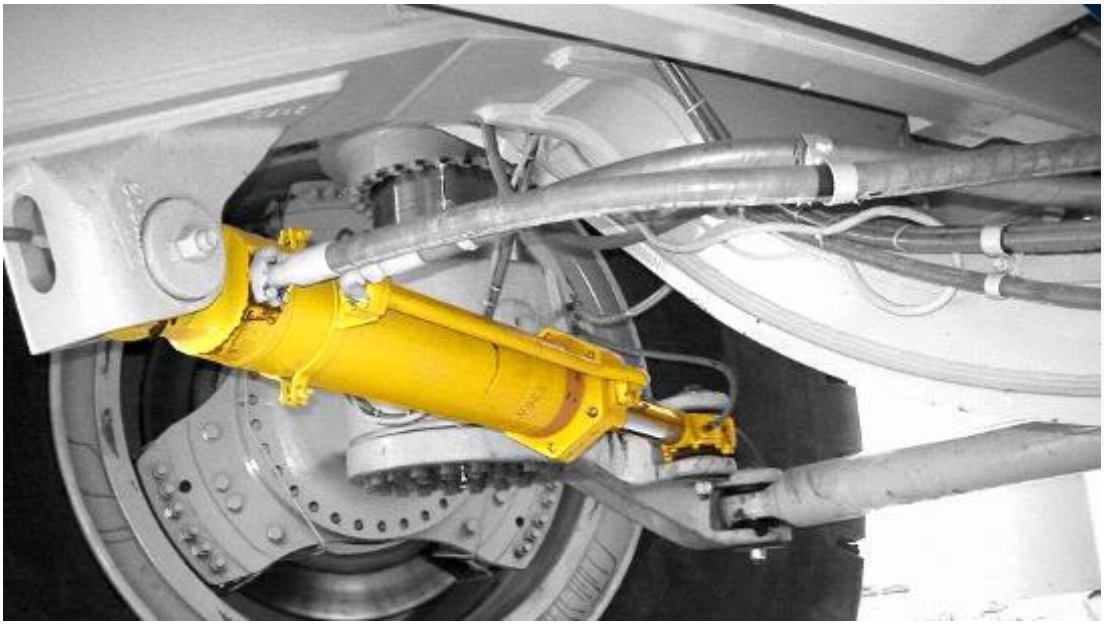


Figura 52

Cilindro de dirección, barra y articulaciones (Por gentileza de KomatsuCummins)

Figura 53

Puntos de prueba (Por gentileza de KomatsuCummins)

Figura 54

Brazo de dirección (Por gentileza de KomatsuCummins)

La presión del aceite desde el múltiple de purga se va de vuelta a la bomba y es captada por la lumbrera “ACC” en la válvula de descarga. Un interruptor de presión de dirección, montado en el múltiple de purga se conecta eléctricamente a una luz de advertencia de Baja Presión de la Dirección montada en la cabina y advierte al operador si la presión del sistema cae por debajo de 15.900 kPa (2300 psi).

El múltiple de purga realiza muchas funciones, incluyendo la distribución del suministro de aceite del circuito de la dirección a los acumuladores del sistema de la dirección (3) y a la válvula del amplificador de flujo (4). El aceite también se proporciona al sistema de aplicación de frenos de servicio, al motor de la bomba de grasa del sistema de lubricación automática, y a las persianas opcionales del radiador si están instaladas.

Dos acumuladores, precargados con nitrógeno se encuentran montados en el riel izquierdo del chasis detrás del neumático delantero. Estos proporcionan aceite suficiente para permitir al operador sacar el camión del camino y estacionar en un área segura, si se produce una pérdida de aceite en el circuito de la dirección. Un solenoide del acumulador de la dirección montado en el múltiple de purga, se activa eléctricamente para purgar el aceite hidráulico presurizado dentro de los acumuladores de vuelta al estanque hidráulico cada vez que el interruptor de partida se coloca en la posición OFF.

Si se produce una pérdida de presión de la dirección durante la operación, el camión se debe detener inmediatamente. La presión en los acumuladores permite al operador mover el camión por un corto período. No intente continuar con la operación hasta localizar y corregir el problema.

El múltiple de purga y los acumuladores suministran aceite a la válvula del amplificador de flujo. El amplificador de flujo dirige el flujo de aceite a las lumbreras correspondientes en los cilindros de la dirección según lo determinen las entradas provenientes de la unidad de control de la dirección, a medida que el operador maneja el camión (ver Figura 4-2).

El aceite que entra a la unidad de control de la dirección es bloqueado hasta que se gira el volante de la dirección en la dirección deseada. Luego, la válvula dirige el aceite al amplificador de flujo el que a su vez, proporciona un alto volumen de aceite a los cilindros de la dirección. El aceite hidráulico, en los extremos opuestos de los cilindros de la dirección, fluye de vuelta a través del amplificador de flujo y el múltiple de purga hacia el estanque hidráulico. El flujo de aceite hacia el sistema de aplicación de frenos, fluye a través de una válvula de retención que evita una pérdida de aceite en el circuito de frenos, a causa de la pérdida de aceite en el circuito de la dirección. (Consulte la Sección J para una descripción detallada del circuito hidráulico del sistema de aplicación de frenos y sus componentes.

"T": Lumbrera del Estanque
"L": Lumbrera de Dirección a la Izquierda
"P": Lumbrera de Presión (Suministro)
"R": Lumbrera de Dirección a la Derecha
"LS": Lumbrera de Captación de Carga
1. Conjunto de la Válvula

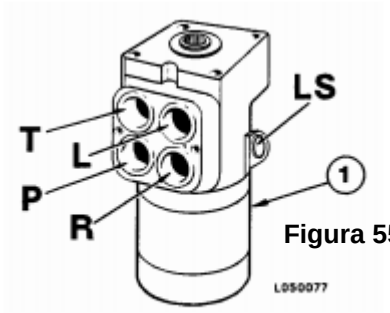


Figura 55

FIGURA 4-2. UNIDAD DE CONTROL DE LA DIRECCION

Esquema 4-2
(Por gentileza de KomatsuCummins)

Unidad de Control de la Dirección

La unidad de control de la dirección (Figura 4-2) se encuentra montada dentro de la cabina y está directamente acoplada al extremo inferior de la columna de la dirección.

La operación de la unidad de control de la dirección es tanto manual como hidráulica. Este componente incorpora una válvula de control hidráulica; el esfuerzo de dirección aplicado al volante de la dirección por el operador acciona la válvula, la cual a su vez, dirige el aceite hidráulico a través de la válvula del amplificador de flujo hacia los cilindros de la dirección para proporcionar al operador dirección asistida.

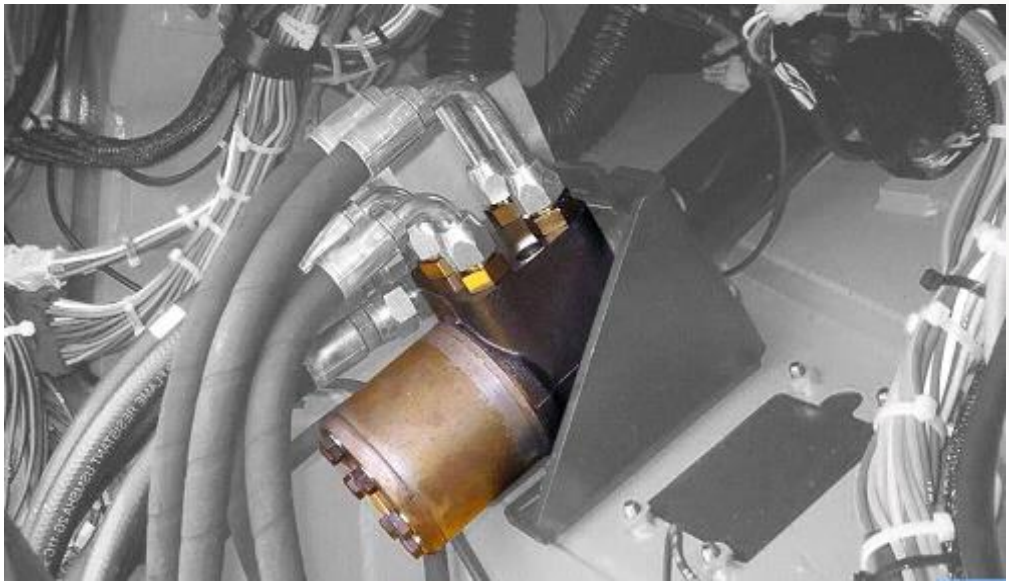


Figura 56

Vista de Válvula de control de dirección (Por gentileza de KomatsuCummins)

Figura 57

Vistas de la válvula de dosificación manual (Por gentileza de KomatsuCummins)

Válvula del Múltiple de Purga

El múltiple de purga (Figura 49) está ubicado en la parte exterior del riel izquierdo del chasis, justo detrás de los acumuladores. El múltiple de purga está equipado con los siguientes componentes principales del circuito como se muestra en la Figura 58:

- Interruptor de baja presión del sistema de la dirección (7).
- Solenoide de purga del acumulador de dirección (6)
- Válvula de alivio de 4.100 kPa (600 psi) (12)
- Válvula de alivio de 27.500 kPa (4000 psi) (13)
- Válvula de solenoide de límite de elevación (15)
- Válvula de retención operada por piloto (23

El múltiple de purga recibe aceite de la bomba de dirección/freno, a través de un filtro de alta presión y dirige el aceite hacia los acumuladores, circuito de frenos, amplificador de flujo y a la bomba hidráulica del sistema de lubricación automática. El suministro de aceite para la unidad de control de la dirección y los cilindros de la dirección es suministrado por medio del amplificador de flujo. El múltiple también proporciona control del circuito de elevación cuando se levanta la tolva.

Las válvulas de alivio, el solenoide de purga del acumulador de la dirección, y la válvula de solenoide de límite de elevación vienen pre ajustados de fábrica y no pueden ser reconstruidos por separado.

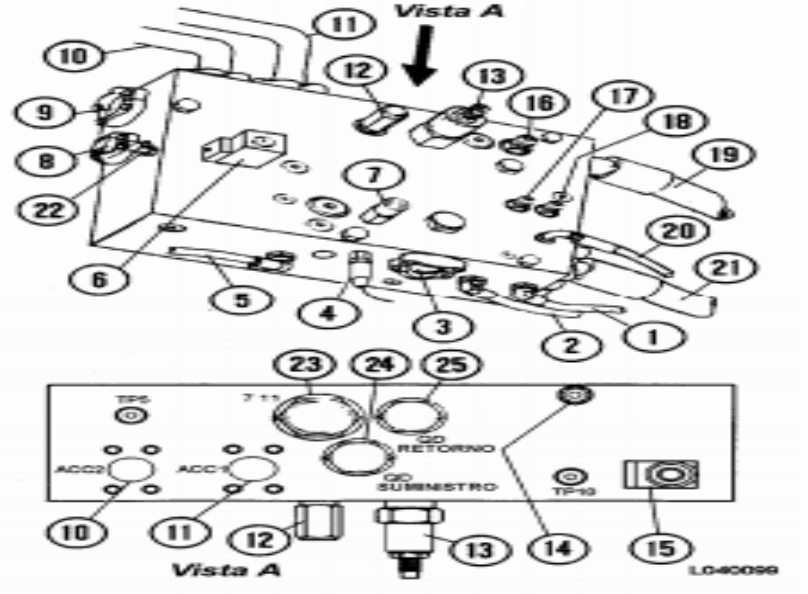


FIGURA 4-3. MULTIPLE DE PURGA

Figura 58

Esquema 4-3

Descripción Figura 178

1. A Válvula de Elevación, Subir
2. A Válvula de Elevación, Bajar
3. Lumbrera de Presión Auxiliar

4. Sensor de Presión del VHMS (Lumbrera TP2)
5. Al Sistema de Frenos
6. Solenoide de Purga del Acumulador de la Dirección
7. Interruptor de Baja Presión del Sistema de la Dirección
8. Suministro al Amplificador de Flujo
9. Retorno desde el Amplificador de Flujo
10. Al Acumulador de la Dirección Delantero
11. Al Acumulador de la Dirección Trasero
12. Válvula de Alivio, 4.100 kPa (600 psi)
13. Válvula de Alivio, 27.500 kPa (4000 psi)
14. Lumbrera de Suministro de la Bomba de Lubricación Automática
15. Válvula de Solenoide de Límite de Elevación
16. Retorno desde Válvula Piloto de Elevación
17. Válvula Piloto de Elevación, Bajar
18. Válvula Piloto de Elevación, Subir
19. Retorno al Estanque
20. Presión de Retroalimentación a Válvula de Descarga
21. Suministro desde la Bomba
22. Lumbrera de Prueba (TP3)
23. Válvula de Retención Operada por Piloto
24. Desconexión Rápida, Lumbrera de Suministro
25. Desconexión Rápida, Lumbrera de Retorno

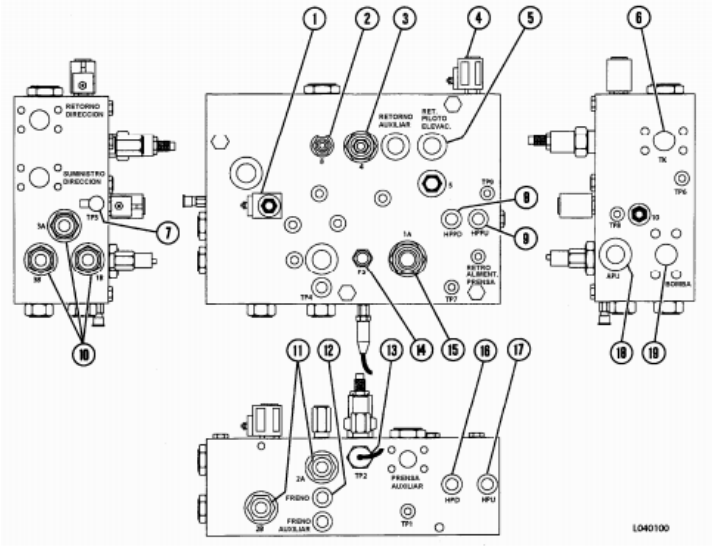


FIGURA 4-4. MULTIPLE DE PURGA

Figura 59

Figura 4-4
(Por gentileza de KomatsuCummins)

Descripción Figura 59

1. Solenoide de Purga del Acumulador de la Dirección
2. Válvula de Alivio, 4.100 kPa (600 psi)
3. Válvula de Alivio, 27.500 kPa (4000 psi)
4. Solenoide de Límite de Elevación
5. Retorno desde Válvula Piloto de Elevación
6. Retorno al Estanque
7. Lumbrera de Prueba de Presión (TP3)
8. Desde Válvula Piloto de Elevación, Bajar
9. Desde Válvula Piloto de Elevación, Subir
10. Válvula de Retención
11. Válvula de Retención
12. Suministro al Sistema de Frenos
13. Sensor de Presión del VHMS (Lumbrera TP2)
14. Interruptor de Baja Presión del Sistema de la Dirección
15. Válvula de Retención
16. A Válvula de Elevación, Bajar
17. A Válvula de Elevación, Subir
18. Lumbrera de Suministro de Energía Auxiliar
19. Entrada desde la Bomba de la Dirección

Figura 60

Múltiple de sangría (Por gentileza de KomatsuCummins)

Válvulas de Alivio
La válvula de alivio (3, Figura 4-4), ubicada en el múltiple de purga, limita la presión de suministro hidráulico que va a los circuitos de dirección y frenos a 27.500 kPa (4000 psi).
La válvula de alivio (2) proporciona protección de presión máxima de 4.100 kPa (600 psi) para el aceite que retorna al estanque hidráulico.

Solenoide de Límite de Elevación
El solenoide de límite de elevación (4) es una válvula de 3 vías que se activa por medio del interruptor de límite de elevación cuando los cilindros de elevación se aproximan al límite máximo de extensión. Cuando se activa, el solenoide cerrará la línea piloto de subida que va a la válvula de elevación desde la válvula piloto de elevación montada en el gabinete hidráulico.

La válvula de retención operada por piloto (30, Figura 4-5) se abre por medio de la línea de presión piloto de descenso (19) para permitir que el aceite en la lumbrera de elevación se derive al solenoide de límite de elevación (24) para la operación inicial de descenso mientras que el solenoide es activado por el interruptor de límite de elevación.

Consulte la Sección D, Sistema Eléctrico (24VDC) para mayor información sobre los interruptores de límite de elevación.

Acumuladores de la Dirección
Los dos acumuladores de dirección (3, Figura 4-1) son del tipo bolsa con una capacidad de 62 litros (16.5 galones) cada uno. Los acumuladores se cargan a 9.700 kPa (1400) con nitrógeno seco puro usando la válvula de carga ubicada en el extremo superior.

El aceite que entra a los acumuladores comprime el nitrógeno ubicado en la bolsa. La presión del nitrógeno aumenta directamente con la presión del circuito de la dirección. Cuando la presión del circuito de la dirección alcanza 20.900 kPa (3025 psi), la válvula de descarga descargará la bomba. Los acumuladores contendrán una cantidad de aceite bajo presión y mantenido por las válvulas de retención en el múltiple de purga que estará disponible para la dirección del camión. Cuando la presión del sistema desciende a 19.000 kPa (2750 psi), la salida de la bomba volverá a aumentar para rellenar los acumuladores y aumentar la presión del sistema de la dirección. Los acumuladores también proporcionan aceite para ser utilizado, por un período limitado, en caso que la bomba no esté operativa.

Figura 61

Acumuladores de dirección (Por gentileza de KomatsuCummins)

Interruptor de Advertencia de Baja Precarga

Los interruptores de presión ubicados en la parte superior de cada acumulador, monitorean la presión de nitrógeno y son utilizados para activar la luz de advertencia de precarga del acumulador, en caso que la presión de nitrógeno baje a menos de 7.600 kPa (1100 psi).

Los interruptores monitorean la presión de nitrógeno cuando el interruptor de partida se pone en ON antes de arrancar el motor. Si la presión de nitrógeno es demasiado baja, se enciende la luz de advertencia. Un circuito de cierre evita que se apague la luz de advertencia cuando el motor se arranca y la presión del sistema de la dirección comprime el nitrógeno que queda en el acumulador.

No opere el camión con menos de 7.600 kPa (1100 psi) de precarga de nitrógeno en el acumulador. La baja presión de nitrógeno puede no proporcionar el suministro adecuado de aceite al sistema de la dirección en algunas condiciones de emergencia. Si la luz de advertencia de baja precarga permanece encendida, revise la presión de precarga del acumulador y recargue si fuese necesario.

Filtro de Alta Presión

El filtro de alta presión, filtra el aceite para los circuitos de la dirección y freno.

Si se tapa el elemento del filtro, un indicador de advertencia se activa a un diferencial de 241 kPa (35 psi) y el aceite derivará el elemento a un diferencial de 345 kPa (50 psi).

Consulte la sección L9, para mayor información referente a los filtros del sistema hidráulico y procedimientos de mantenimiento.

Figura 62

Filtro de alta presión (Por gentileza de KomatsuCummins)

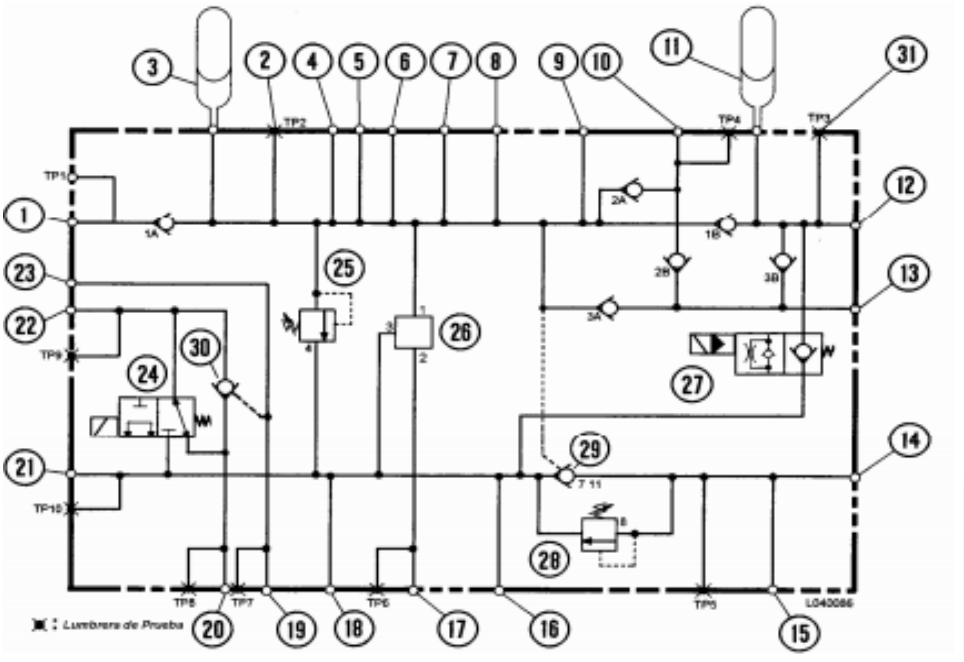


FIGURA 4-5. ESQUEMA DEL MULTIPLE DE PURGA

Figura 63

Esquema 4-5

Descripción Esquema 4-5 (Figura 183)

1. Entrada de la Bomba de Dirección/Frenos
2. Lumbrera de Prueba de Presión de la Dirección del VHMS (TP2)
3. Acumulador de la Dirección
4. Lumbrera APU
5. Retroalimentación de Presión (A la Bomba de Dirección)
6. Interruptor de Presión de la Dirección
7. Inhabilitada para este equipo
8. Persianas del Radiador (Si están instaladas)
9. Lumbrera de Presión Auxiliar
10. Suministro del Circuito de Frenos
11. Acumulador de la Dirección
12. Suministro del Circuito de la Dirección al Amplificador de Flujo
13. Desconexión Rápida, Lumbrera de Suministro
14. Retorno del Circuito de la Dirección desde el Amplificador de Flujo
15. Desconexión Rápida, Lumbrera de Retorno
16. Lumbrera de Retorno Auxiliar
17. Suministro de la Bomba de Lubricación Automática
18. Retorno de Piloto de Elevación
19. Piloto de Elevación Bajar
20. Piloto de Elevación Subir
21. Lumbrera de Retorno al Estanque
22. Elevador Subir
23. Elevador Bajar
24. Solenoide de Límite de Elevación
25. Válvula de Alivio, 27.500 kPa (4000 psi)
26. Tapón de Cavidad
27. Solenoide de Purga del Acumulador de la Dirección
28. Válvula de Alivio, 4.100 kPa (600 psi)
29. Válvula de Retención Operada por Piloto
30. Válvula de Retención Operada por Piloto
31. Lumbrera de Prueba (TP3)

Amplificador de Flujo

El amplificador de flujo (4, Figura 4-1), ubicado en el riel izquierdo del chasis delante de los acumuladores, se usa en el circuito de la dirección para proporcionar un alto volumen de aceite requerido para los cilindros de la dirección.

El amplificador de flujo utiliza el flujo proveniente de la unidad de control de la dirección para determinar una cantidad proporcional del flujo a ser enviado desde el múltiple de purga a los cilindros de la dirección.

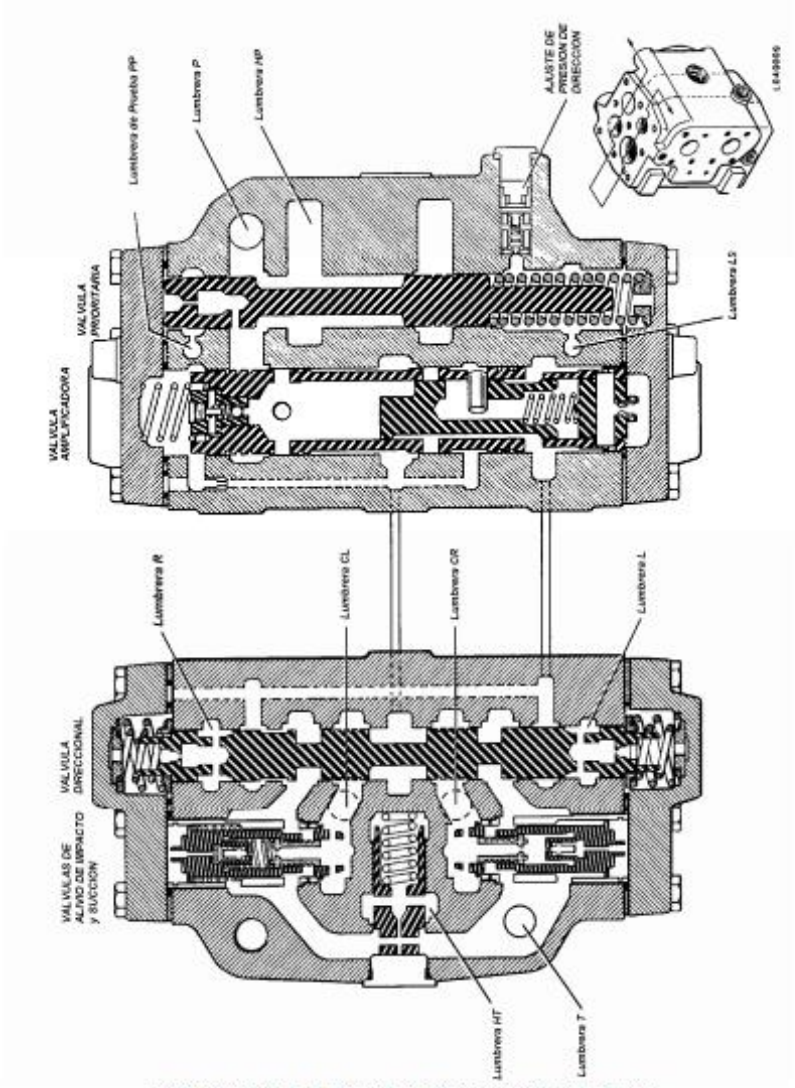


FIGURA 4-6 VALVULA DEL AMPLIFICADOR DE FLUJO

Figura 64

Esquema 4-6
(Por gentileza de KomatsuCummins)

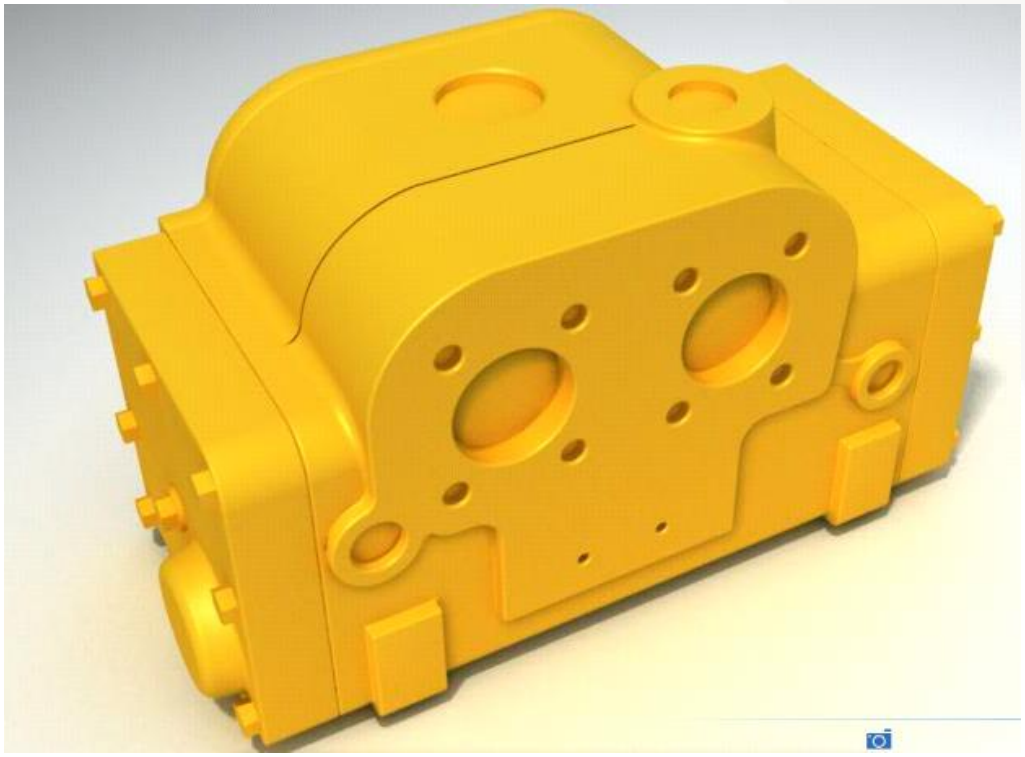


Figura 65

Figura 66

Vistas anterior y posterior de válvula amplificadora de flujo (Por gentileza de KomatsuCummins)

Figura 67

Amplificador de flujo conectado (Por gentileza de KomatsuCummins)
Operación del Sistema del Amplificador de Flujo Sin Dirección.

Consulte el Esquema 4-7 (Figura 68)
Consulte las siguientes Figuras 4-7 a 4-10 para los pasos de flujo de aceite durante las siguientes condiciones:
‰ Neutro
‰ Dirección a la Izquierda
‰ Dirección a la Derecha
‰ Carga de Impacto Externo

El aceite a alta presión desde la bomba de dirección y de los acumuladores de la dirección está disponible a través del múltiple de purga de la dirección hacia la lumbrera “HP” en el amplificador de flujo.

Al entrar a la válvula prioritaria, el aceite pasa más allá del carrete hacia la válvula amplificadora cerrada y también sale de la lumbrera “P” a través de una manguera hacia la lumbrera “P” en la unidad de control de la dirección. En la unidad de control de dirección, el aceite se dirige a un área cerrada en el control.

A medida que la presión aumenta en estas dos áreas, el aceite pasa a través de orificios en el extremo de la válvula prioritaria y acumula presión en el extremo de la válvula y en la lumbrera PP. Cuando la presión alcanza aproximadamente 3.500 kPa (500 psi), el carrete se mueve comprimiendo su resorte y cierra el suministro de aceite a

través del área "A" originando una alta presión en “PP”, pero sólo de 3.500 kPa (500 psi) en el carrete del amplificador y la unidad de control de la dirección.

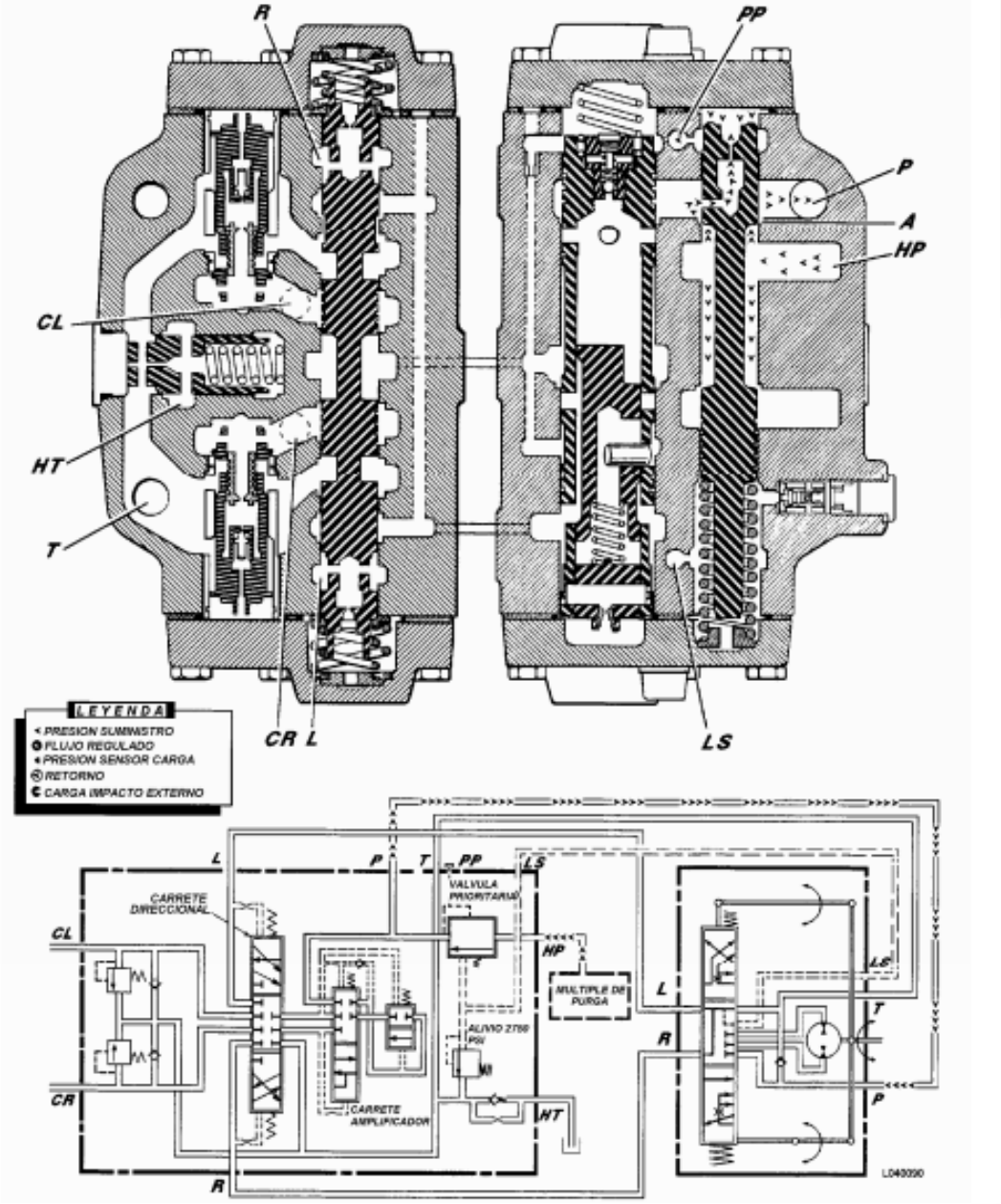


Figura 68

Esquema 4-7 (Figura 68) **Amplificador de flujo - sin dirección (Por gentileza de KomatsuCummins)**

Dirección Hacia la Izquierda

Cuando el operador gira el volante de la dirección hacia la izquierda, la unidad de control de la dirección se abre para permitir que el aceite que entre a la lumbrera “P” pase a la sección del ge rotor de la unidad de control para girar el rotor. El aceite en el otro lado del ge rotor fluye a través de otros pasos en la válvula de la unidad de control y hacia fuera de la lumbrera “L” de la unidad de control de la dirección. Este aceite

entra a la lumbrera “L” del amplificador de flujo y se dirige a un área cerrada “B” en la válvula direccional.

A medida que la presión aumenta en esta área, también ingresa al carrete a través del orificio “C” hacia el área del resorte en el extremo de la válvula direccional. La presión entonces mueve el carrete comprimiendo los resortes en el extremo opuesto. Este movimiento permite que el aceite ingrese al área “B” para pasar a través de la válvula direccional al área “D” de la válvula amplificadora a través de los orificios “E” de la camisa hacia un paso entre la camisa “E” y la válvula “F” a través del orificio “G” en la camisa “E”, donde inicialmente es bloqueado por el cuerpo de la válvula.

A medida que la presión se acumula en esta área, el aceite también fluye desde el área “D” alrededor de la parte externa de la camisa “E”, alrededor del pasador “H”, a través del orificio “J” para aumentar la presión en el extremo de la válvula amplificadora y abre el orificio “G” sólo lo suficiente como para permitir que el flujo de aceite proveniente de la unidad de control de la dirección pase al área de control de la válvula direccional.

Al mismo tiempo, el movimiento de la camisa “E” abre los orificios cercanos al extremo del resorte para permitir que el aceite proveniente de la válvula prioritaria fluya hacia el centro de la camisa “E”.

Este aceite ahora dentro de la camisa “E” empuja la válvula “F” contra su resorte para hacer que el aceite ingrese a una serie de orificios “K” que están en el mismo plano que el orificio “G”. El paso del aceite a través de los orificios “K”, pasado el cuerpo de la válvula, es medido por los orificios

“K” que se abren en la misma proporción que en el orificio “G”. El número de orificios “K” (7) en la camisa “E” determina la cantidad de aceite adicional que se agrega al aceite de la unidad de control de la dirección que pasa a través del orificio “G”.

Este aceite combinado que va al área central “Q” de la válvula direccional pasa por fuera de la lumbrera “CL” del amplificador de flujo y viaja hacia los cilindros de la dirección para direccionar las ruedas delanteras hacia la izquierda. A medida que los cilindros se mueven, el aceite es forzado a volver a los extremos opuestos, entra a la lumbrera “CR” del amplificador de flujo, pasa a través de la válvula direccional hacia el área “M”, pasa a través de la válvula de retención de retorno “N” y sale por la lumbrera “HT” hacia el receptáculo hidráulico.

En la unidad de control de la dirección, cuando el operador giró el volante de la dirección, también se entregó suministro de aceite desde la lumbrera “P” a través de la válvula de la unidad de control a la lumbrera “LS”. Este aceite entra al amplificador de flujo a través de su lumbrera“LS” y acumula presión en el área del resorte de la válvula prioritaria. Esta fuerza adicional en el extremo del resorte de la válvula prioritaria hace que el área “A” se abra y permite que el flujo y presión necesarios pasen a través de la válvula amplificadora para operar los cilindros de la dirección.

La válvula del amplificador de flujo incluye una válvula de alivio en el área del resorte de la válvula prioritaria que se utiliza para controlar la presión máxima de trabajo de la dirección a 19.000 kPa (2750 psi), aunque la presión del suministro a la lumbrera “HP” sea mayor. Cuando se obtienen 19.000 kPa (2750 psi), la válvula de alivio evita que la presión “LS” aumente, permitiendo con esto que la válvula prioritaria comprima el resorte lo suficiente como para cerrar el área “A” cuando hay 19.000 kPa (2750 psi).

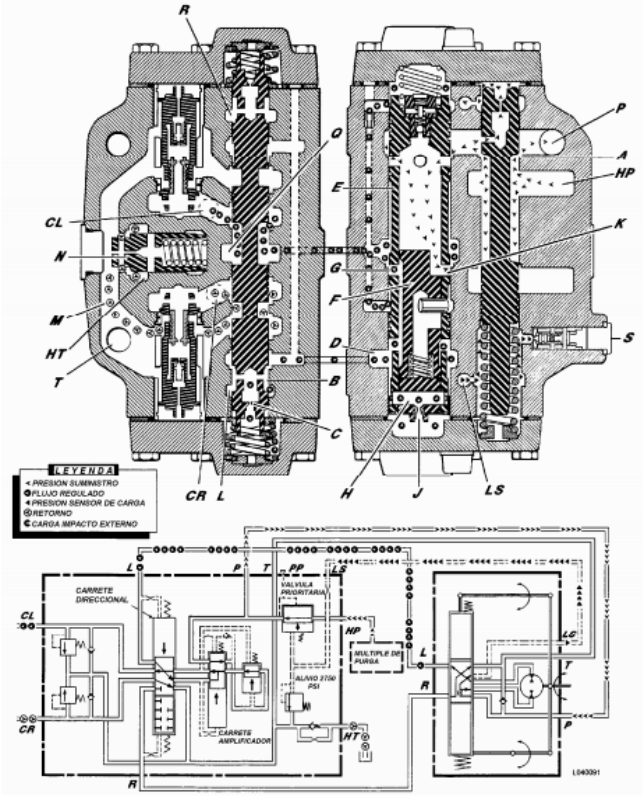


Figura 69

Esquema 4-8 Amplificador de flujo - dirección a la izquierda. Dirección Hacia la Derecha.

Sólo unas pocas diferencias se producen entre la dirección hacia la izquierda y la dirección hacia la derecha. Cuando el operador gira el volante de la dirección hacia la derecha, el aceite es suministrado hacia fuera por las lumbreras “R” y “LS” de la unidad de control de la dirección.

El aceite entra al conjunto del amplificador de flujo en la lumbrera “R” y cambia la válvula direccional hacia la dirección opuesta. El aceite fluye a través de la válvula amplificadora exactamente del mismo modo. El aceite combinado proveniente de la válvula amplificadora pasa a través del área central “Q” de la válvula direccional hacia la lumbrera “CR” donde se dirige hacia los extremos opuestos de los cilindros de la dirección para girar las ruedas hacia la derecha.

El aceite de retorno se devuelve a través de la lumbrera “CL” para ir hacia el estanque. El aceite en “LS” opera exactamente del mismo modo que en la dirección hacia la izquierda.

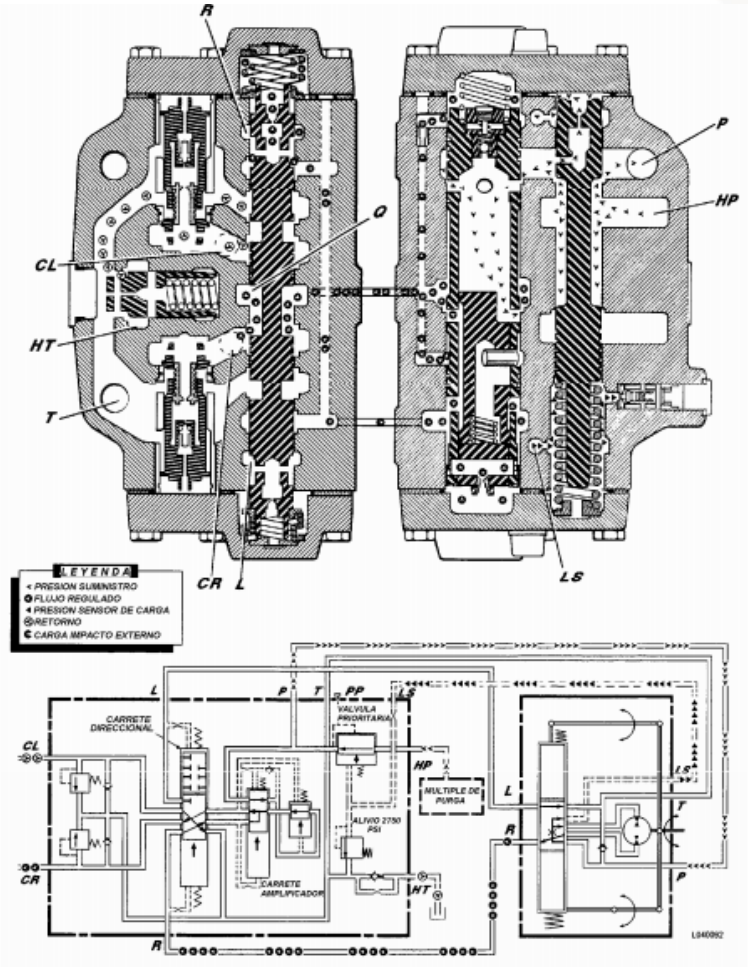


Figura 70

Figura 4-9. Amplificador de flujo – dirección a la derecha Sin Dirección, Carga de Impacto Externo.

Cuando el operador no está girando el volante de la dirección, el suministro de la válvula de la unidad de control de la dirección está cerrado. La válvula direccional permanece centrada por medio de sus resortes y con esto cierra los pasos a las lumbreras “CL” y “CR.” Esto crea un bloqueo hidráulico de los cilindros de la dirección para evitar que se muevan.

Si los neumáticos golpean una obstrucción que cause una carga de impacto grande que fuerce las ruedas hacia la izquierda, aumentará la presión en los extremos de los cilindros conectados a la lumbrera “CR”. La válvula de alivio de impacto y succión dentro del amplificador de flujo en la lumbrera “CR” se abrirá a su ajuste prefijado de 21.400 kPa (3100 psi) y permitirá que el aceite se escape desde los extremos presurizados de los cilindros para evitar una presión mayor.

A medida que a los cilindros se les permite moverse, los otros extremos tendrán menos presión atmosférica en la lumbrera “CL”. Esta baja presión permite que el aceite que está escapando a través de la válvula de alivio de la lumbrera “CR” fluya a través de la parte de la válvula de retención de la válvula de alivio de impacto y succión conectada a la lumbrera “CL”. El aceite fluye entonces hacia los extremos de baja presión de los cilindros para mantener los cilindros llenos de aceite y evitar la cavitación. Una carga de impacto en la dirección opuesta simplemente invierte el procedimiento anterior.

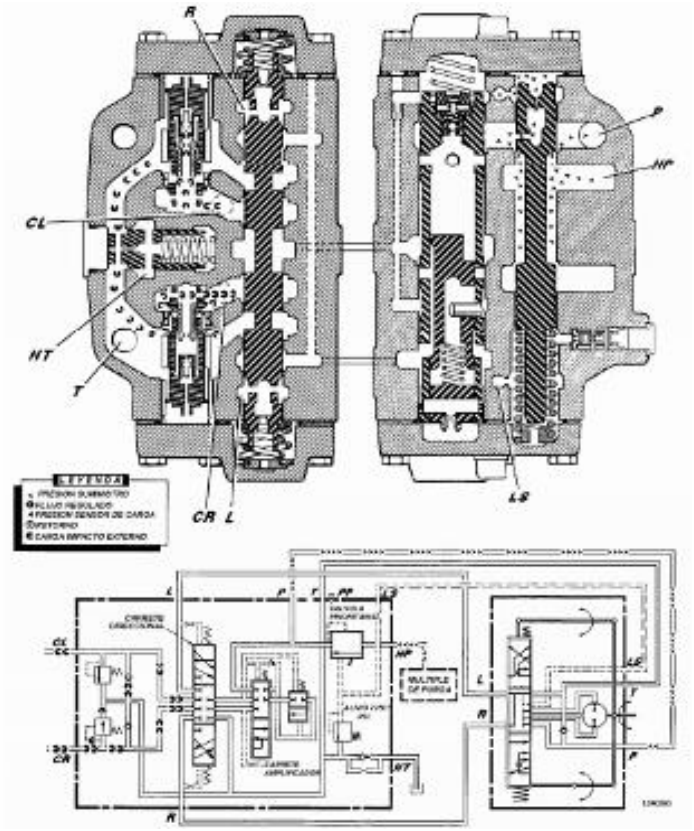


Figura 71

(Por gentileza de KomatsuCummins

Resumen de funcionamiento

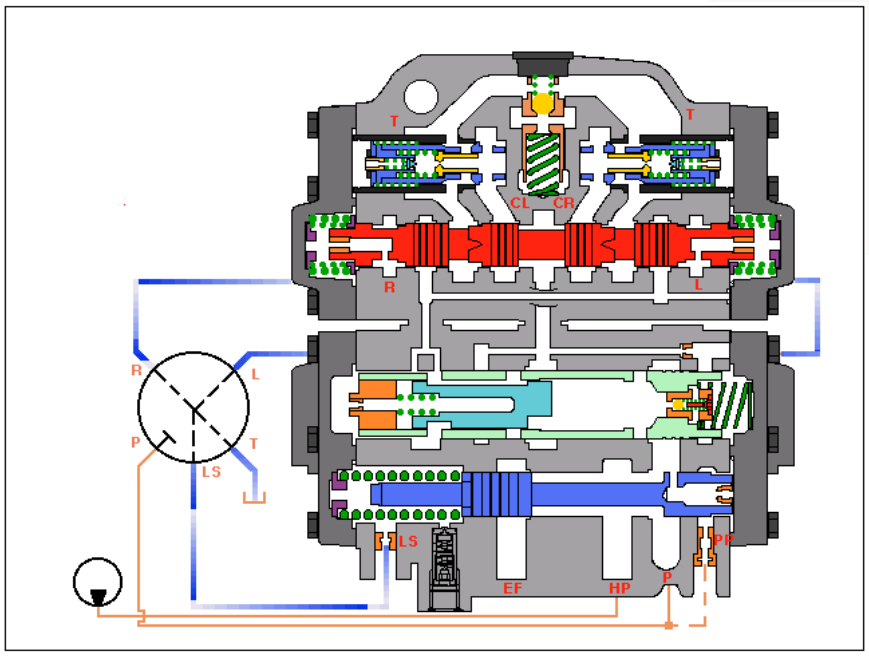
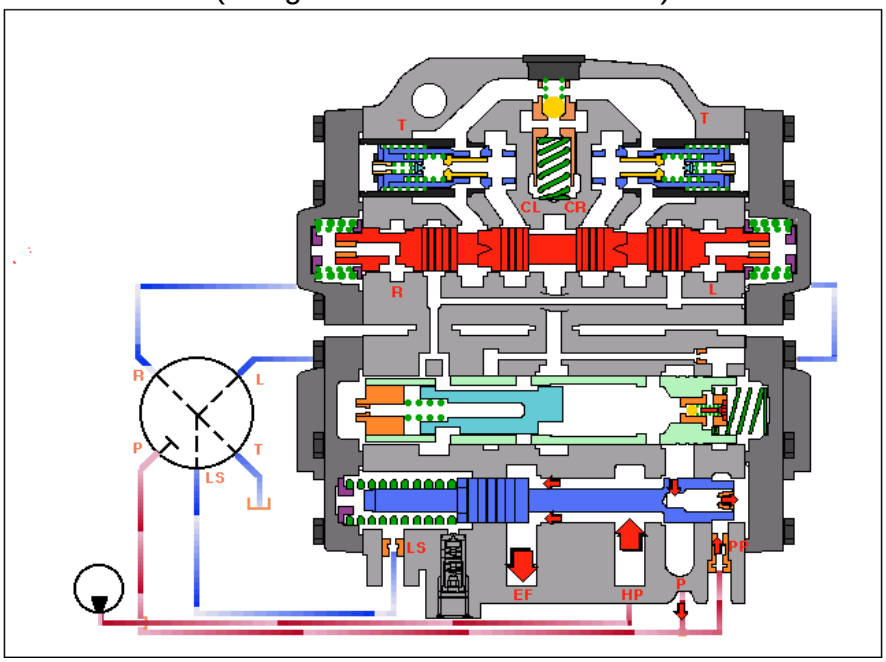


Figura 72

(Por gentileza de Sandvik Chile)



(Por gentileza de Sandvik Chile)

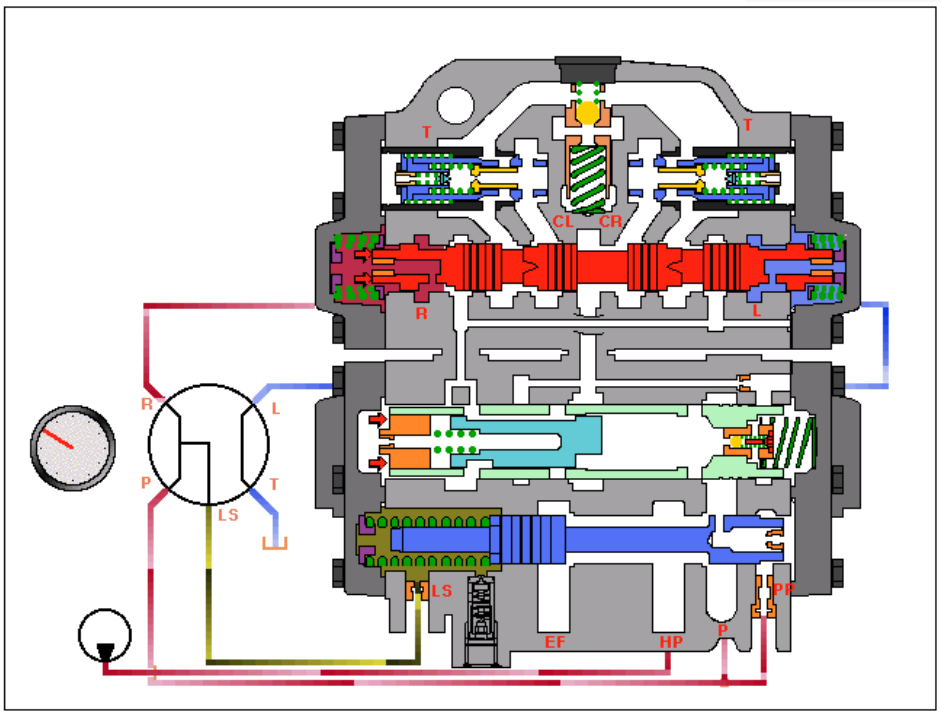


Figura 73

(Por gentileza de Sandvik Chile)

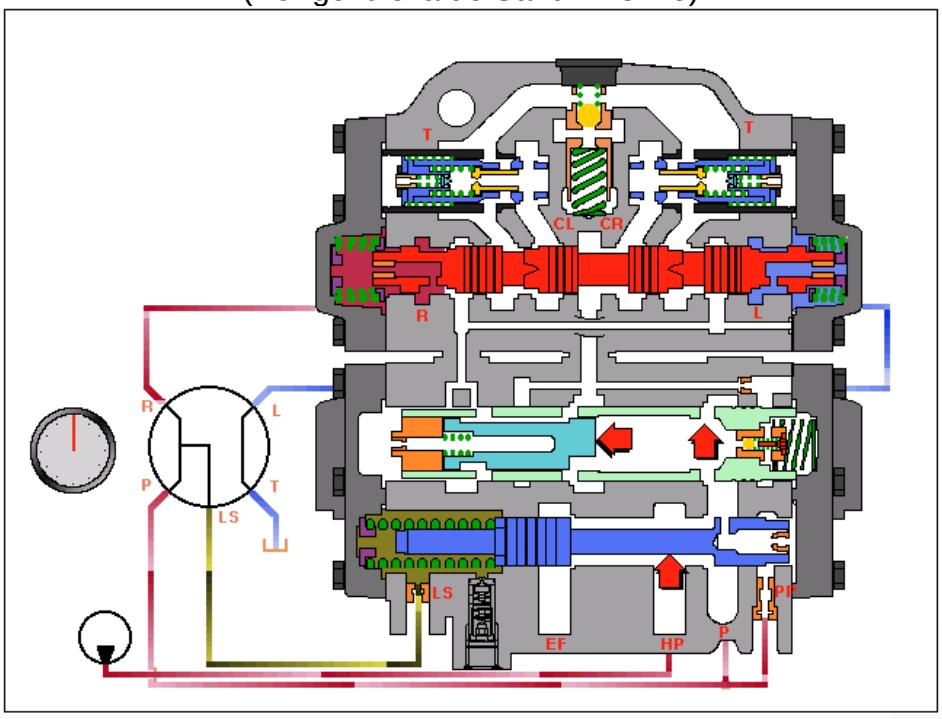


Figura 74

(Por gentileza de Sandvik Chile)

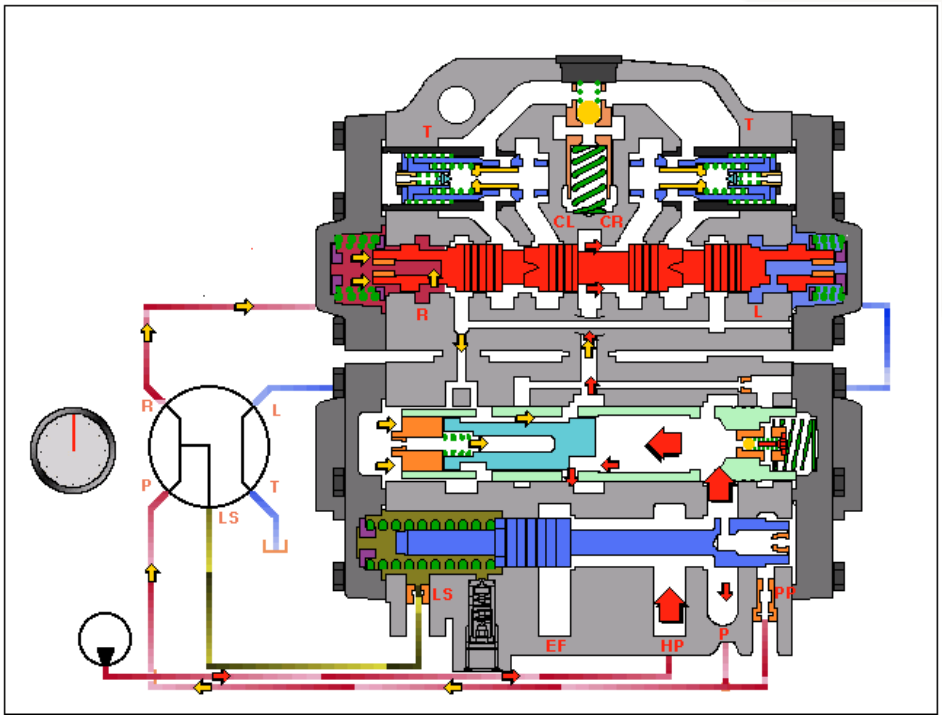


Figura 75

(Por gentileza de Sandvik Chile)

Bomba de la Dirección

La bomba de dirección/freno está montada en la parte trasera de la bomba del sistema de elevación. El eje de mando calza con un acoplamiento internamente 75asurado, dentro de la bomba de elevación, cuando la bomba está apernada en su lugar.

La bomba de la dirección es una bomba de tipo pistón compensado a presión con una válvula de descarga. El compensador de presión está ajustado a 22.900 kPa (3325 psi). La válvula de descarga montada en la bomba mantiene la presión del sistema entre 19.000 kPa (2750 psi) y 20.900 kPa (3025 psi).

El flujo de aceite proveniente de la bomba es dirigido a través de un filtro de alta presión y luego al múltiple de purga, donde el flujo es dirigido al circuito de la dirección (acumuladores, amplificador de flujo, etc.) y a los componentes del sistema de aplicación de freno ubicados en el gabinete de freno hidráulico, detrás de la cabina.

Operación Normal

El eje de mando (35, Figura 4-11) funciona a través de la línea central de la caja de la bomba (37) y la placa de la válvula (48). El barril del cilindro (45) es 75asurado hacia el eje de mando.

El rodamiento de bola (33) sujeta el extremo exterior del eje de mando y un rodamiento tipo buje (47) sujeta el extremo interior. El barril del cilindro de la bomba lo soporta un rodamiento (tipo muñón) polimeroso (41).

La placa de la válvula posee dos lumbreras con forma de media luna (entrada y salida). Los pistones de bombeo (44) en el barril del cilindro son sostenidos contra el bloque de sujeción (28) por un retén de zapata (17). El retén de zapata es sostenido en posición por la bola fulcro (40), la cual es forzada hacia fuera por los resortes del retén (13). Los resortes actúan contra el barril del cilindro de la bomba (45) forzándolo contra la placa de la válvula mientras también fuerzan las zapatas del pistón contra el bloque de sujeción.
El bloque de sujeción con forma semicilíndrica limita la carrera del pistón y puede girar en rodamientos de asiento con forma de arco (21). La base de montaje es girada por el pistón de control (14).

Operación en Altura
La bomba de dirección en los últimos modelos de camión incorpora un dispositivo de control de carrera ajustable (25, Figura 4-11). Si el camión está operando en lugares de alta altura de 3.050 metros (10.000 pies) o más sobre el nivel del mar, puede ser necesario ajustar la carrera de la bomba para reducir el flujo de aceite y eliminar los problemas de cavitación de la bomba.

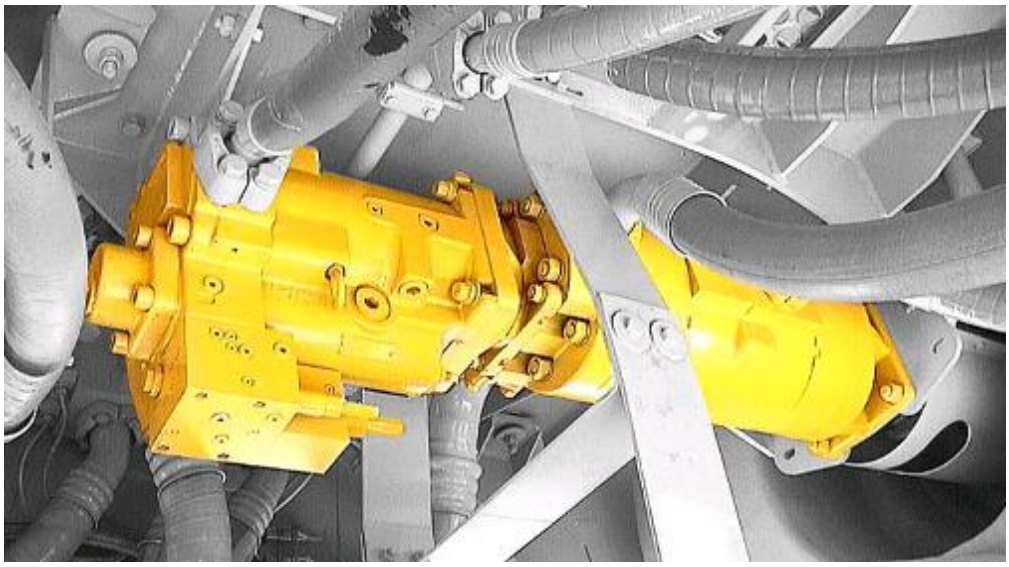


Figura 76

Vista inferior de bomba de dirección (Por gentileza de KomatsuCummins)

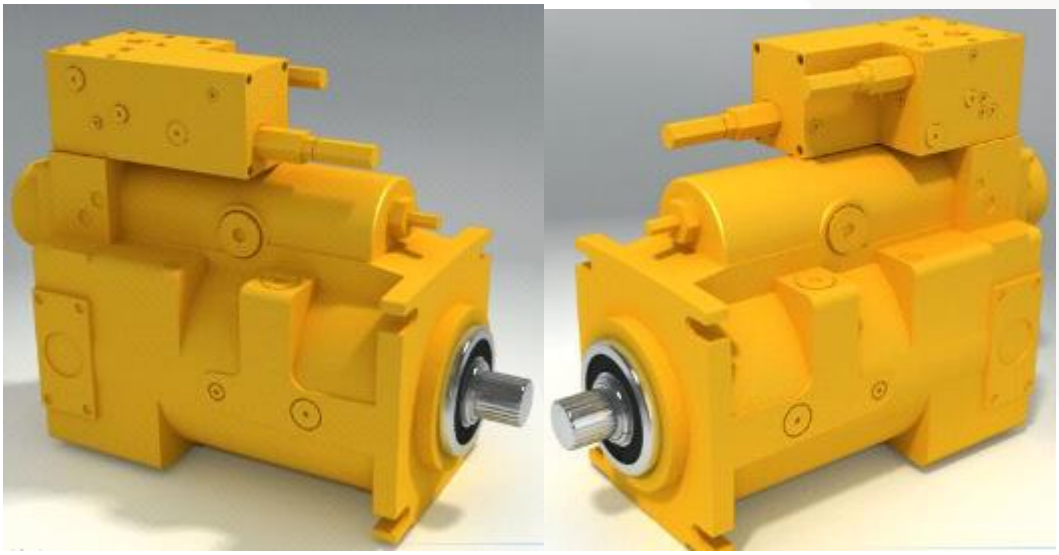


Figura 77

Vistas laterales de bomba de dirección (Por gentileza de KomatsuCummins)

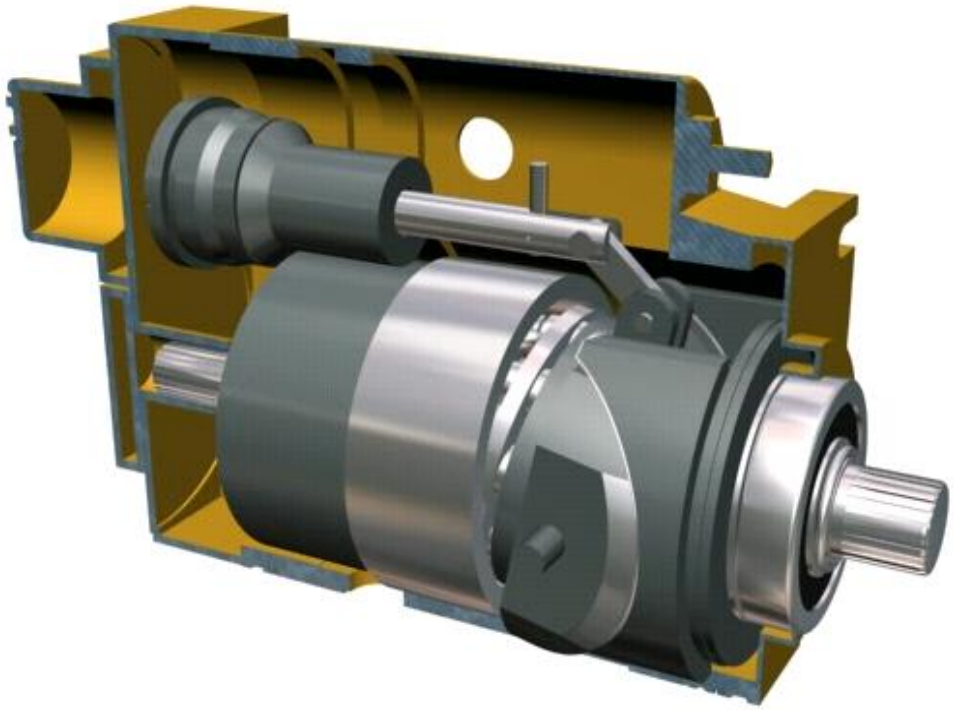


Figura 78

Vista interior de bomba de dirección (Por gentileza de KomatsuCummins)

1. Tapón
2. Anillo de Goma
3. Resorte
4. Anillo de Respaldo
5. Anillo de Goma
6. Anillo de Respaldo
7. Anillo de Goma
8. Anillo de Goma
9. Anillo de Goma
10. Anillo de Respaldo
11. Resorte
12. Camisa del Pistón de Control
13. Resorte
14. Pistón
15. Pasador
16. Pasador de Tope del Pistón de Control
17. Retén de Zapata
18. Pasador
19. Anillo de Retén
20. Golilla
21. Rodamiento de Soporte
22. Pasador Cilíndrico
23. Eslabón
24. Anillo de Goma
25. Ajustador de Carrera
26. Anillo de Retén
27. Pasador
28. Bloque de Sujeción
29. Pasador de Espiga
30. Soporte
31. Pasador Cilíndrico
32. Anillo Retén
33. Rodamiento
34. Anillo de Retén del Eje
35. Eje
36. Retén del Sello
37. Caja de la Bomba
38. Sello del Eje
39. Anillo de Goma
40. Bola Fulcro
41. Rodamiento del Cilindro
42. Anillo de Goma
43. Fitting de Codo
44. Conjunto Pistón/Zapata
45. Barril del Cilindro
46. Empaquetadura
47. Rodamiento
48. Placa de la Válvula
49. Perno
50. Anillo de Goma
51. Cubierta
52. Sello
53. Tapa

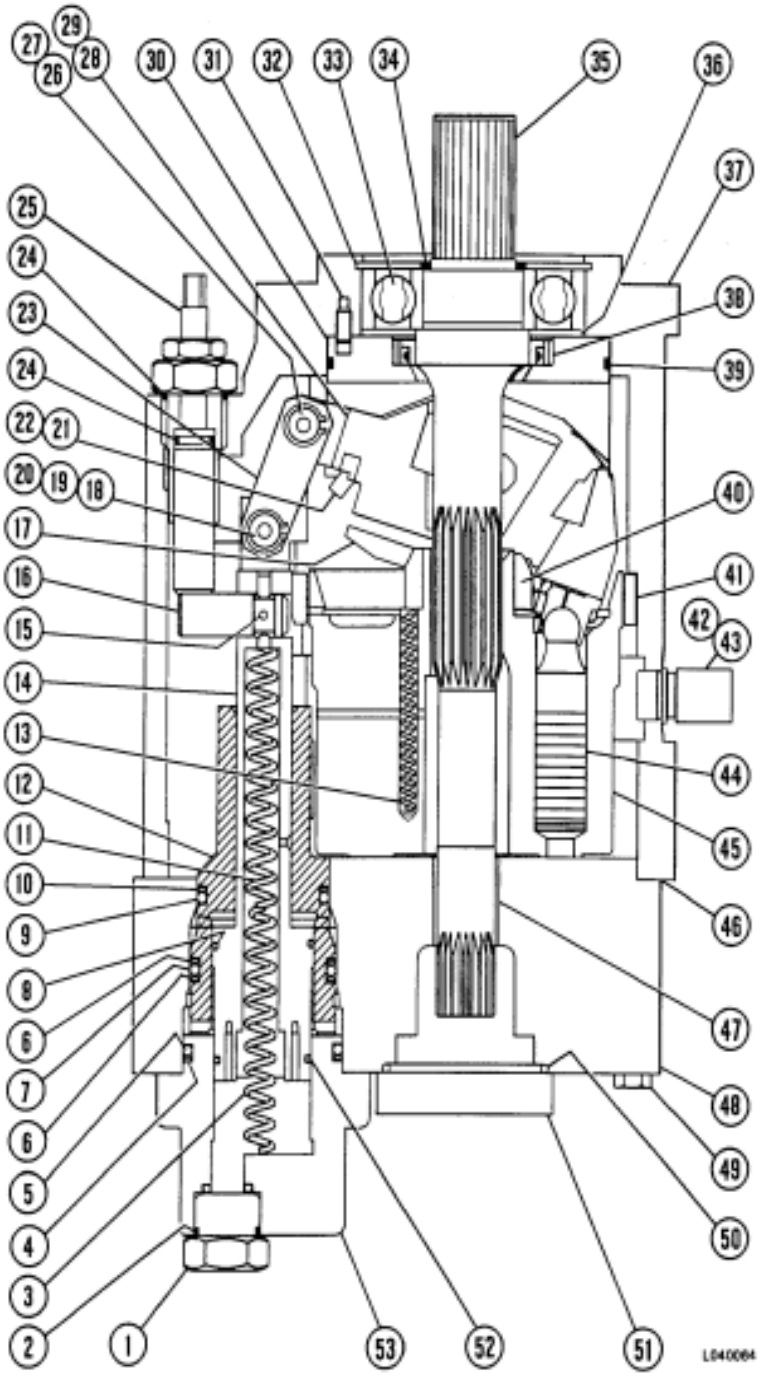


Figura 79

Principio de operación

Volumen Lleno de la Bomba

El pistón de control (1, Figura 200) controla el ángulo del bloque de sujeción (4). Cuando el pistón de control se mueve a la posición completamente a la derecha, la bomba está en su capacidad máxima de bombeo.

El eje de mando gira la caja ranurada (2) que contiene los pistones de bombeo (3). Cuando la caja gira, los pistones se mueven hacia dentro y hacia fuera de sus cavidades y las zapatas del pistón “viajan” contra el bloque de sujeción angulado.

A medida que el cilindro gira, se conectan las cavidades individuales del pistón alternadamente hacia las lumbreras de media luna izquierda (lumbrera “A”) y derecha (lumbrera “B”) en la placa de válvula. Mientras está conectada a la lumbrera “A” del costado izquierdo (succión), cada pistón se mueve hacia fuera, sacando fluido desde la lumbrera “A” a la cavidad del pistón hasta alcanzar su carrera más afuera. En ese punto, la cavidad del pistón pasa desde la lumbrera de media luna izquierda a la lumbrera de media luna derecha.

Mientras gira a través de la media luna derecha, cada pistón se mueve hacia abajo en la cara del bloque de sujeción angulado. Así, cada pistón es forzado hacia dentro.
Cada pistón desplaza fluido a través de la media luna derecha hacia la lumbrera “B”, hasta alcanzar su carrera de más adentro. En ese punto, la cavidad del pistón pasa nuevamente desde la media luna derecha a la izquierda y se repite el ciclo de la operación.

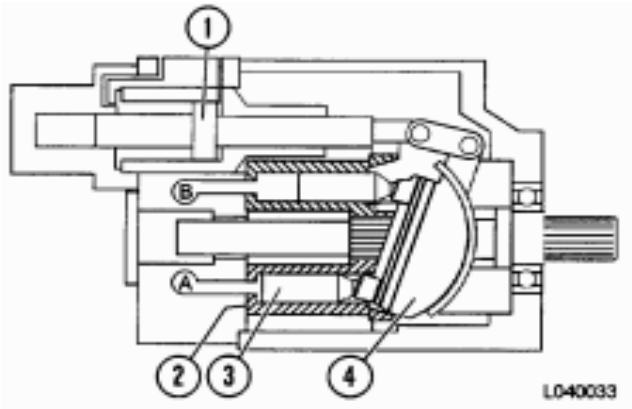


FIGURA 4-12. BOMBA A VOLUMEN LLENO

Figura 80

(Por gentileza de KomatsuCummins)

Volumen Medio de la Bomba

El Esquema 4-13 (Figura 81) muestra que la posición del pistón de control (1) está cerca del centro de su carrera. El bloque de sujeción (4) no está en un ángulo tan

inclinado como antes, y por lo tanto, la carrera de los pistones es más corta. A medida que se acorta la carrera del pistón, también disminuye la salida de la bomba.

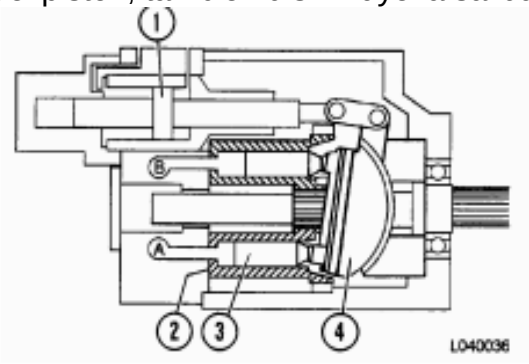


FIGURA 4-13. BOMBA A VOLUMEN MEDIO

Figura 81

(Por gentileza de KomatsuCummins)

Posición Neutra

La posición neutra (Figura 82) resulta cuando el pistón de control (1) centra el bloque de sujeción (4). El ángulo del bloque de sujeción ahora es cero y su cara está paralela a la cara del cilindro. Por lo tanto, no hay movimiento ni hacia dentro ni hacia fuera de los pistones de la bomba, a medida que las zapatas del pistón giran alrededor de la cara del bloque de sujeción. La falta de movimiento hacia dentro y hacia fuera hace que no haya desplazamiento de fluido desde las cavidades del pistón a las medias lunas en la placa de válvula y, por lo tanto, no hay entrega desde las lumbreras de la bomba.

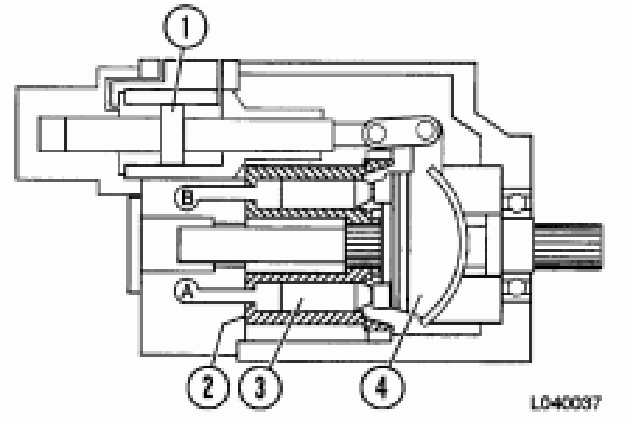


FIGURA 4-14. BOMBA EN POSICION NEUTRO

Figura 82

(Por gentileza de KomatsuCummins)

Bomba de la Dirección

El Esquema 4-15 (Figura 83) muestra la bomba de dirección y la ubicación de los ajustes de control de presión y el ajustador de carrera (flujo).

El ajustador de carrera (3, Figura 4-15) viene ajustado de fábrica para proporcionar un flujo máximo de la bomba y normalmente no requiere de ajuste. Si el camión se opera en lugares de alta altura, de 3.050 metros (10.000 pies) o más sobre el nivel del mar, es posible que sea necesario volver a ajustar el control de la carrera para reducir el flujo de la bomba y evitar la cavitación de la bomba bajo ciertas condiciones. Si el camión está operando en altura y tiene problemas, consulte a su representante de servicio Komatsu para los procedimientos de ajuste.

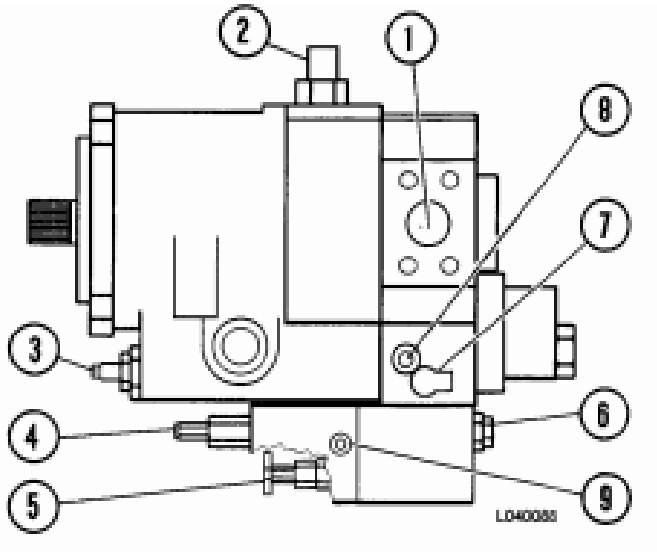


FIGURA 4-15. CONJUNTO DE LA BOMBA

Figura 83

La Figura 4-16 (Figura 83) muestra el diagrama de la bomba y las válvulas de control de presión. (Por gentileza de KomatsuCummins)

1. Lumbrera de Salida
2. Drenaje de la Caja
3. Ajustador de Carrera
4. Ajustador de Presión de la Válvula de Descarga
5. Ajustador de Presión del Compensador
6. Válvula de 4 Vías
7. Lumbrera de Prueba GPA
8. Lumbrera de Prueba GP2
9. Lumbrera “ACC”

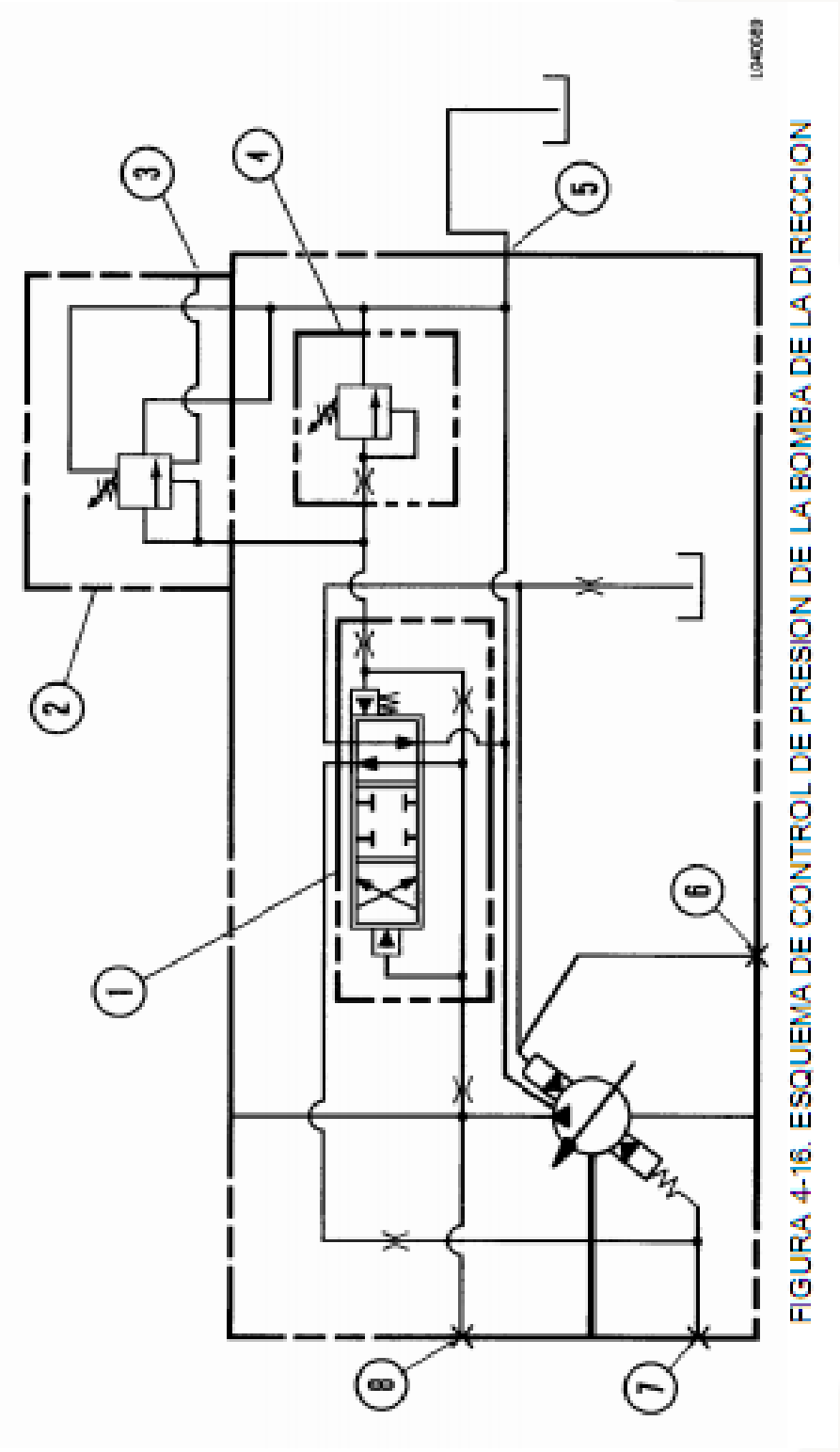


Figura 84

(Por gentileza de KomatsuCummins)

Sistema de Dirección Equipo Subterráneo

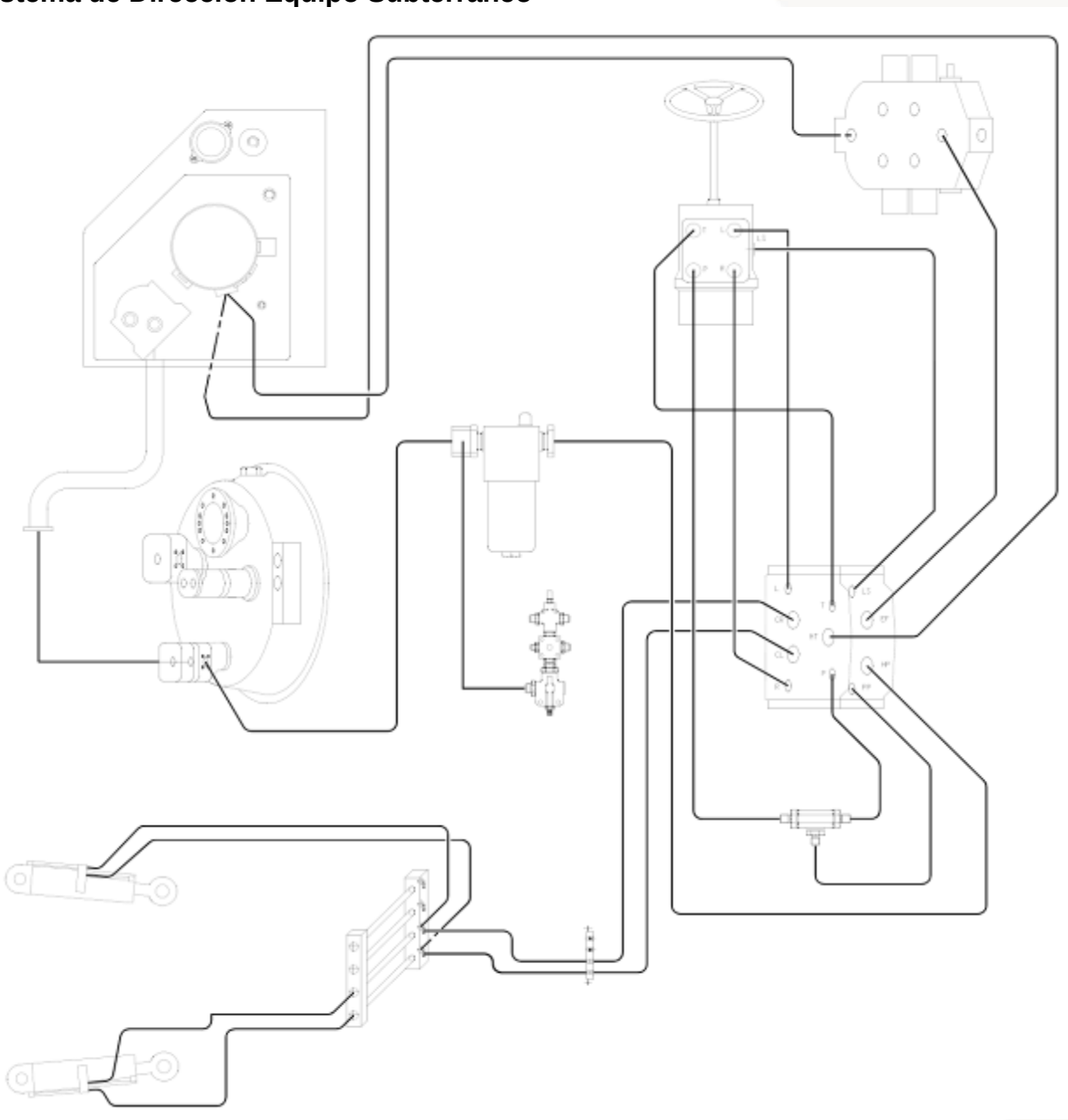


Figura 85

(Por gentileza de Sandvik Chile)

Sistema de frenos

Figura 86

Componentes del circuito de frenos
(Por gentileza de KomatsuCummins)

2.1 Fundamento físico del frenado

Un "freno" es un dispositivo utilizado para detener o disminuir la velocidad (física)/ (movimiento) de algún cuerpo, generalmente, un eje, eje de transmisión o tambor. Los frenos son transformadores de energía, por lo cual pueden ser entendidos como una máquina, ya que transforman la energía cinética de un cuerpo en calor o trabajo y en este sentido pueden visualizarse como “extractores” de energía. A pesar de que los frenos son también máquinas, generalmente se les encuentra en la literatura del diseño

como un elemento de máquina y en literaturas de teoría de control pueden encontrarse como actuadores.

El freno es un mecanismo que transforma la energía cinética en calor a través del trabajo de las fuerzas de fricción del patín del freno sobre el disco. El calor producido es exactamente igual a la cantidad de energía cinética que se pierde por el frenado. La energía cinética perdida en forma de calor se disipa y no regresa al vehículo. Si es necesario nuevamente aumentar la velocidad, es decir su energía cinética, se deberá recurrir a la energía química del combustible, que por combustión se transformará en calor que dentro del motor se transformará, a su vez, en energía mecánica de movimiento que se transmitirá a las ruedas para aumentar su energía cinética y por lo tanto aumentar la velocidad.

Figura 87

Principio de frenado

Fricción

Fricción es la energía que resiste el movimiento entre dos objetos que se encuentran en contacto.

La fricción evita que uno de los objetos deslice sobre el otro. Sin fricción, no podríamos detener un vehículo. La necesitamos entre las balatas y tambores del freno, las pastillas del disco y rotores, y entre los neumáticos y el camino.

Características de la fricción

La fuerza de la fricción varía con la cantidad del peso que se aplica a la superficie que se desliza, la suavidad de las superficies, y los materiales con que están fabricados. Una caja de madera con un contenido que pese 22,68 kg. necesitará 11,34 kilos de fuerza para ser arrastrada por el piso, mientras que la misma caja con un contenido de 4,536 Kg. necesitará sólo 2,27 kilos de fuerza. Si el piso ha sido encerado y la base de la caja pulida, el trabajo será realizado con menos fuerza (ver Figura 208).

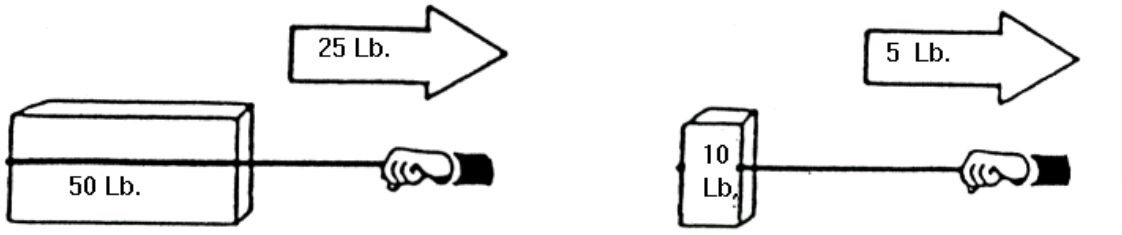


Figura 88

La fricción varía con la carga utilizada entre las superficies que se deslizan.

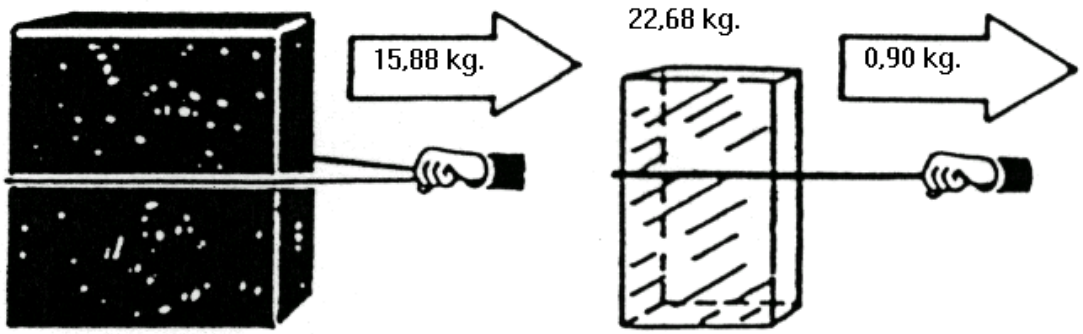


Figura 89

La fricción varía con el tipo de material

Superficie de concreto

Los materiales tienen gran efecto en fricción. Para arrastrar un bloque de caucho de 22,68 Kg. sobre un piso de concreto, se necesitará ejercer 15,88 kilos de fuerza. Ahora, intente con un bloque de hielo 22,68 Kg.; sólo necesitará 0.90 kilos de fuerza para realizar el trabajo (Figura 89).

Coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción es la proporción que define la cantidad de resistencia al movimiento entre dos superficies. Por ejemplo, si se arrastra madera por una superficie de fierro forjado tendrá un valor elevado de fricción - quizás 45,36 kilos de esfuerzo para mover un bloque de madera de 90,72 Kg. Para calcular el coeficiente de fricción, divida la fuerza por el peso (45,36 dividido por 90,72). Esto le dará como resultado 0,5 (ver Dibujo4). Al utilizar el mismo peso en bronce, se obtendrá un menor coeficiente de proporción de fricción.

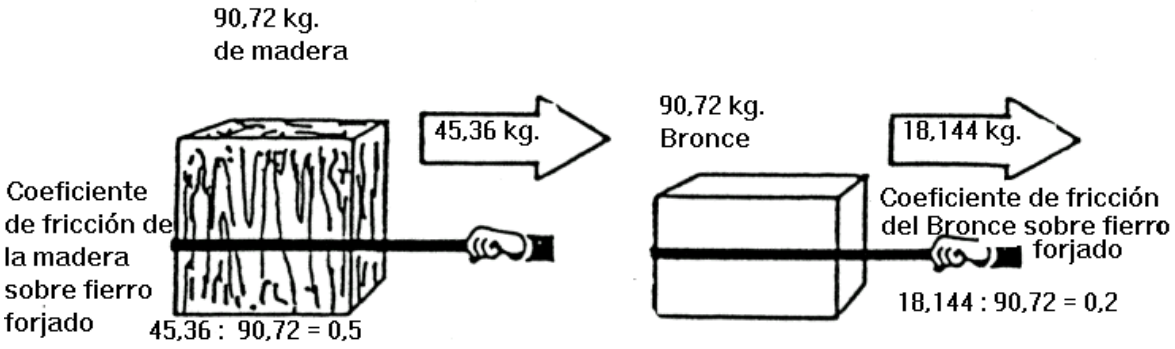


Figura 90

45,36 ÷ 90,72 = 0,5 **18,144 ÷ 90,72 = 0,2**

El coeficiente de fricción es la proporción de la fuerza requerida para mover un objeto dividida por el peso del objeto.

Fricción en los frenos

Por ejemplo la fricción entre las balatas y tambores del freno, o los cojines amortiguadores y rotores disminuye la rotación de las ruedas. Esto aumenta la fricción entre los neumáticos y de la superficie del camino, reduciendo la velocidad del vehículo. El método más eficiente de detención es el pisar los frenos lo suficientemente fuerte para obtener la fricción máxima entre los neumáticos y el pavimento. Esto ocurre justo antes del bloqueo de la rueda.

Capacidad de frenado de un vehículo

La capacidad de un vehículo para detenerse depende de tres factores: su peso, su velocidad y las condiciones de los neumáticos y camino.

Peso
Para hacer que un vehículo en movimiento se detenga, su energía de movimiento debe ser vencida por el sistema de frenos. Mientras mayor sea el peso del vehículo, mayor será la energía de movimiento. Si se dobla el peso de un vehículo, la energía de movimiento, la que se debe transformar en energía de calor, también se dobla. Los frenos diseñados para controlar vehículos con un peso total de 2.040 Kg. (4.500 Lb), por ejemplo, no puede absorber y disipar adecuadamente la cantidad de calor producida si el mismo vehículo se sobrecarga a un peso total de 4.080 Kg. (9.000 Lb.).

Velocidad del vehículo
Cuando se utilizan los frenos, la velocidad del vehículo disminuye a medida que la energía se convierte en energía de calor y el vehículo finalmente se detiene. La influencia de la velocidad en la capacidad de frenar es aún mayor que la del peso. Cuando se duplica la velocidad de un vehículo, la energía de movimiento se cuadruplica. Como resultado, con el doble de velocidad, los frenos deben absorber y disipar cuatro veces más de cantidad de calor. Si además se duplica el peso, los frenos deben utilizar ocho veces más cantidad de calor.

Neumáticos y camino
El contacto de los neumáticos y el camino se presenta como fricción de rodaje, y es esta fricción la que en realidad detiene al vehículo. Si los frenos superan la fricción de rodaje y traban la rueda del vehículo, el calor se debe producir por la pequeña área de patinaje del neumático. El diámetro del neumático es también un factor que influye, ya que se reduce la fuerza de los frenos y rueda al aumentar el radio de rodaje. Al momento de ser todas las demás cosas iguales, mientras mayor sea el radio de rodaje del neumático, más difícil será detener el vehículo.

Es muy importante entender que la eficiencia de un sistema de frenos está determinada por su capacidad de extraer energía calórica, mientras no sea excedida esa capacidad, podemos decir que el sistema es operado dentro de sus límites de diseño, en el caso contrario debido a las altas temperaturas se pueden generar cambios en la estructura de la superficie (coeficiente de fricción). Cristalizando las superficies, disminuirá considerablemente la fuerza de fricción y con ello la capacidad de transformar energía cinética en calor, condición muy peligrosa que en muchos casos termina con equipos sin control de frenado.

Mientras mayor sea el peso del equipo, mayor será la energía que tendrá que transformar en calor, por tal motivo sí se requiere disminuir la velocidad.

Se recomienda en equipos con tren de potencia mecánico programar la marcha (enganchar), según el porcentaje de la pendiente por donde circulara el equipo y su peso, cuando esto ocurre de manera adecuada, gran parte de la energía cinética del equipo será transformada en calor, a través de la potencia de fricción generada en el motor diésel y disipada de manera eficiente por su sistema de refrigeración.

En el caso de los equipos con tren de potencia eléctrico, sus motores de tracción pasarán de modo propulsión a modo generación, y la energía será transformada en calor en las resistencias llamadas parrillas de retardo.

Frenos de fricción

Los frenos de fricción están diseñados para actuar mediante fuerzas de fricción, siendo este el medio por el cual se transforma en calor la energía cinética del cuerpo a desacelerar. Siempre constan de un cuerpo fijo sobre el cual se presiona un cuerpo a desacelerar. Son muy utilizados en los vehículos.

- **Frenos de cinta o de banda:** utilizan una banda flexible, las mordazas o zapatas se aplican para ejercer tensión sobre un cilindro o *tambor giratorio* que se encuentra solidario al eje que se pretenda controlar. La banda al ejercer presión, ejerce la fricción con la cual se disipa en calor la energía cinética del cuerpo a regular.

- **Freno de disco:** un freno de disco es un dispositivo cuya función es detener o reducir la velocidad de rotación de una rueda. Hecho normalmente de acero, está unido a la rueda o al eje.

- **Freno de tambor:** el freno de tambor es un tipo de freno en el que la fricción se causa por un par de zapatas o pastillas que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o la rueda.

- **Freno de estacionamiento:** utilizado para mantener el vehículo en completa inmovilidad sin que se esté haciendo la fuerza en el pedal de freno, este dispositivo se encuentra a lado del asiento del conductor.

- **Freno Húmedo:** este sistema de frenos es muy eficiente debido a su gran capacidad de extraer energía calórica, el freno húmedo se caracteriza por ser refrigerado por aceite el cual fluirá entre discos y platos, los conjuntos de discos y platos formarán un paquete de frenos, normalmente los frenos húmedos son accionados hidráulicamente.

Según el tipo de accionamiento

- Freno neumático
- Frenos mecánicos
- Frenos hidráulicos
- Freno eléctrico: hay dos tipos, el freno regenerativo y el freno reostático. Cuando utiliza los sistemas de tracción eléctrica se denomina freno dinámico.

2.2 Sistemas de frenos húmedos y secos

Conjunto de freno de disco húmedo

Los conjuntos de disco de freno húmedo, enfriados por aceite, montados en las ruedas delanteras y traseras son similares en diseño. Los frenos de las ruedas traseras difieren de las delanteras sólo en su disposición de montaje. El conjunto del freno trasero requiere un cubo adaptador (Figura 5-1) para el montaje en el cubo de la rueda del motor de rueda.
Cada conjunto de freno de disco consta de los siguientes componentes básicos:

- Discos de fricción
- Placas separadoras
- Discos amortiguadores
- Conjunto del pistón
- Engranaje de corona estacionario
- Engranaje interior rotatorio
- Conjunto de sello de aceite anillo flotante

Operación

El engranaje de corona (4, Figura 91) está dividido internamente para retener los amortiguadores (8) y las placas separadoras (12). Las placas separadoras están colocadas en forma alternada entre los discos de fricción (7), que son ranurados hacia el engranaje interior (6). El engranaje interior está montado directamente sobre el cubo de la rueda, en los frenos de la rueda delantera. En la parte posterior, el engranaje interior requiere de un cubo adaptador el cual está montado en el cubo de la rueda del motor de rueda.

El costado interno del conjunto contiene el pistón (9), el cual es activado por medio de presión hidráulica proporcionada por las válvulas de relé doble (controladas por la válvula de freno). A medida que se aplica la presión hidráulica, se mueve el pistón para comprimir los discos de fricción de rotación contra los discos de acero estacionarios. Las fuerzas de fricción generadas resisten la rotación de las ruedas. A medida que aumenta la presión hidráulica, las fuerzas de fricción aumentan y la rotación disminuye hasta que se alcanza la fuerza máxima y se detiene la rueda.

El paquete completo de discos de freno es enfriado por medio de aceite hidráulico. El circuito de enfriamiento de baja presión está completamente aislado del circuito de aplicación del pistón a alta presión. El aceite de enfriado fluye desde el estanque hidráulico a la bomba de elevación, a través de los filtros de alta presión del circuito de elevación, a través de la válvula de elevación y dentro de las cajas de los frenos. Un circuito paralelo proveniente desde la salida de la válvula de elevación está conectado con las válvulas de alivio del estanque hidráulico, el cual limita la presión del circuito de enfriado de freno a 35 psi (241 kPa). El aceite dirigido a los frenos delanteros pasa a través del enfriador de aceite antes de entrar a las cajas del freno delantero. Además, el aceite de enfriado del freno proporciona la lubricación a los rodamientos de la rueda delantera. El aceite que sale de las cajas de los frenos vuelve al estanque hidráulico.

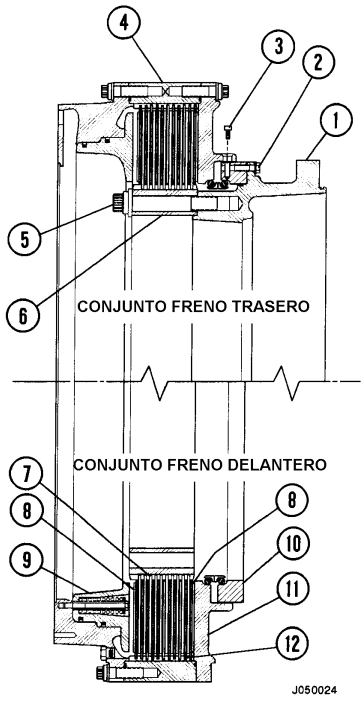


Figura 91

Conjunto de freno de disco húmedo

Perno y golilla de seguridad

1. Prisionero de Cabeza Hueca (Temporal)
2. Engranaje de Corona
3. Perno y Golilla Endurecida
4. Engranaje Interno Disco de Ficción
5. Amortiguador
6. Conjunto del Pistón
7. Porta sello
8. Placa Posterior

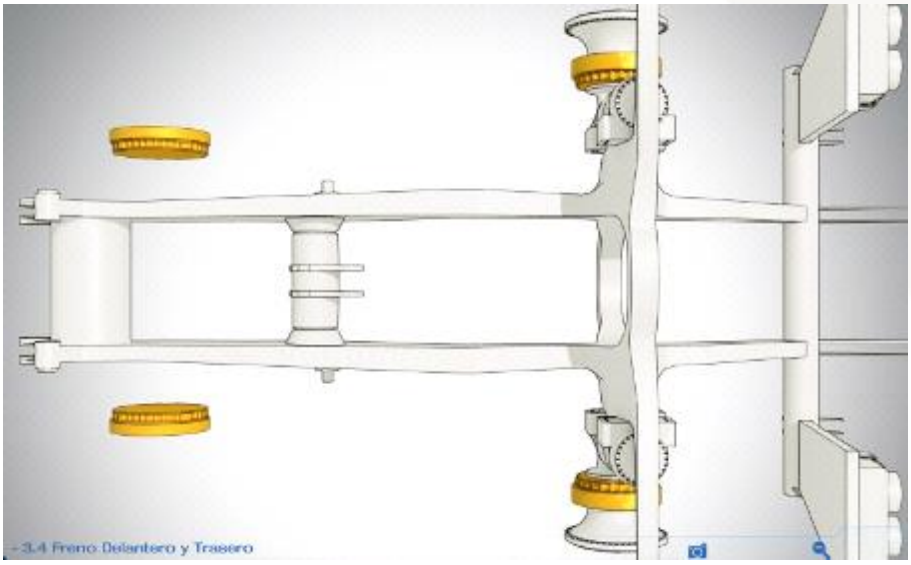


Figura 92

Distribución de frenos húmedos en la estructura del equipo
(Por gentileza de KomatsuCummins)

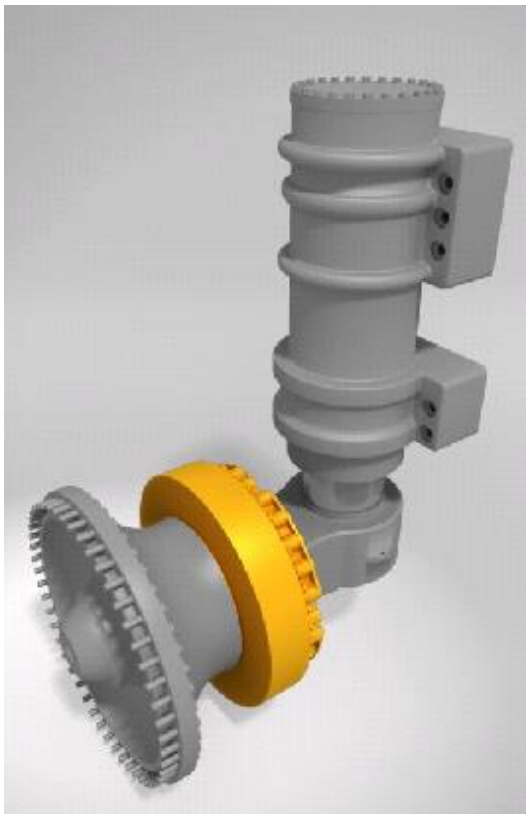


Figura 93

Frenos húmedos delanteros
(Por gentileza de KomatsuCummins)

Frenos del tipo seco

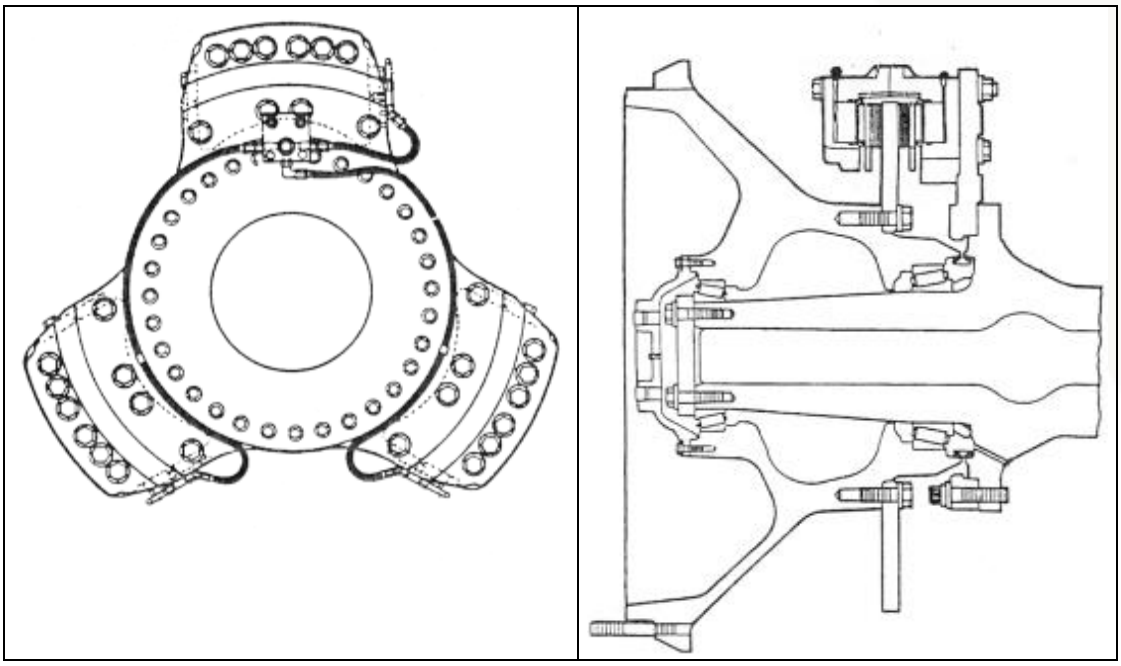


Figura 94

(Por gentileza de KomatsuCummins)

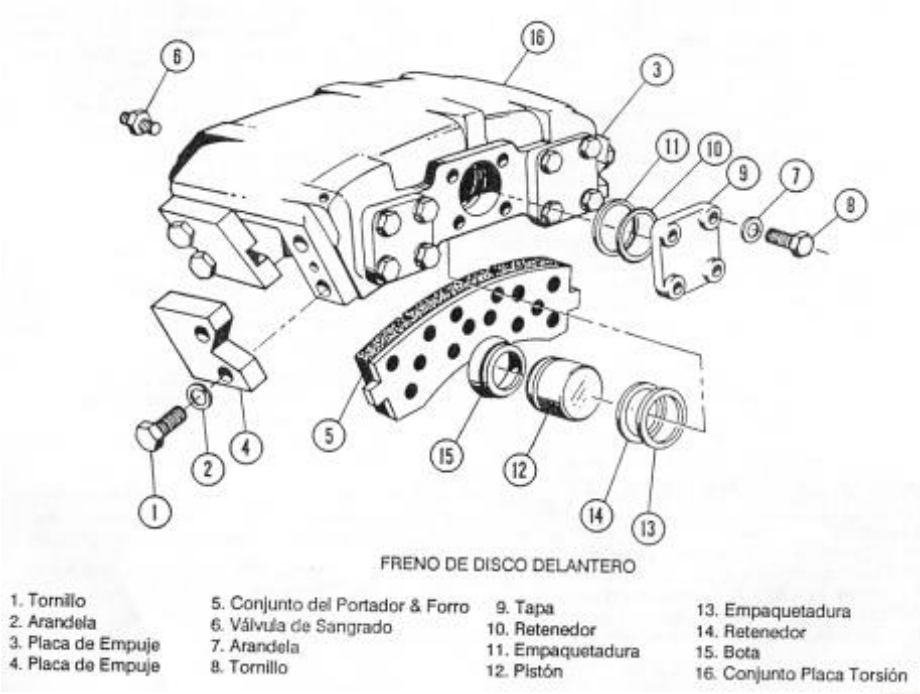
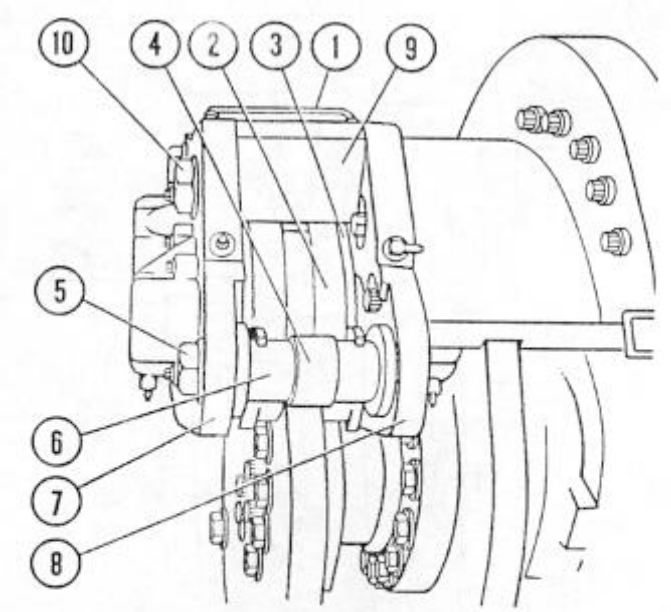


Figura 95

(Por gentileza de KomatsuCummins)

Los conjuntos de los frenos delanteros giran a la misma velocidad que los motores de rueda, tienen tres caliper de frenos en cada conjunto de la rueda. Cada una de los caliper de freno contiene seis pistones. La presión del aceite empuja los pistones

contra los conjuntos del portador y de los revestimientos, lo que hace que la fuerza se transmita contra los discos de los frenos causando una acción de frenar. La reacción al esfuerzo de los frenos se suministra por medio de las placas de empuje, las que también retienen a los conjuntos del portador y los revestimientos, cuando se alivia la presión de los frenos.



REEMPLAZO DEL FORRO

1. Tubos de Cruce
2. Forros del Freno
3. Portador del Forro
4. Hombro Indicad. Desgaste
5. Tornillos & Arand. Planas
6. Espaciad. Red. (dos)
7. Placa de Torsión
8. Placa de Torsión
9. Bloque Espaciador
10. Tornillo

Figura 96

Frenos de discos traseros
(Por gentileza de KomatsuCummins)

El conjunto del freno de la rueda trasera es el tipo de disco doble. Cada disco tiene un caliper con una placa de torsión por cada caliper. Cada uno de las cuatro placas de torsión contiene un par de pistones. El conjunto del freno es accionado por el aceite que entra en las placas de torsión. La presión se aplica a los pistones a través de pasajes internos. Los pistones empujan los conjuntos del portador y los revestimientos contra el conjunto del disco para aplicar el esfuerzo del frenado. La holgura del revestimiento se establece, después de la primera aplicación de los frenos por las piezas auto ajustable en los conjuntos del pistón y la carcasa. Los componentes del ajustador dentro de los conjuntos de la carcasa están diseñados para mantener una holgura constante a través de la vida de los revestimientos.

Frenos posi-stop

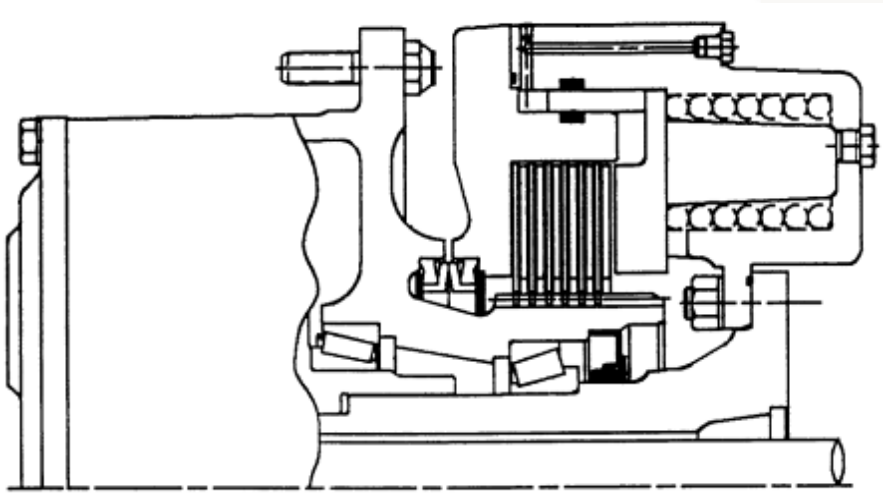


Figura 97

(Por gentileza de Sandvik Chile)

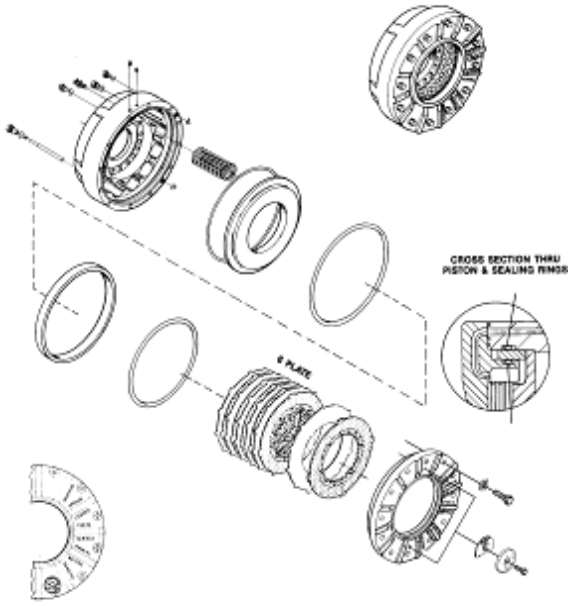


Figura 98

(Por gentileza de Sandvik Chile)

Este tipo de freno se caracteriza por:

- Múltiples discos de tipo húmedo, refrigerado por líquido de frenos
- Los frenos se accionan mediante un conjunto de resortes que ejercen fuerza sobre un pistón
- Liberación hidráulica: el sistema utiliza el sistema hidráulico de la máquina para soltar los frenos
- Los frenos son normalmente aplicados y necesitan la máquina funcionando para ser operado para liberar los frenos.
- Un freno de resortes en cada extremo de la rueda
- No hay necesidad de un freno de estacionamiento adicional para mantener la máquina en posición estacionaria al aparcar.
- Los frenos Posi-Stop se utilizan tanto para el frenado de servicio como de estacionamiento.

Son sistemas de freno refrigerados por líquido, simples y confiables, aumentan el poder de frenado y reducen las temperaturas al distribuir el esfuerzo de frenado en un alto porcentaje de la superficie del eje. De hecho, los frenos Posi-Stop™ a prueba de fallas, usados predominantemente en vehículos de minería que operan en rampas, son mundialmente conocidos por su alta integridad y su rendimiento altamente confiable debido a los frenos de activación por resorte y desactivación hidráulica (SAHR).

Figura 99

Frenos Posi-stop instalados en un diferencial Dana en una pala subterranea
(Por gentileza de Sandvik Chile)

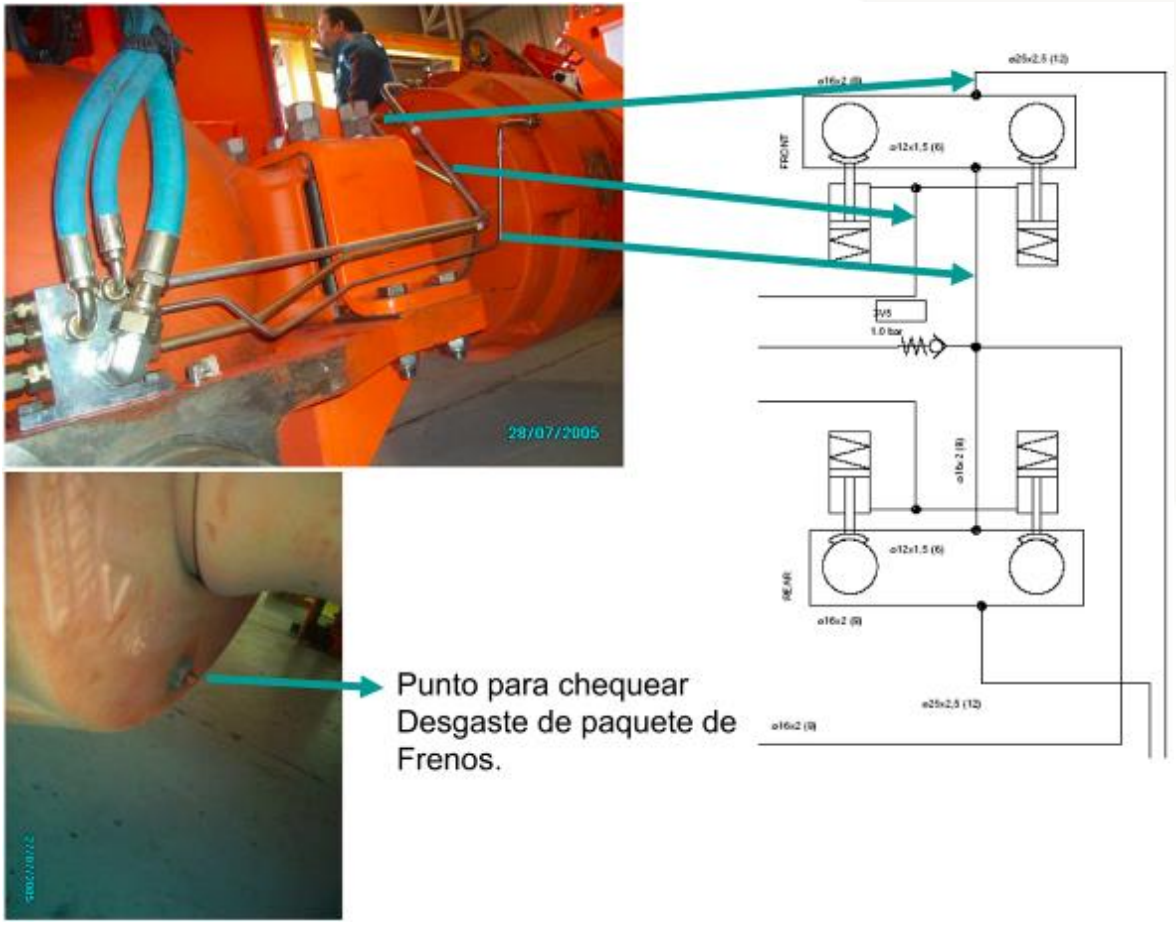


Figura 100

En la Figua 100 se puede observar la ubicación de las lineas de aplicación del freno, como las de refrigeración, observe que justo en el centro se encuentra una valvula limitadora de presión de refrigeración regulada a 1 bar.

En la parte inferior, se puede observar un punto especifico para el chequeo del desgaste de frenos.

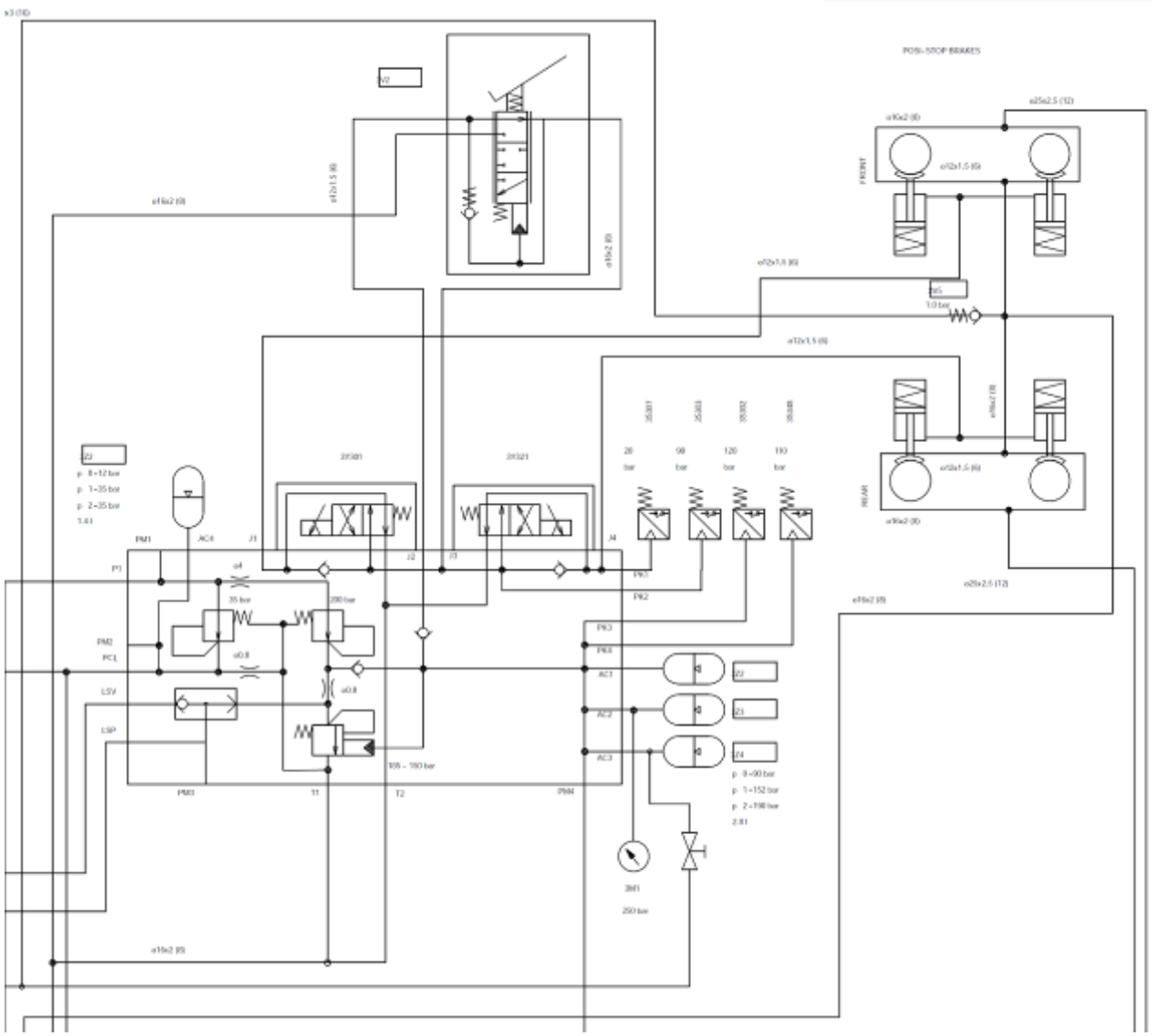


Figura 101

Sección del circuito hidráulico de frenos de una pala subterránea
(Por gentileza de Sandvik Chile)

Sistema de frenos camión eléctrico (Komatsu)

Algunos modelos de equipos están equipados con un sistema de frenos de servicio del tipo de disco húmedo accionados hidráulicamente. El sistema de frenos utiliza aceite hidráulico Tipo C-4 proporcionado por la bomba de la dirección/freno, proveniente del estanque hidráulico principal para aplicación del freno. El enfriado del disco de freno durante la operación del camión es proporcionado por la bomba del circuito de elevación a través de la válvula de elevación. Hay un freno de estacionamiento de disco, ubicado en la caja del eje trasero, unido a cada motor de la rueda. La función fundamental del sistema de frenos es proporcionar al operador el control que necesita para detener el camión, tanto en forma lenta y modulada como en la distancia más corta posible.

A continuación, destacamos algunas funciones que La División Komatsu considera necesarias para una operación segura del camión:

- Advierta al operador lo antes posible sobre una significativa potencialmente pérdida de presión de freno, de modo que pueda realizar las acciones correctas para detener el camión antes de que el sistema secundario pierda toda su energía.

- Tenga circuitos de frenos secundarios de modo que ante cualquier falla, el camión tenga suficiente poder para detenerse.

- Aplique los frenos de servicio en forma automática si se ignoran las advertencias de baja presión y las presiones siguen bajando.

- Bloqueo de frenos de ruedas para evitar que el operador mantenga presionado el pedal de freno mientras está cargando o descargando.

- Freno de estacionamiento accionado por resorte**,** *para sostener, (no detener)* el camión durante períodos en que no esté cargando o descargando.

- Sistema de frenos fáciles de diagnosticar y de ejecutar el servicio necesario.

La siguiente descripción del circuito de frenos debe ser utilizada junto con el diagrama del sistema de freno hidráulico.

El sistema de frenos consta de varios componentes de válvulas principales; la válvula de pedal del circuito dual operada con el pie, las válvulas de relé duales operadas hidráulicamente, el múltiple de freno y dos acumuladores.

La válvula de pedal de circuito dual es el único componente que se encuentra en la cabina del operador. La válvula de relé dual para los frenos delanteros, múltiple de frenos y componentes eléctricos se encuentra en el gabinete de freno hidráulico detrás de la cabina.

La válvula de relé dual para los frenos traseros está ubicada en la caja del eje trasero. Los dos acumuladores están montados en el riel del chasis, detrás del neumático delantero derecho.

El múltiple de frenos contiene válvulas de retención de aislamiento del circuito dual, válvulas de purga del acumulador y válvulas para el bloqueo de frenos, freno de estacionamiento y funciones de aplicación automática. Todos estos componentes son válvulas del tipo cartucho con rosca.

Existen dos medios independientes para que el operador accione el freno; el pedal de freno de servicio/pedal de retardo y el interruptor de bloqueo de frenos. Además, los

frenos se aplicarán en forma automática si el suministro del sistema de frenos cae por debajo de la presión predeterminada.

Figura 102

Gabinete de frenos (Por gentileza de Komatsu Cummins)

Circuito de frenos de servicio

Esta parte del sistema proporciona al operador el control preciso que necesita para modular la presión de freno para detener el camión lentamente, o desarrollar un esfuerzo de detención total para detenerlo lo más rápido posible. El corazón de este circuito es la válvula de pedal de circuito dual operada con el pie. Esta válvula permite al operador controlar la energía de presión relativamente alta que hay dentro de los acumuladores de los frenos y que es dirigida a los frenos. Hay dos válvulas en la válvula de freno dual. Una suministra presión a una válvula de relé dual para proporcionar la presión de aplicación a los frenos del eje delantero. La otra suministra presión a una válvula de relé dual para proporcionar la presión de aplicación a los frenos del eje trasero.

A medida que se presiona el pedal de freno, cada válvula dentro de la válvula de freno del circuito dual entrega, en forma simultánea, líquido proveniente de los respectivos acumuladores a las válvulas de relé duales que suministran líquido a los frenos de las ruedas a una presión proporcional tanto a la posición del pedal como a la fuerza. Mientras más se presione el pedal, mayor será la fuerza, con lo cual se tiene una sensación positiva del control.

Acumuladores de freno

Los acumuladores de los frenos poseen dos funciones; almacenamiento de energía para reservar frenos en caso de que haya una falla y proporcionar un flujo rápido de aceite para una buena respuesta de los frenos.

Al presionar el pedal de frenos también se acciona el interruptor de presión de la luz de detención, el cual a su vez acciona las luces indicadoras del freno de detención y de servicio y el ínter bloqueo de la propulsión.

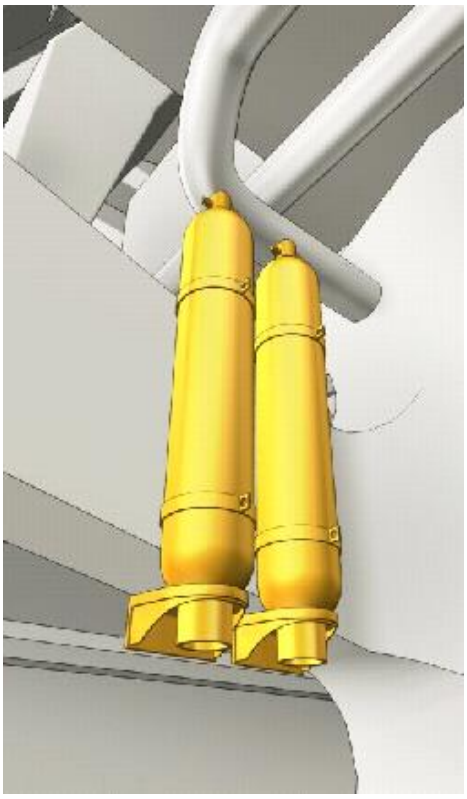


Figura 103

Acumuladores de freno
(Por gentileza de KomatsuCummins)

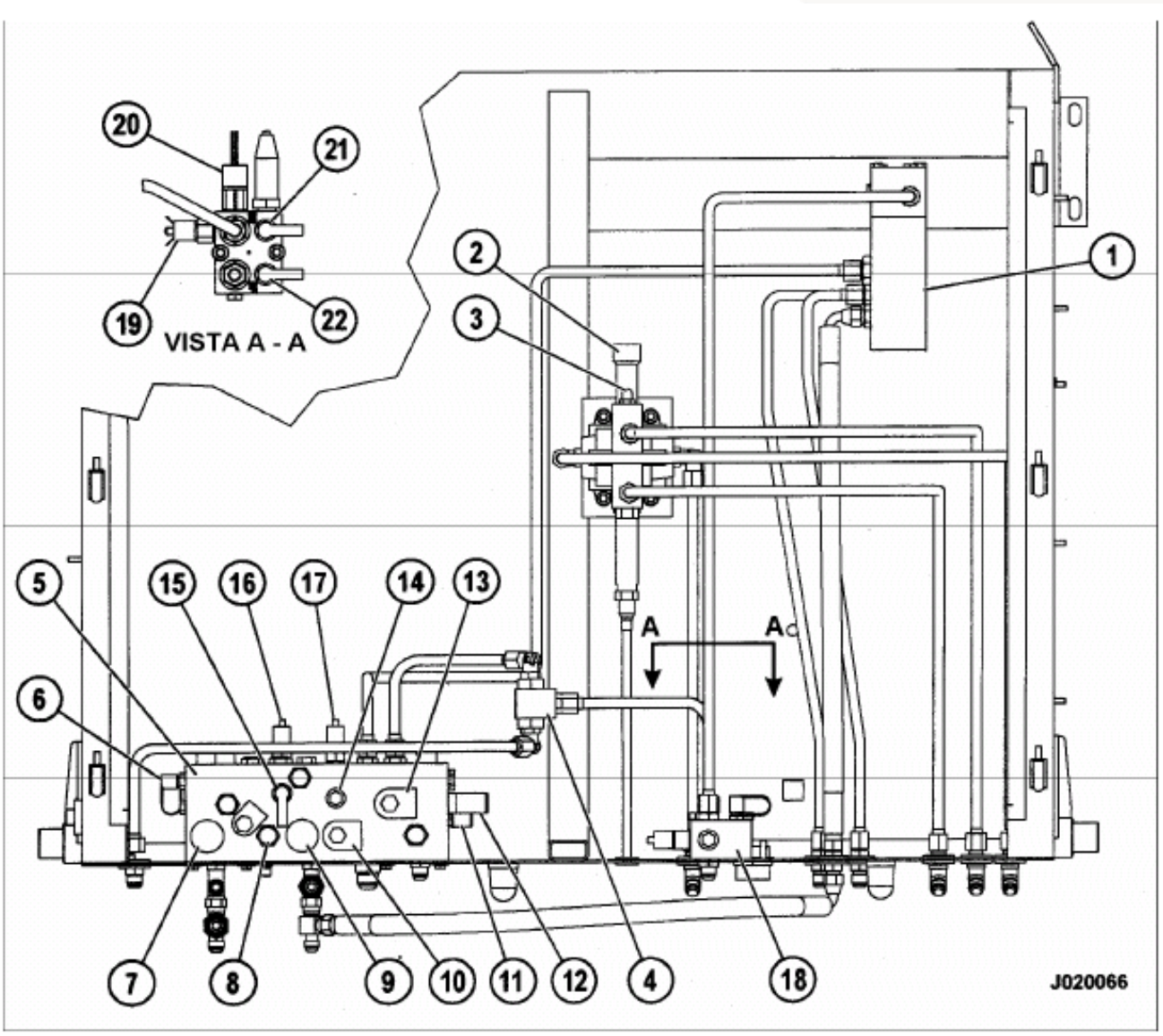


Figura 104

Gabinete del freno hidráulico
(Por gentileza de Komatsu Cummins)

1. Válvula de Relé Dual 2. Válvula Piloto de Elevación 3. Válvula de Alivio (Descenso Elevación). 4. Válvula de Lanzadera de Bloqueo de Frenos 5. Múltiple de Frenos 6. Lumbrera de Prueba de Presión de Suministro de Aceite de Freno (SP3) 7. Válvula de Purga del Acumulador del Freno Trasero 8. Válvula de Aplicación Automática	12. Válvula Reductora de Presión (PR) 13. Válvula Solenoide de Bloqueo de Freno (SV1) 14. Presión de Liberación del Freno de Estacionamiento (PK2) 15. Lumbrera de Prueba de Acumulador Bajo (LAP1) 16. Interruptor de Baja Presión de Freno 17. Interruptor de Presión de Freno de Estacionamiento 18. Múltiple de Empalme

9. Válvula de Purga del Acumulador del Freno Delantero 10. Válvula Solenoide de Freno de Estacionamiento (SV2) 11. Lumbrera de Prueba de Presión de Aplicación de Bloqueo de Freno (PP3)	19. Interruptor de Presión de Luz de Detención 20. Interruptor de Degradación de Bloqueo de Frenos 21. Lumbrera de Prueba de Presión del Freno Trasero (BR) 22. Lumbrera de Prueba de Presión del Freno Delantero (BF)

Figura 105

Gabinete de frenos
(Por gentileza de Komatsu Cummins)

Figura 106

Bloque de frenos
(Por gentileza de KomatsuCummins)

Freno secundario y aplicación automática

Una función fundamental del sistema secundario de frenos es proporcionar frenos de reserva en caso de que haya una falla. Por esta razón, el sistema está dividido en múltiples circuitos, cada uno con su propia válvula de retención de aislación, acumuladores y regulador de circuito. El sistema secundario se transforma en cualquier circuito que sea operable después de una falla. Si la falla es una válvula de pedal atascada, el bloqueo de frenos se transforma en el sistema secundario; de no ser así, cualquiera de los dos circuitos de frenos sería el sistema secundario.

Los acumuladores de freno realizan dos funciones; proporcionan un rápido flujo para una buena respuesta y almacenan energía para el freno secundario. Las válvulas de retención aseguran que esta energía se mantenga en caso de que ocurra una falla en el suministro del sistema de frenos o en el circuito del acumulador. Una válvula de retención adicional, ubicada entre la línea de suministro proveniente de la bomba de la dirección/freno y el múltiple de frenos, proporciona la protección adicional necesaria contra la pérdida de presión en caso de que se interrumpa el suministro de aceite. Si se produce una falla en la bomba, en la dirección o en cualquier circuito del acumulador del freno, se encenderá una luz de advertencia de baja presión de freno en el panel superior de la cabina y sonará una alarma sonora indicando que se debe detener el vehículo lo antes posible. Cuando la presión en un circuito del acumulador es inferior al

nivel prefijado, todos los frenos de servicio se aplicarán en forma automática. La aplicación automática del freno la realiza la válvula de aplicación automática (PS), ubicada en el múltiple de frenos. Esta válvula detecta la baja presión del acumulador del freno. Cuando la presión es inferior a 11400 kPa (1650 psi), la válvula cambia, operando en forma hidráulica la válvula del pedal del freno, la cual a su vez aplica presión a las válvulas de relé duales, aplicando todos los frenos. Sin importar la naturaleza o la ubicación de una falla, detectar la presión más baja del circuito del acumulador del freno asegura dos a cuatro aplicaciones totales de frenos, después de activar la luz y la alarma de advertencia de baja presión de frenos y antes de la aplicación automática. Esto permite al operador tener la oportunidad de detener en forma segura el camión después que se ha activado la advertencia.

Circuito del freno de estacionamiento

Los frenos de estacionamiento se aplican con un mecanismo de resorte y se liberan en forma hidráulica. Cada vez que se des energiza el solenoide del freno de estacionamiento, un resorte en la válvula de solenoide moverá el carrete, desviando la presión de aceite desde los frenos de estacionamiento para dirigir el aceite de vuelta al estanque hidráulico.

Operación Normal

(Interruptor de partida en ON, motor funcionando).

1) **Palanca de control direccional en PARK**

El solenoide del freno de estacionamiento (10, Figura 2-1) está des energizado. La presión de aceite de las líneas del freno de estacionamiento vuelve al estanque y los resortes del freno de estacionamiento aplicarán el freno. El interruptor de presión del freno de estacionamiento (17) se cerrará, completando el paso a tierra y encendiendo la luz de freno de estacionamiento en el panel superior.

2) **Palanca de control direccional en F, R, o N**

El solenoide del freno de estacionamiento (10, Figura 2-1) está energizado. El flujo de aceite se dirige desde el solenoide del freno de estacionamiento a los pistones del freno de estacionamiento para ser liberado. El circuito del freno de estacionamiento está protegido contra una aplicación accidental por medio del monitoreo de un sensor de velocidad en el motor de la rueda, para determinar la velocidad del camión. El freno de estacionamiento no se aplicará hasta que el camión se haya virtualmente detenido. Esto elimina el daño al freno de estacionamiento y con esto se extienden los intervalos de ajuste del freno.

3) Si el **interruptor de partida está en OFF**, el freno de estacionamiento no se aplicará hasta que la velocidad del vehículo sea inferior a 0.5 Km/h (1/3 mph).
4) Si hay pérdida de presión de suministro hidráulico **con la palanca de control direccional en F, R, o N**, el solenoide del freno de estacionamiento se mantendrá energizado. El circuito de suministro que pierde presión permanece abierto a los

pistones del freno de estacionamiento. Para evitar que el aceite a presión del freno de estacionamiento vuelva al circuito de suministro, una válvula de retención ubicada en el circuito del freno de estacionamiento atrapa el aceite, sosteniendo el freno de estacionamiento en la posición liberada.

Nota:
La fuga normal interna del solenoide del freno de estacionamiento podría permitir que una fuga de aceite atrapado vuelva al estanque y con esto permitir, eventualmente, la aplicación del freno de estacionamiento.

5) Si se interrumpe el suministro de energía de 24 volts al solenoide, se aplicará el freno de estacionamiento a cualquier velocidad del vehículo. El resorte del solenoide hará que cambie, abriendo un paso para que la presión de aceite en la línea del freno de estacionamiento vuelva al estanque y los resortes del freno de estacionamiento aplicarán el freno. El interruptor de presión del freno de estacionamiento (17) se cerrará, completando la conexión a tierra, encendiendo la luz de freno de estacionamiento en el panel superior e interrumpiendo la propulsión.

Freno de estacionamiento
El camión modelo 930E, está equipado con un conjunto de freno de estacionamiento de disco seco, montado en cada eje del rotor del motor de la rueda. Los conjuntos de freno de estacionamiento están montados dentro de un compartimiento y se puede acceder a ellos a través de la puerta de la caja del eje trasero.
El freno de estacionamiento está diseñado para evitar que se mueva el camión *después de detener el vehículo, apagar el motor y cuando el camión queda desatendido.* El freno de estacionamiento **no** debe usarse durante las operaciones de carga o descarga. Consulte el "Manual de Operación y Mantenimiento " para instrucciones de operación del sistema de freno adicionales.

Operación
El freno de estacionamiento es un freno de tipo disco múltiple que se aplica con un resorte y se libera hidráulicamente. Es accionado con el interruptor de freno de estacionamiento montado en el panel de instrumento de la cabina del operador.

Cuando el interruptor del freno de estacionamiento se coloca en la posición ON, se energiza la válvula de solenoide del freno de estacionamiento (SV2), ubicada en el múltiple de freno, en el gabinete de los componentes hidráulicos, sacando la presión hidráulica de los conjuntos del freno de estacionamiento. Los resortes belleville internos, en los conjuntos del freno de estacionamiento actúan en el pistón para comprimir el paquete del disco, evitando la rotación del engranaje (4, Figura 7-1), montada en el eje del rotor del motor de la rueda.

Cuando el freno de estacionamiento se cambia a la posición OFF, se suministra aceite presurizado a los conjuntos del freno a través de la válvula solenoide del freno de estacionamiento (energizada). La presión de aceite aplicada al pistón del freno de

estacionamiento comprime los resortes belleville, liberando los discos para permitir que gire el engranaje del rotor del motor de la rueda.

El enclavamiento del sistema evita la aplicación del freno de estacionamiento si el camión está en movimiento.

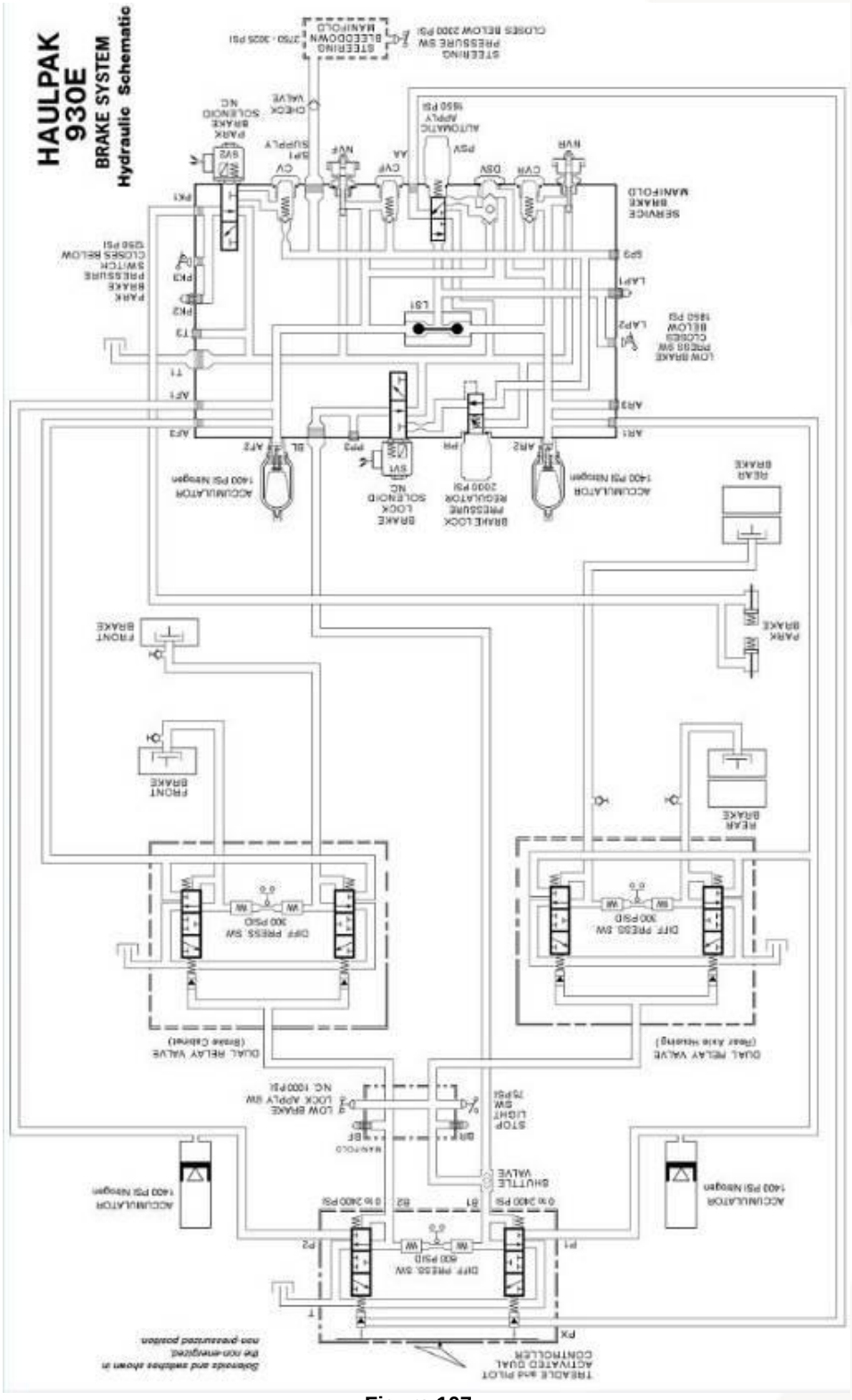


Figura 107

Circuito de bloqueo de frenos

La función principal del bloqueo de frenos es proporcionar un medio al operador para sostener el vehículo mientras está cargando o descargando. **El bloqueo de frenos sólo se aplica en los frenos de servicio traseros**. También podría proporcionar un segundo medio para detener el camión en caso que falle la válvula de frenos. Activando el interruptor de bloqueo de frenos de las ruedas montado en el panel, la válvula de solenoide de bloqueo de frenos (13, Figura 2-1) y la válvula reductora de presión (12) aplicarán aceite a presión sin modulación a 13800 kPa (2000 psi) para accionar completamente los frenos traseros. Una válvula de lanzadera (4) ubicada en la línea del freno trasero proporciona la independencia de la válvula de pedal de freno para aplicar el freno.

Circuito de advertencia

El circuito de advertencia del freno está equipado con una luz de advertencia de baja presión de freno en el panel superior y una alarma sonora en la cabina para alertar al operador sobre las bajas presiones de freno. Se utilizan varios sensores eléctricos, un relé y un temporizador de retardo para detectar problemas en el sistema de frenos. Ver Figura 2-1 para referencia de los siguientes componentes.

6) **Relé de Advertencia de Freno**

Cuando se activa el interruptor de bloqueo de frenos, se energiza el relé de advertencia del freno y cambia la conexión eléctrica desde el terminal al interruptor de baja degradación de bloqueo de frenos. Cuando se desactiva el interruptor de bloqueo de frenos, se des energiza el relé y cambia la conexión desde el interruptor de degradación del bloqueo de frenos al terminal.

7) **Interruptor de Presión de Suministro del Sistema**

Ubicado en el múltiple de detección de presión de la bomba. Cuando la presión de suministro del sistema cae por debajo de 15800 kPa (2300 psi), se activan la luz de baja presión de la dirección, la luz de advertencia de baja presión de frenos y el zumbador.

8) **Interruptor de Baja Presión de Frenos (16)**

Ubicado en el múltiple de frenos (5). Cuando el acumulador con la presión más baja cae por debajo de 12700 kPa (1850 psi), se activan la luz de advertencia de baja presión de frenos y el zumbador.

9) **Interruptor de Degradación de Bloqueo de Frenos (20)**

Ubicado en el múltiple de empalme (18) en el gabinete de componentes hidráulicos. Cuando se activa el interruptor de bloqueo de frenos, se energizan el solenoide de bloqueo de frenos (13) y el relé de advertencia de freno. El relé de advertencia del freno cambia la conexión eléctrica desde el terminal al interruptor de degradación de bloqueo

de frenos. Si la presión de aplicación del bloqueo de frenos es inferior a 6900 kPa (1000 psi), se completará la conexión a tierra y se activarán la luz de advertencia de baja presión de frenos y el zumbador.

Circuito de alarmas del sistema de frenos y dirección

En la Figura 228 (Página 327), se observa el sistema eléctrico de alarmas de freno y dirección, los distintos dispositivos presentes en el plano, se encuentran también en el plano hidráulico Komatsu, para un mejor entendimiento, deben ser vistos al mismo tiempo.

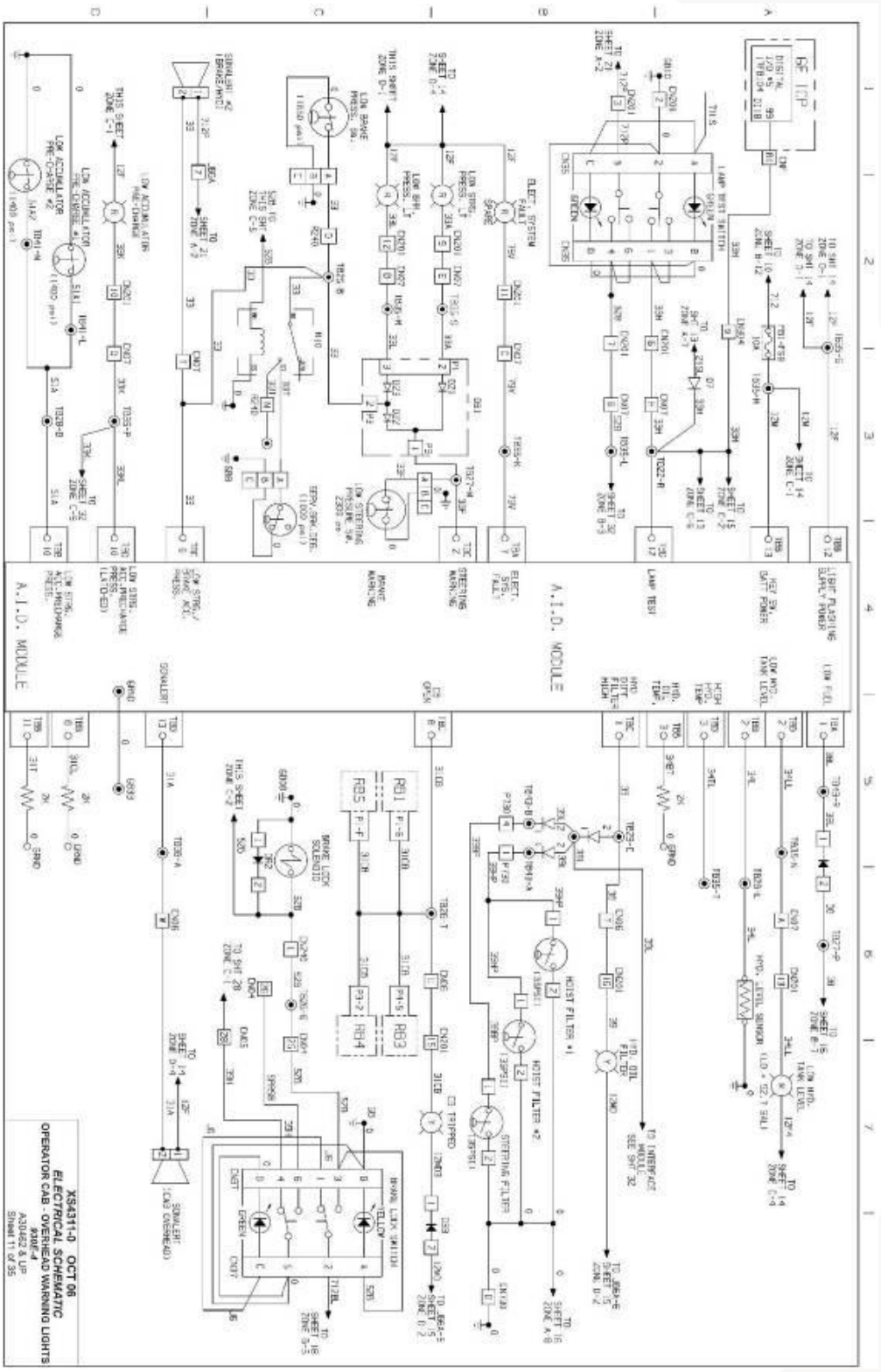

A.I.D. MODULE
XS4311-0 OCT 06
ELECTRICAL SCHEMATIC
OPERATOR CAB - OVERHEAD WARNING LIGHTS

Figura 108

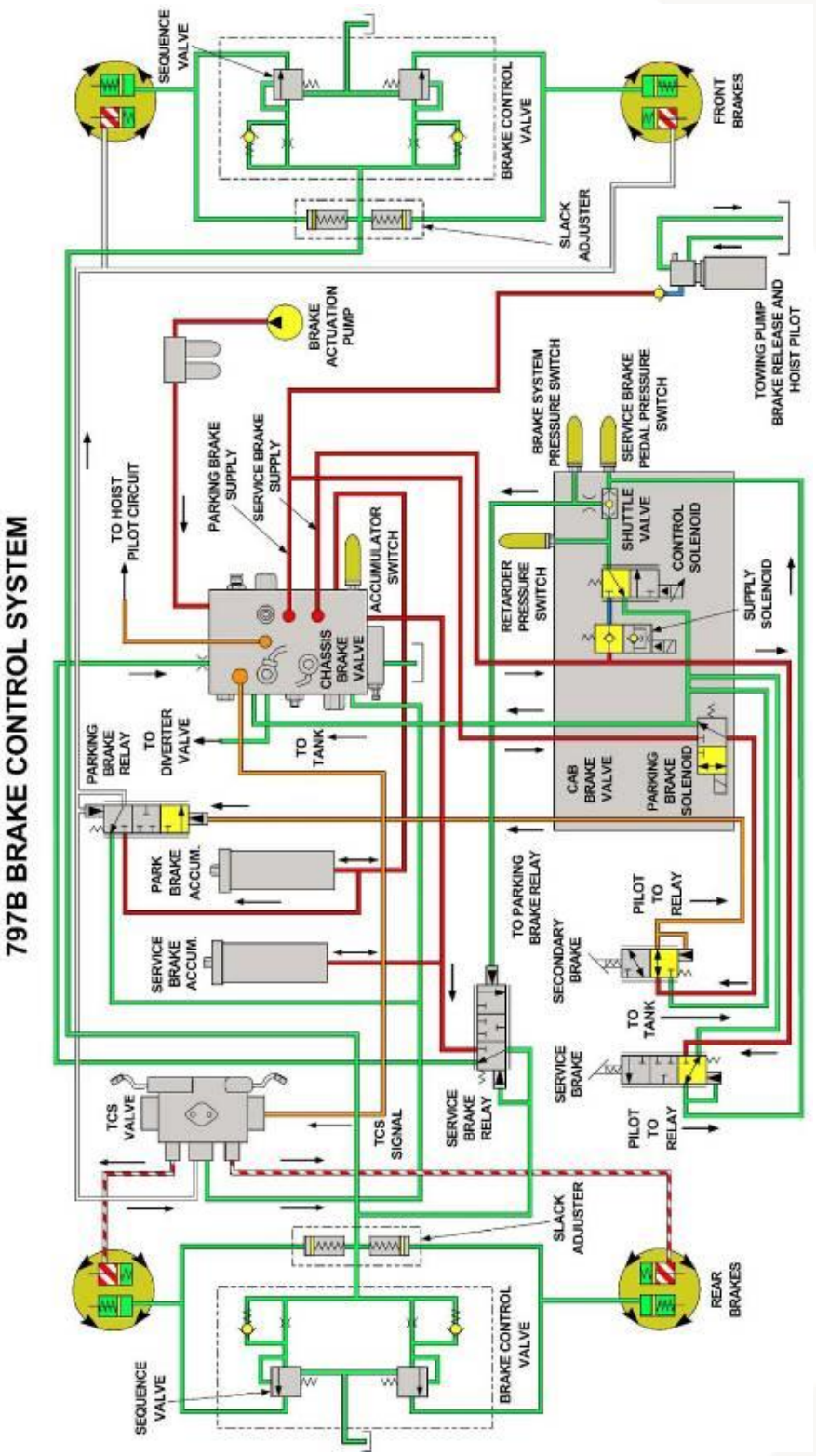

797B BRAKE CONTROL SYSTEM
SEQUENCE VALVE
BRAKE CONTROL VALVE
FRONT BRAKES
SLACK ADJUSTER
BRAKE ACTUATION PUMP
TOWING PUMP BRAKE RELEASE AND HOIST PILOT
BRAKE SYSTEM PRESSURE SWITCH
SERVICE BRAKE PEDAL PRESSURE SWITCH
TO HOIST PILOT CIRCUIT
PARKING BRAKE SUPPLY
SERVICE BRAKE SUPPLY
ACCUMULATOR SWITCH
SHUTTLE VALVE
CONTROL SOLENOID
RETARDER PRESSURE SWITCH
SUPPLY SOLENOID
CHASSIS BRAKE VALVE
PARKING BRAKE RELAY
TO DIVERTER VALVE
TO TANK
CAB BRAKE VALVE
PARKING BRAKE SOLENOID
PARK BRAKE ACCUM.
SERVICE BRAKE ACCUM.
TO PARKING BRAKE RELAY
PILOT TO RELAY
SECONDARY BRAKE
TO TANK
SERVICE BRAKE
PILOT TO RELAY
TCS VALVE
TCS SIGNAL
SERVICE BRAKE RELAY
SLACK ADJUSTER
REAR BRAKES
BRAKE CONTROL VALVE
SEQUENCE VALVE

Figura 109

Control Hidráulico del Freno camión Mecánico Caterpillar

El aceite de suministro de la bomba fluye desde la bomba de actuación de frenos a través de los filtros de aceite de actuación de frenos a la válvula de frenos del chasis. La válvula de frenos del chasis controla la presión y flujo de aceite a muchos otros componentes.

La presión de suministro de freno aumentará hasta que los acumuladores de frenos están cargados con aceite y la presión aumente a 20670 ± 670 kPa (3000 ± 100 PSI). Luego la presión de bomba es reducida a una presión stand by de aproximadamente 690 ± 345 kPa (100 ± 50 PSI). La presión del acumulador fluye a la válvula de freno de cabina, el relé de freno de estacionamiento y al relé del freno de servicio.

La válvula de freno de cabina contiene tres solenoides, una válvula shuttle y tres switches. El switch del freno de estacionamiento envía una señal al ECM de Freno/Refrigeración. Este ECM energiza la válvula solenoide del freno de estacionamiento con voltaje de +Batería (24 volts). Cuando el solenoide es DESENERGIZADO, el solenoide bloquea el flujo de aceite a la válvula de freno secundario.

Cuando el aceite piloto no fluye a través de la válvula de freno secundario a la válvula relé del freno de estacionamiento, el freno de estacionamiento está APLICADO. Cuando el solenoide está ENERGIZADO, el aceite de suministro del acumulador fluye a la válvula de freno secundario. Si el solenoide del freno de estacionamiento es ENERGIZADO, cuando el pedal de freno secundario es liberado, la válvula de freno secundario envía presión piloto de 5030 ± 140 kPa (730 ± 20 PSI) a la válvula relé del freno de estacionamiento.

Cuando la presión piloto está presente en la válvula relé del freno de estacionamiento, el aceite de suministro de liberación del freno de estacionamiento fluye desde el acumulador del freno de estacionamiento a través de la válvula relé del freno de estacionamiento y la válvula del Sistema de Control de Tracción (TCS) al freno de estacionamiento. La válvula relé del freno de estacionamiento limita la máxima presión a los pistones del freno de estacionamiento.

La presión de liberación del freno de estacionamiento debe ser de 4720 ± 140 kPa (685 ± 20 PSI). Cuando el operador presiona el pedal de freno secundario, la presión de aceite piloto es lentamente drenada desde 4720 a 0 kPa (685 a 0 PSI), dependiendo de la cantidad de aplicación del freno. Cuando la presión de aceite piloto es drenada, la válvula de relé del freno de estacionamiento detiene el flujo de aceite a los pistones del freno de estacionamiento delanteros y traseros y abre un pasaje de drenaje a través de la válvula de freno del chasis.

Como la presión de aceite es removida desde los pistones del freno de estacionamiento, los resortes aplican los frenos. La válvula solenoide de suministro se ENCIENDE o APAGA para controlar el flujo de aceite de suministro a la válvula solenoide de control. El ECM de Freno/Refrigeración energiza la válvula solenoide de suministro con voltaje de +Batería (24 volts), cuando la palanca del retardador manual

es manipulada o a 100 rpm menos que las programadas en el ajuste de velocidad de control ARC. Normalmente el solenoide de suministro aplica si la velocidad de motor es de 1850 rpm, siendo la velocidad de control del ARC ajustada a 1950 rpm en fábrica.

La válvula solenoide de control modula el flujo de aceite piloto a la válvula relé del freno de servicio durante el retardo manual o automático. El solenoide de control recibe una corriente entre 0 y 950 mili Amper desde el ECM de Freno/Refrigeración. Al mover más la palanca manual del retardador o a mayores rpm de motor, mayor corriente. Una mayor corriente mantiene a la válvula solenoide de control más abierta y más presión de aceite es permitido a la válvula relé del freno de servicio.

Si la palanca de retardador manual y el ARC son APLICADOS al mismo tiempo, el solenoide de control recibirá una corriente que corresponde a cualquier sistema que esté requiriendo por el mayor frenado.

El aceite de suministro fluye desde el acumulador del freno de servicio a la válvula relé del freno de servicio y es bloqueado el flujo al freno de servicio por la válvula relé. Cuando el operador aplica el pedal del freno de servicio, una presión de aceite piloto modulada fluye a través de la válvula shuttle a la válvula relé del freno de servicio. La presión de aceite piloto es modulada entre 0 a 6615 kPa (0 a 960 PSI), dependiendo de la cantidad de aplicación del freno.

Cuando la presión de aceite piloto está presente, el aceite de suministro del acumulador puede fluir a los pistones del freno de servicio. La válvula relé limita la máxima presión a los pistones del freno de servicio. La máxima presión es 5930 ± 140 kPa (860 ± 20 PSI). El aceite desde el pedal del freno de servicio y el solenoide de control del retardador fluye a través de una válvula shuttle antes de fluir a la válvula relé del freno de servicio.

Si el pedal del freno de servicio es aplicado al mismo tiempo que el ARC o el retardador manual, la fuente con la mayor presión de aceite moverá la válvula shuttle y fluirá a la válvula relé del freno de servicio. Cuando el operador presione el pedal del freno de servicio o aplique el retardador manual o automático, el aceite piloto fluye a la válvula relé del freno de servicio. Luego el aceite a presión reducida fluye desde la válvula relé del freno de servicio a los ajustadores slack y a las dos válvulas de control de frenos.

La válvula relé del freno de servicio proporciona el flujo de aceite para mover los pistones del ajustador slack y controlar la presión del freno. El ajustador slack consiste de solo un pistón y resorte a cada pistón de rueda. El aceite fluye desde la válvula relé del freno de servicio a las cámaras de resortes de los ajustadores slack y mueve los pistones en el ajustado hacia fuera.

El ajustador slack mueve un mayor volumen de aceite para mover los pistones de las ruedas más rápidamente. Al mismo tiempo, el aceite desde la válvula relé del freno de servicio fluye a través de los orificios calibrados elevados, en las válvulas de control del freno, a las válvulas de secuencia.

Los orificios calibrados elevados controlan el rango de flujo a través de la válvula de control de freno a los pistones de las ruedas. A 517 kPa (75 PSI), las válvulas de secuencia, en las válvulas de control de freno, abren y permiten al aceite fluir alrededor de los ajustadores slack a los pistones de las ruedas.

Esta presión dependiente del paso del flujo bypass restringe el flujo de aceite (vía el orificio calibrado elevado) que aumenta la presión de freno. Esta restricción en conjunto con el volumen de la línea y el cilindro de freno, actúa para amortiguar el aumento de presión que ocurre al aumentar el flujo del ajustador slack (en los frenos). Cuanto más firme el pedal de freno es presionado o cuanto más el retardador manual o automático es aplicado, se determinará cuanta más presión estará disponible en los pistones de las ruedas.

La máxima presión en las ruedas será de 5930 kPa (860 PSI) cuando la señal piloto a la válvula relé del freno de servicio sea de 6615 kPa (960 PSI). Cuando el operador libera el freno de servicio, el aceite es drenado, desde los ajustadores slack y las válvulas de control de freno, a través de la válvula relé del freno de servicio.

Un orificio en la válvula relé del freno de servicio controla el puerto de drenado al rango en el cual el aceite drena (ubicado en un fitting en la válvula de freno del chasis). El resorte de retorno del pistón de las ruedas empuja a estos pistones lejos de los discos de freno y fuerza el aceite desde las cámaras de aceite de los pistones de las ruedas. Esta acción causa que los pistones del ajustador slack retornen al centro del ajustador slack y comprime el resorte de éste. La baja restricción de retorno del flujo cumple la necesidad de mantener la sincronización.

Esto es hecho evitando el movimiento libre del pistón del ajustador slack hasta después que la válvula de secuencia cierre, permitiendo flujo no restringido de aceite que reduce la presión de los frenos (vía válvula check). Cuando la presión de los frenos cae, la válvula de secuencia cierra. El resorte de retorno del pistón de las ruedas empuja los pistones de las ruedas lejos de los discos de frenos.

El ajustador slack mantendrá un volumen de aceite en la cámara del pistón de frenos que posiciona a éste para un frenado constante a medida que los discos de frenos se desgastan. La presión residual balancea el resorte de retorno del pistón de freno después que ellos se han extendido y retornado al pistón de las ruedas. Los discos de frenos separados permiten al aceite de refrigeración fluir entre los discos y su enfriamiento.

La presión del acumulador es reducida a 3790 ± 345 kPa (550 ± 50 PSI) por la válvula piloto reductora de presión en la válvula de freno del chasis. La presión reducida fluye a tres ubicaciones: el aceite piloto de levante fluye a la válvula de levante y es usado para cambiar el spool direccional cuando los solenoides son energizados.

El aceite piloto de levante fluye a la válvula diverter de aceite de enfriamiento de los frenos traseros cuando el solenoide diverter es energizado. El aceite piloto de levante fluye a la válvula TCS y es usado como señal de aceite para abrir un pasaje de drenaje

desde la válvula TCS al estanque del hidráulico. Un solenoide de descarga del acumulador en la válvula de freno del chasis drena la presión de aceite desde los acumuladores cuando el camión no está en operación. El solenoide de descarga del acumulador es energizado por el ECM de Chasis cuando la llave de encendido es movida a la posición OFF.

El ECM de Chasis mantiene el solenoide abierto por 70 segundos. El switch de presión del retardador es activado solamente si el retardador manual o el retardador automático es aplicado. El ECM de Freno/Refrigeración usa la entrada del switch de presión del retardador para determinar si el retardador manual o retardador automático está aplicado.

El switch de presión del pedal de freno de servicio es activado solamente si el pedal de freno de servicio es aplicado. El ECM de Freno/Refrigeración usa la entrada del switch de presión del pedal de freno para determinar si el pedal de freno está presionado.

El switch de presión del sistema de freno es activado si el retardador manual, el retardador automático o el pedal de freno de servicio es aplicado. La entrada del switch de presión del sistema de freno es usado para encender las luces de freno. La entrada del switch de presión del sistema de freno es también usada para diagnósticos. Ya que hay tres switches de presión de freno, el ECM de Chasis/Refrigeración conoce cual freno es aplicado.

El ECM de Freno/Refrigeración puede determinar si las válvulas solenoides de suministro y control tienen mal funcionamiento (válvulas fugando). Si la presión de aceite está presente en el switch de presión del retardador cuando los solenoides están DESENERGIZADOS, el switch de presión del retardador indicará al ECM de Freno/Refrigeración que las válvulas solenoides de suministro o control tienen mal funcionamiento.

El switch de presión del acumulador monitorea la presión del acumulador del sistema de frenos. El switch proporciona una señal de entrada al ECM de Freno/Refrigeración. Este ECM envía la señal al VIMS, el cual informa al operador de la presión del sistema de freno. Una advertencia es visualizada si la presión del sistema de freno está bajo los 12300 ± 345 kPa (1785 ± 50 PSI) y el camión es detenido o movido a menos de 8 KPH (5 MPH). Una advertencia categoría 3 es visualizada si la presión está baja y el camión es movido a más de 8 KPH (5 MPH). Para liberar el freno de estacionamiento para dar servicio o remolcar, el motor eléctrico que mueve la bomba de remolque puede ser energizado por el switch de liberación de freno ubicado en la cabina (ver Figura 230). La bomba envía aceite a través de una válvula check a la válvula de freno del chasis para liberar el freno de estacionamiento.

La presión de la bomba de remolque es controlada por una válvula de alivio en la bomba de remolque. El ajuste de la válvula de alivio de la bomba de remolque es de 4481 kPa (650 PSI). La válvula check a la izquierda de la bomba de remolque evita flujo de aceite a la bomba de remolque durante la operación normal. La bomba de remolque

también puede ser usada para proporcionar presión de aceite piloto de levante para bajar la tolva con el motor muerto.

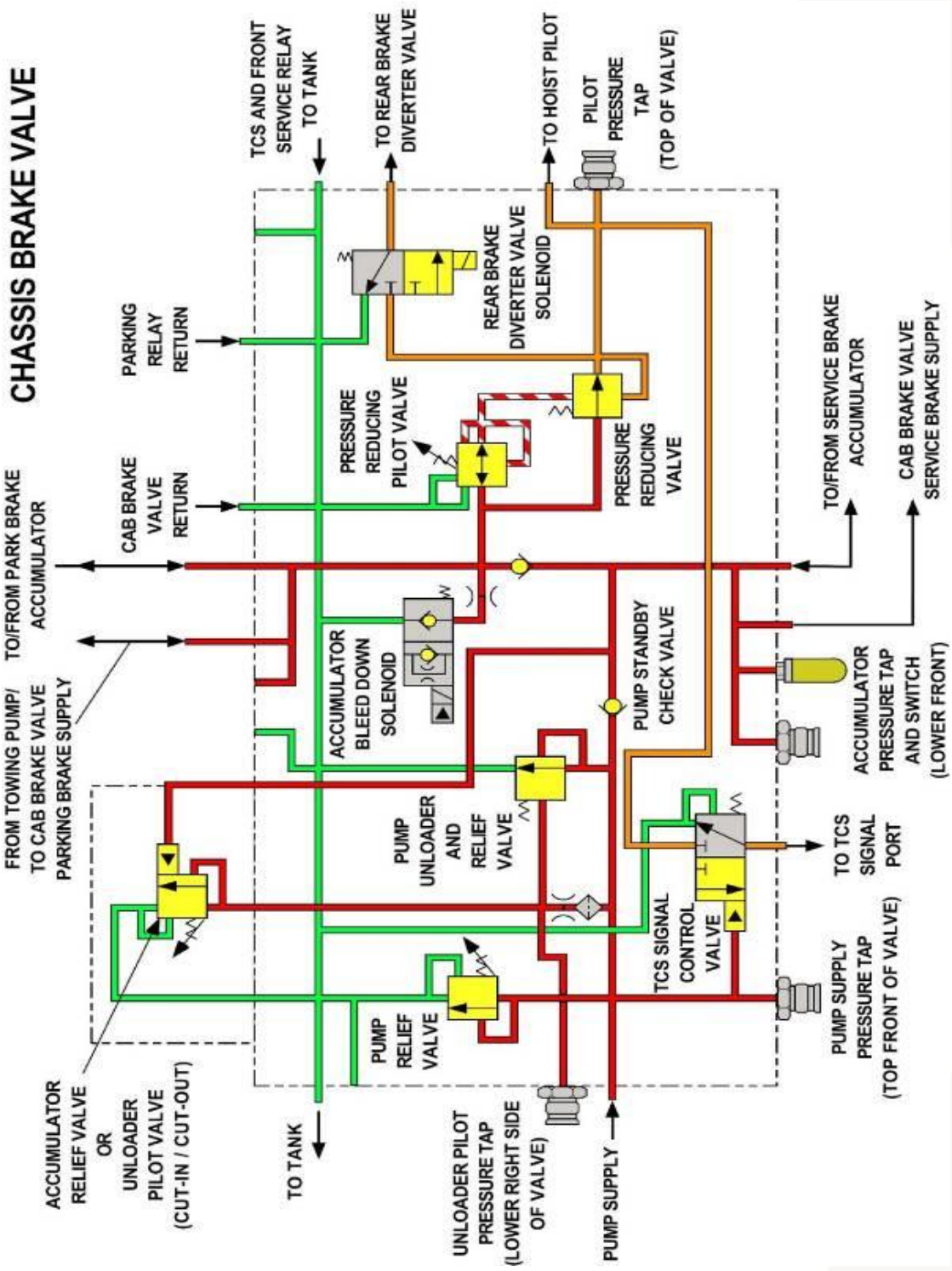


Figura 110

Mostrado está en la Figura 109 ISO de la válvula de freno del chasis. Los componentes mostrados son los mismos discutidos en las imágenes previas. El aceite fluye desde la bomba de actuación del freno a través de los filtros de aceite de actuación del freno a la válvula de freno del chasis. La válvula de freno del chasis controla la presión y flujo de aceite a muchos otros componentes.

El aceite de suministro de bomba fluye a través de una malla y un orificio a la válvula piloto de descarga y a la válvula de alivio y descarga de la bomba. La presión de suministro de freno aumentará hasta que los acumuladores de freno estén cargados con aceite y la presión aumente a 20670 ± 689 kPa (3000 ± 100 PSI).

Esta presión es referida como la presión CUT-OUT. La válvula piloto de descarga envía una señal a la válvula de descarga de la bomba y el aceite de suministro de la bomba fluye al estanque a través de la válvula de descarga de la bomba. La presión de bomba es reducida a una presión stand by de aproximadamente 690 ± 345 kPa (100 ± 50 PSI).

En ralentí bajo, sin aplicación de frenos, la presión de bomba debe permanecer en presión stand by por un mínimo de 60 segundos. Si el ciclo de presión de bomba es menor que 60 segundos, existen fugas en el sistema y deben ser corregidas. Debido a fugas normales en el sistema de frenos, la presión en los acumuladores disminuirá gradualmente a 14470 ± 689 kPa (2100 ± 100 PSI). Esta presión es referida como la presión CUT-IN. La válvula piloto de descarga bloquea la presión de suministro de bomba desde el flujo al estanque y la presión de suministro de freno aumenta.

El sistema debe recargar a la presión CUT-OUT en menos de 9.5 segundos. La válvula de alivio y descarga de la bomba también actúa como una válvula de alivio de respaldo. La válvula de alivio de descarga de la bomba limita la máxima presión si la válvula de alivio de la bomba de freno no abre.

El ajuste de la válvula de alivio de descarga es 25490 kPa (3700 PSI). Cuando la válvula de descarga de la bomba permite al aceite de suministro de bomba fluir al estanque, la válvula check stand by de bomba separa la presión stand by de bomba de la presión del acumulador. Otra válvula check separa el circuito de freno de estacionamiento del circuito de freno de servicio. La válvula de alivio de bomba está ajustada a 22392 ± 345 kPa (3250 ± 50 PSI).

La válvula de alivio de la bomba está ajustada a mayor ajuste que el CUT-OUT de la válvula piloto de descarga. La válvula de alivio de la bomba protege al sistema de freno si la válvula piloto de descarga falla para limitar la presión del sistema de frenos. El ajuste de la válvula de alivio de la bomba debe ser mayor que el ajuste CUT-OUT de la válvula piloto de descarga o la válvula de descarga de la bomba no abrirá. Si la válvula de descarga de la bomba no abre, la presión de bomba nunca ciclará a la condición stand by.

También el aceite de suministro de bomba fluirá a través de la válvula de alivio de la bomba y el sistema de frenos puede sobre calentarse. La válvula piloto reductora de presión trabaja con la válvula reductora de presión. La válvula piloto reductora de

presión controla la presión de señal a la válvula reductora de presión. A medida que la presión en sentido descendiente de la válvula reductora de presión normalmente abierta se acerca a la presión de señal más la presión del resorte, la válvula reductora cierra a un punto medido y el aceite de presión piloto reducida fluye a través de la válvula reductora de presión.

Este ajuste minimiza fugas de válvula mientras que aun abastece alta capacidad de flujo. El aceite de presión piloto fluye a través de la válvula reductora de presión al solenoide ON/OFF piloto de levante, al solenoide de la válvula diverter del freno trasero y a la válvula de control de señal TCS.

El ajuste de la válvula piloto reductora de presión es 3790 ± 345 kPa (550 ± 50 PSI) y puede ser medida en la toma de presión arriba de la válvula de freno del chasis. La presión de suministro de bomba proporciona una presión de señal a la válvula control de señal TCS y mueve un carrete contra un resorte de 275 kPa (40 PSI). Cuando el carrete se mueve, una señal de presión de 3790 ± 345 kPa (550 ± 50 PSI) es enviada al puerto de señal de la válvula TCS.

El solenoide de la válvula diverter del freno trasero controla el flujo de aceite de señal desde la válvula de freno del chasis a la válvula diverter de aceite de enfriamiento del freno trasero (ver Imágenes Nro. 70 y 71). Cuando la temperatura de aceite de freno es mayor que 107° C (225° F), el ECM de Freno/Refrigeración envía +24 Volts para energizar al solenoide. El solenoide de descarga del acumulador drena presión de aceite desde los acumuladores cuando el camión no está en operación.

El solenoide de descarga del acumulador es activado por el ECM de Chasis cuando la llave de encendido es movida a la posición OFF. El ECM de Chasis mantiene al solenoide abierto por 70 segundos.

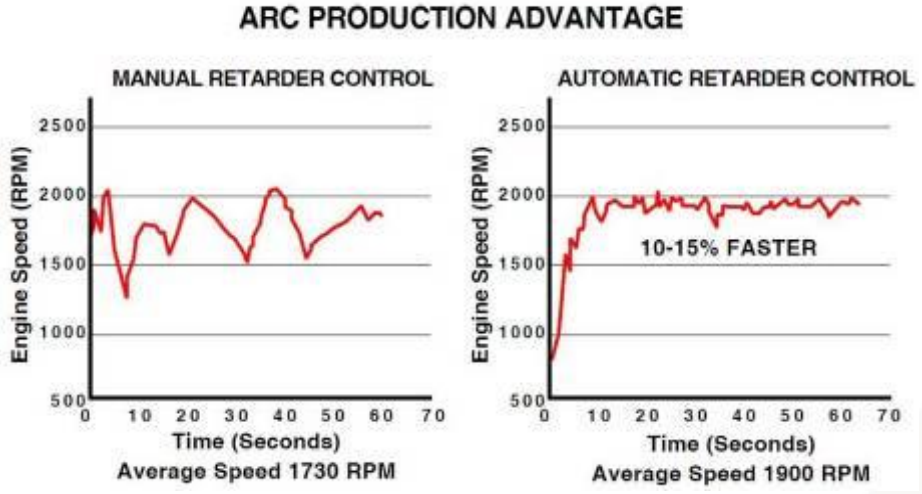


Figura 111

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Control de Retardador automático (ARC)
La función del sistema de Control de Retardador automático (ARC) es para modular el frenado del camión (retardo) cuando desciende una pendiente larga para mantener una constante velocidad de motor. El sistema electrónico puede mantener una constante velocidad de motor mucho más precisa que un operador usando el retardador manual. Una constante velocidad de motor mejora la producción y enfriamiento de los frenos. El sistema ARC aplica el freno de servicio/retardador.

Si el switch ON/OFF del ARC es movido a la posición ON, el ARC se activará si el pedal de acelerador no está presionado y el freno de estacionamiento/secundario está LIBERADO. El sistema ARC es deshabilitado cuando el acelerador es presionado. El ARC es ajustado en la fábrica para mantener una velocidad de motor constante de 1950 ± 50 RPM (el ajuste de la velocidad de motor es programable). Cuando el ARC inicialmente toma control del retardo, la velocidad de motor puede oscilar fuera de rango en ± 50 RPM, pero la velocidad de motor se debe estabilizar dentro de unos pocos segundos.

Para la apropiada operación del ARC, el operador solo necesita activar el control con el switch ON/OFF del ARC y seleccionar la marcha correcta para la pendiente, carga y condiciones del camino. El ARC está diseñado para permitir a la transmisión subir un cambio de la marcha seleccionada por la palanca de cambio. Después que la transmisión cambia la marcha seleccionada por el operador y la velocidad de motor excede 1950 RPM, el ARC aplicará el retardador lo necesario para mantener una constante velocidad de motor. El sistema ARC también proporciona protección de sobre velocidad de motor. Si una velocidad de motor no segura es alcanzada, el ARC aplicará los frenos, incluso si el switch ON/OFF del ARC está en la posición OFF y el acelerador está presionado. Los camiones al acercarse a una condición de sobre velocidad sonarán una bocina y se activará una luz a 2100 RPM. Si el operador ignora la luz y la bocina, el ARC aplicará el retardador a 2125 RPM.

Si la velocidad de motor continua aumentando, el ECM de Transmisión, ya sea, subirá un cambio (un cambio solamente sobre la posición de la palanca de cambios) o desconectará el lock up del convertidor de torque (si la palanca de cambios están en la posición del último cambio) a 2300 RPM. El ARC también provee al personal de servicio de capacidades de diagnóstico realzadas a través del uso de la memoria a bordo, la cual almacena posibles fallas, contador de ciclos del solenoide y otras informaciones de servicio para recuperar al momento de dar servicio.

Usando un computador laptop con el software ET (Técnico Electrónico) instalado, el personal de servicio puede acceder a la información de diagnóstico almacenada o ajustar los ajustes de control de velocidad de motor regulables.

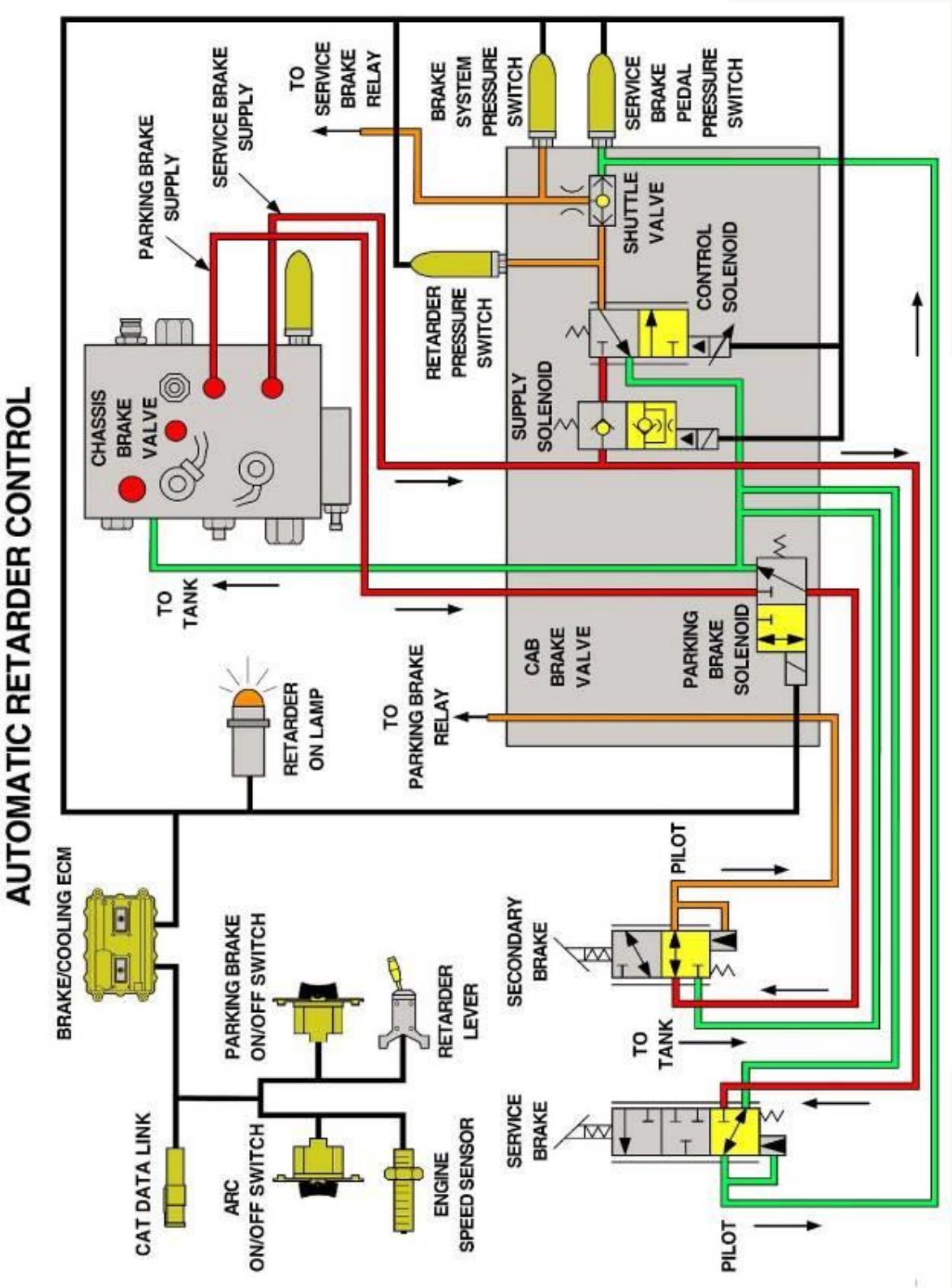

AUTOMATIC RETARDER CONTROL
BRAKE/COOLING ECM
CAT DATA LINK
PARKING BRAKE ON/OFF SWITCH
ARC ON/OFF SWITCH
RETARDER LEVER
ENGINE SPEED SENSOR
CHASSIS BRAKE VALVE
PARKING BRAKE SUPPLY
SERVICE BRAKE SUPPLY
TO SERVICE BRAKE RELAY
BRAKE SYSTEM PRESSURE SWITCH
SERVICE BRAKE PEDAL PRESSURE SWITCH
SHUTTLE VALVE
CONTROL SOLENOID
RETARDER PRESSURE SWITCH
SUPPLY SOLENOID
TO TANK
RETARDER ON LAMP
TO PARKING BRAKE RELAY
CAB BRAKE VALVE
PARKING BRAKE SOLENOID
PILOT
SECONDARY BRAKE
TO TANK
SERVICE BRAKE
PILOT

Figura 112

El ECM de Freno/Refrigeración control el ARC. El ECM de Freno/Refrigeración recibe señales de varios switches y sensores. El ECM analiza las diversas señales de entrada y envía señales a los componentes de salida. Los componentes de salida para el ARC son dos solenoides y una lámpara. Los frenos en el 797B son todos hidráulicos. La válvula de freno del chasis proporciona aceite de suministro del freno de estacionamiento y servicio para la válvula de freno de la cabina.

La válvula de freno de la cabina está ubicada bajo el evaporador del aire acondicionado en un compartimiento en frente de la cabina. La válvula de freno de la cabina incluye tres solenoides, tres switches y una válvula shuttle. El sensor de Velocidad de Salida del Motor (EOS) proporciona la señal de entrada primaria usada por el ARC. La información de velocidad de motor es el principal parámetro que usa el ECM de Freno/Refrigeración para controlar el retardo. El sensor de velocidad de motor es un sensor de frecuencia que genera una señal AC desde el paso de los dientes del engranaje del volante.

El sensor de velocidad/tiempo de motor también es usado por el ARC para propósitos de diagnóstico. Si el ECM de Freno/Refrigeración recibe una señal de entrada desde el sensor de velocidad/tiempo de motor, pero no del sensor EOS, el ECM de Freno/Refrigeración registrará una falla de velocidad de motor.

El ARC no funcionará sin una señal de velocidad de motor desde el sensor EOS. La válvula solenoide de suministro se ACTIVA O DESACTIVA para controlar el flujo de aceite de suministro a la válvula de solenoide de control. El ECM de Freno/Refrigeración energiza la válvula solenoide de suministro con voltaje +Batería (24 volts) a 100 RPM menos que el ajuste de velocidad de control programado. Normalmente la velocidad reducida será de 1850 RPM, desde entonces que la velocidad de control se ajusta a 1950 RPM en la fábrica.
Una falla es grabada si el ECM de Freno/Refrigeración censa la señal al solenoide de suministro como abierta, corto a tierra o corto a batería. La válvula solenoide de control modula el flujo de aceite al freno de servicio durante el retardado automático. El solenoide de control recibe una corriente entre 0 y 950 miliamperio desde el ECM de Freno/Refrigeración. A más altas RPM de motor, más alta la corriente.

Una corriente más alta mantiene la válvula solenoide de control más abierta y más presión de aceite es permitido a los frenos. Una falla es grabada si el ECM de Freno/Refrigeración censa la señal al solenoide de control como abierta, corto a tierra o corto a batería. El ECM de Freno/Refrigeración puede determinar si la válvula solenoide ha mal funcionado (fugas en las válvulas).

Si la presión de aceite está presente en el switch de presión del retardador cuando los solenoides son DESENERGIZADOS, el switch de presión del retardador indicará al ECM de Freno/Refrigeración que las válvulas solenoides de suministro o control han funcionado mal. Cuando es APLICADO, el sensor de la palanca del retardador manual envía una señal PWM al ECM de Freno/Refrigeración.

Mientras más es movida la palanca, más alta es la señal PWM. Luego el ECM de Freno/Refrigeración ACTIVA al solenoide de suministro y envía una corriente al solenoide de control que corresponde a la posición de la palanca del retardador (0 a 950 miliamperio). Si la palanca del retardador manual y el ARC son APLICADOS al mismo tiempo, el solenoide de control recibirá una corriente que corresponde a cualquier sistema que esté requiriendo por el mayor frenado.

El aceite desde el pedal de freno de servicio y el solenoide de control del retardador fluye a través de una válvula shuttle y un orificio antes de fluir al relé del freno de servicio. Si el pedal de freno de servicio es aplicado al mismo tiempo que el ARC o el retardador manual, la fuente con la más alta presión de aceite moverá la válvula shuttle y fluirá al relé del freno de servicio.

2.3 Mantenimiento del sistema de frenos y dirección

Mantenimiento del sistema de dirección

Para realizar el mantenimiento del sistema de dirección debe utilizar el manual de mantenimiento de su equipo respectivo, de la serie que corresponde al modelo, dependiendo de lo que diga el manual o el departamento de confiabilidad de su empresa.

Antes de entrar al mantenimiento procure limpiar el equipo con la finalidad de determinará claramente posibles fugas y no contaminar áreas donde se trabaja con aceite y necesitan un control adecuado de los contaminantes.

Cambie

- Cambie filtros, aceite según pauta de mantenimiento

Inspeccione

- Estado de las mangueras hidráulicas especialmente en las zonas de contacto con otras estructuras o entre ellas.
- Estado del cromado de los cilindros de dirección, cualquier problema en el cromado provocara ingreso de contaminantes al sistema hidráulico.
- Busque posibles fugas
- Verifique que en los puntos de engrase, la grasa vieja este siendo reemplazada por grasa nueva especialmente en las articulaciones de las rotulas de dirección, (si el sistema es con engrase centralizado)
- Siga las secuencias de engrase si el sistema no es automático
- Verifique si existe juego excesivo en los prisioneros de bola (rotulas)

Verifique

- Las presiones de las válvulas de alivio estén dentro de los valores especificados.
- Mida el tiempo de viaje de los actuadores
- Mida el porcentaje de flujo perdido de la bomba
- Si la dirección es de un equipo articulado, asegúrese que los neutralizadores estén trabajando correctamente.

Ejemplo de Mantenimiento de Sistema de Dirección Caterpillar 793F:
Midiendo el desgaste en prisioneros de bola (rotula de dirección)

Inspeccione los límites de desgaste horizontal para los prisioneros de bola en el varillaje de la dirección. Al mismo tiempo, inspeccione la pista de cojinete exterior. Inspeccione también las conexiones de engrase y los sellos.

Antes de realizar el trabajo, prepare la máquina para el mantenimiento. Consulte el Manual de Operación y Mantenimiento.

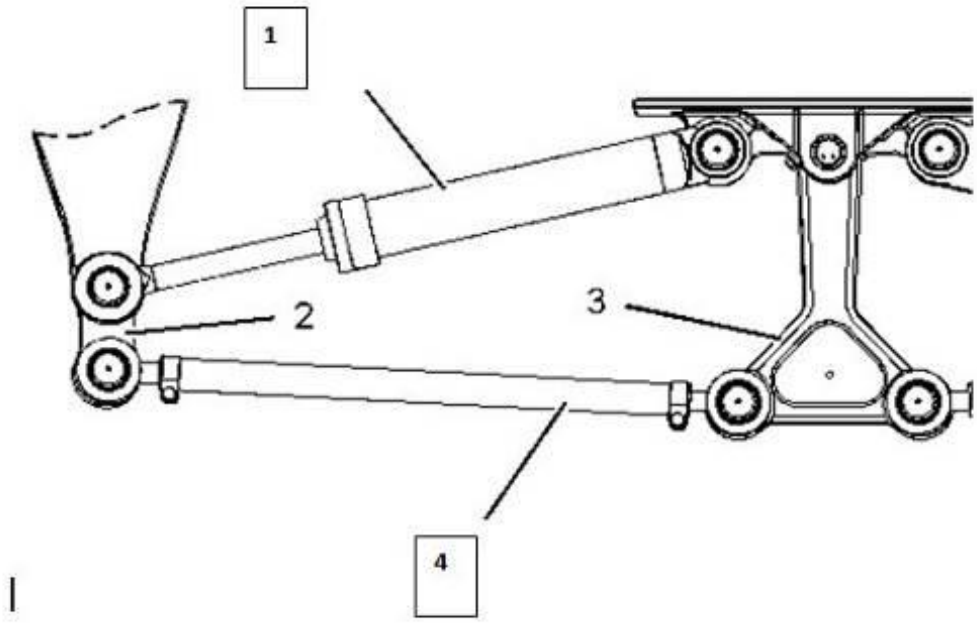


Figura 113

(Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Nota:
Sólo es necesario mover el volante de dirección a la izquierda y la derecha, lo suficiente como para medir el desgastado en el prisionero de bola y la pista exterior.

Cuando las ruedas delanteras se hayan movido en cualquier dirección, el varillaje de la dirección tiene que moverse lo suficiente como para registrar el desgaste horizontal en el indicador de esfera o reloj comparador.

Mida el desgaste horizontal de los prisioneros de bola y de las pistas de cojinete exterior, ubicados en los extremos interiores (centro) del varillaje, colocando el indicador de esfera contra la parte lateral del brazo central.

- Fije el indicador de esfera en cero.
- Haga girar a la derecha y a la izquierda las ruedas delanteras. Registre la cantidad de juego horizontal del indicador de esfera.
- Repita este procedimiento para medir los prisioneros de bola y las pistas de cojinete exteriores de los otros eslabones de la dirección.
- Repita este procedimiento para medir los prisioneros de bola y las pistas de cojinete exteriores de los dos cilindros de dirección.
- La cantidad máxima de desgaste horizontal es de 1,02 mm (0,040 pulg), para un camión 793F (consulte con el manual del fabricante, para su equipo en particular). Si cualquiera de las mediciones excede este límite, reemplace los prisioneros de bola y las pistas de cojinete exteriores.
- Inspeccione visualmente cada brazo de la dirección externo y el brazo de la dirección central para ver si hay grietas. Si es necesario, utilice tintas penetrantes para confirmar la presencia de cualquier grieta sospechosa. Si confirma que hay una grieta, reemplace la pieza dañada inmediatamente.
- Inspeccione todas las cubiertas de los prisioneros de bola. Inspeccione todas las conexiones de engrase y los sellos. Reemplace los componentes gastados o dañados.

Nota:
Lubrique correctamente el varillaje de la dirección para garantizar la durabilidad de los componentes. El varillaje de la dirección no debe tener contaminantes para garantizar la durabilidad de los componentes.

Para obtener más información sobre la inspección o el reemplazo del varillaje de dirección consulte al manual específico de su equipo y de la serie que corresponda.

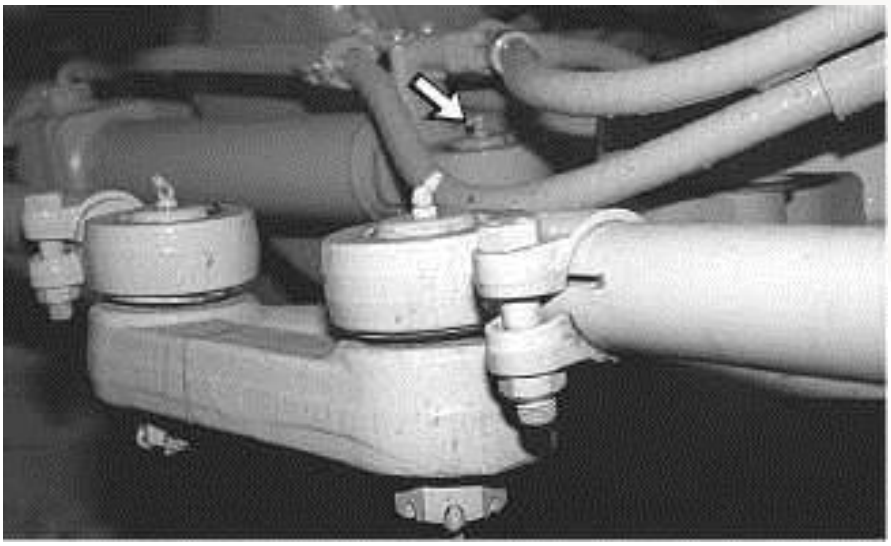


Figura 114

Ejemplo de Inspección ultrasónica de los prisioneros de bola (rotula) (Por gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Para efectuar la inspección de los prisioneros de bola se utiliza una inspección de rayo recto. No es necesario quitar los prisioneros de bola de la máquina para llevar a cabo la inspección. El procedimiento de inspección se utiliza para identificar cualquier daño que se haya producido durante la operación de la máquina. Se pueden producir grietas en los prisioneros de bola, lo cual puede hacer que fallen y producir la pérdida de la capacidad de dirección. El procedimiento de inspección hace referencia a las normas ASTM E114-95 y ASTM E1901-97.

Requisitos para la inspección de los prisioneros de bola

Herramienta

- El detector ultrasónico de imperfecciones debe ser una unidad Krautkramer USN 52 o equivalente.
- El instrumento debe tener un registro de calibración actual de linealidad vertical y linealidad horizontal.
- La velocidad del metal debe ajustarse utilizando un bloque tipo 1 IIW o tipo 2 IIW.
- El transductor debe tener un diámetro de 6 mm (0,25 pulg) y una frecuencia de 5 MHz.
- El agente de acoplamiento (compuesto de gel) debe ser tipo SonotechSoundclear 60 o equivalente.

Personal

- El personal técnico debe tener al menos una certificación nivel 1 de la American Society for Nondestructive Testing (ASNT), de acuerdo con lo definido en la norma ASNT SNT-TC-1ª
- Debe recibir capacitación por un instructor de nivel 2 o nivel 3
- Debe demostrar habilidades en los procedimientos de inspección

3. Mantenimiento Preventivo del Sistema de Frenos y Dirección

3.1 Procedimiento de mantención del freno hidráulico

Debido a la importancia del sistema de freno para seguridad general de un vehículo, la reparación se debe realizar con especial cuidado y atención. Un mecánico que irresponsablemente entrega un vehículo con frenos defectuosos al cliente o conductor debe ser reprendido severamente e incluso puede enfrentar cargos criminales o civiles. Esta Tarea de Aprendizaje describe los procedimientos de reparación que se deben seguir para los frenos hidráulicos, y se divide en cuatro partes principales - cilindros maestros, frenos de tambor, frenos de disco y válvulas del sistema de freno.

Mantención del cilindro maestro

Como cualquier otra pieza del freno, un cilindro maestro necesita mantención periódica. La razón más común para las fallas de cilindro maestro es que los copas pierden la capacidad de sellado. Las filtraciones de fluido interno más allá de las copas, y a veces también se muestra como una filtración externa. Un síntoma común es un pedal de freno esponjoso que llega hasta el piso mientras que todas las otras piezas del sistema de freno se encuentran en buenas condiciones. Las partes de caucho se desgastan con el uso y se deterioran con el envejecimiento o la contaminación del fluido. La corrosión o formación de depósitos en el alineamiento debido a la humedad o suciedad en el sistema hidráulico puede resultar en el desgaste del alineamiento del cilindro o sus piezas. También, se debe revisar el nivel de fluido en los depósitos de manera periódica. El nivel de fluido se debe mantener a 10 mm (3/8”) de la parte superior del depósito.

Cambio y desmontaje

Figura 115

Cilindro Maestro

A continuación se detallan los pasos a seguir para cambiar y desmontar el cilindro maestro.

1) Limpie la zona alrededor del cilindro maestro para evitar que grasa y suciedad entre al cilindro o las líneas hidráulicas. Desconecte los tubos y retire los pernos y tuercas que afirman al cilindro maestro al tabique o al reforzador de energía.

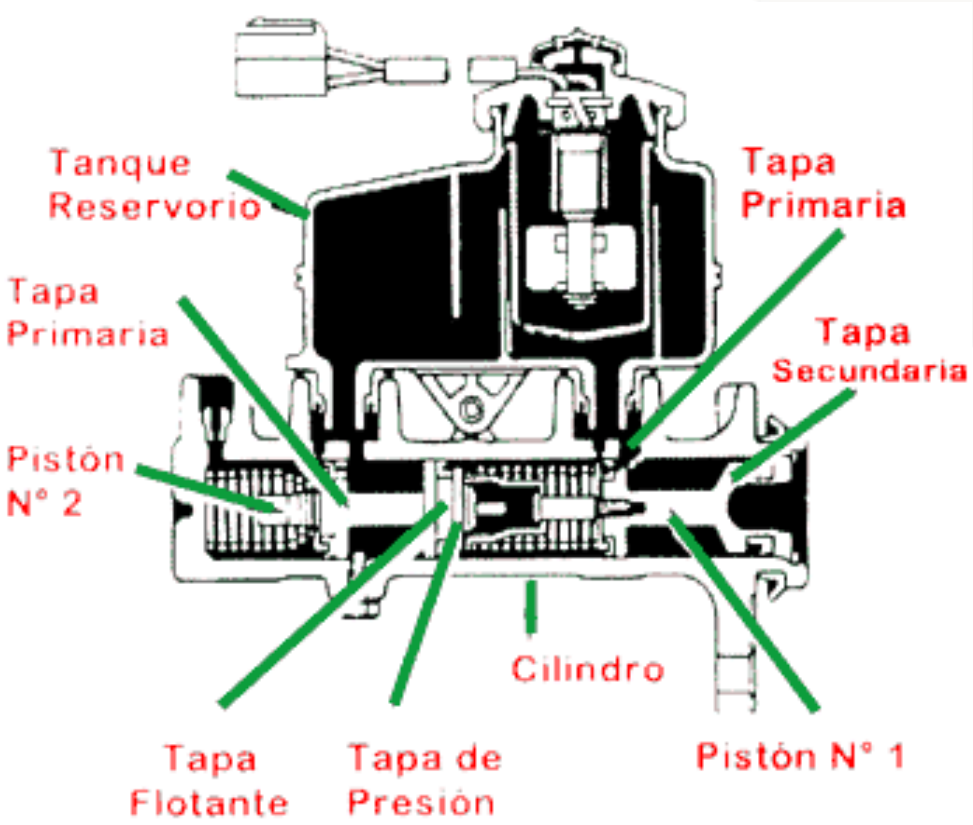


Figura 116

Cilindro maestro desarmado

2) Retire la tapa del depósito, y drene el fluido. Luego, saque el perno de detención del pistón, empaquetadura para el polvo y anillo de sujeción. Luego, deslice el pistón primario fuera del cilindro maestro. En cilindros maestro doble, el pistón secundario debe ser retirado a continuación. Esto se puede realizar al golpear la brida del montaje del cilindro maestro levemente contra el mesón de trabajo, al utilizar alicates de punta para retirar el montaje de su alineamiento, o al utilizar cuidadosamente aire comprimido en la salida frontal de fluido. Una vez que se ha retirado el montaje del pistón secundario, debe ser desarmado.

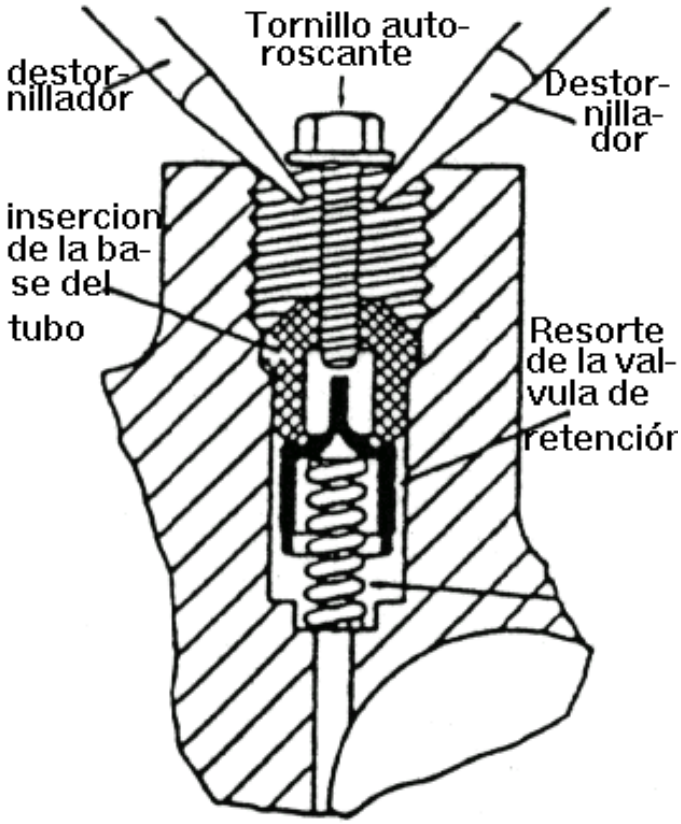


Figura 117

Retirar las inserciones de los puertos del cilindro maestro

3) Sujete el cilindro maestro en un tornillo de banco con puertos de entrada hacia arriba. No apriete en exceso el tornillo del banco de trabajo

Compruebe la existencia de una válvula de retención insertando un alambre por los orificios en las bases del tubo.

Cambie la(s) bases de los tubos y válvula(s) de retención sólo si hay una y viene una en el set de reconstrucción. Retire las inserciones de las bases de los tubos al roscar parcialmente un tornillo auto-roscante en cada base del tubo y sacar las inserciones utilizando dos destornilladores como se muestra en el Dibujo2. Retire la válvula de presión residual y el resorte de la salida.

3.2 Limpieza e inspección a los componentes

Lave completamente en alcohol el cilindro maestro y cualquier pieza que se vuelva a utilizar. NO UTILICE DERIVADOS DEL PETRÓLEO PARA LIMPIAR. Si el alineamiento no se encuentra seriamente rayado, oxidado o con corrosión, es posible volver a armar el cilindro maestro. Se puede pulir un poco los cilindros de fierro forjado para limpiar y pulir el alineamiento. Se debe utilizar un set de reconstrucción del cilindro maestro y fluido nuevo. Si el alineamiento del cilindro maestro se encuentra seriamente picado o con corrosión, o si ha sido reconstruido anteriormente, debe ser reemplazado por uno nuevo.

Limpieza del alineamiento de fierro forjado

Se debe utilizar arpillera o un pulidor para cilindro aprobado para eliminar picaduras, rayas o corrosión leve del alineamiento de los cilindros maestro de fierro forjado. Si el cilindro maestro no se puede limpiar debe ser reemplazado. Después de utilizar arpillera o pulidor, el cilindro maestro debe ser limpiado en alcohol limpio o fluido de freno para eliminar el polvo y restos de pulidor. Si se utiliza alcohol, seque cuidadosamente las piezas antes de reinstalarlas.

La holgura entre la pared del alineamiento y el pistón (pistón primario de un cilindro maestro de sistema doble) se debe revisar. Si se puede insertar un medidor de holgura de 0,15 mm (0,006") entre la pared y el pistón nuevo, existe demasiada holgura, y se debe reemplazar el cilindro maestro. La holgura máxima aceptada para las piezas que tengan pistones sin orificios de relleno es de 0,23 mm (0,009").

Limpieza de alineamientos de aluminio

Revise el alineamiento en busca de rayas, corrosión y picadas. Si el alineamiento está rayado o picado seriamente y con corrosión, el montaje se debe reemplazar. Bajo ninguna circunstancia limpie el alineamiento con un material abrasivo. Este eliminará la superficie anodizada resistente al desgaste y corrosión. Limpie el alineamiento con una brocha de fibra y/o un trozo de tela limpia alrededor de una espiga de madera y limpie cuidadosamente con alcohol. No confunda la decoloración y manchas en el alineamiento.

NOTA: Nunca pula el alineamiento de un cilindro maestro de aluminio. Si el alineamiento se encuentra picado o raspado seriamente, el cilindro maestro se debe reemplazar.

Mantención del freno de tambor

Un montaje del freno de tambor típico incluye una placa de soporte o apoyo con uno o dos cilindros aprieta balata unidos a él. Montados en la placa de apoyo hay dos balatas de freno alineadas con sus resortes retráctiles y sujeciones y una forma de regulación de las balatas para compensar el desgaste del revestimiento. Un tambor de freno incluye estas piezas. El freno de tambor en la parte trasera de la mayoría de los vehículos livianos generalmente incluye las piezas necesarias para los frenos de estacionamiento. Los frenos de tambor utilizados en vehículos modernos tienen todas estas piezas, pero existen un sin número de configuraciones.

Piezas del freno de tambor

Para estar seguro de la correcta reinstalación de las piezas del freno durante la mantención, tenga presente la disposición de las piezas del freno a medida que lo desarma. Esta puede variar en modelos distintos. Generalmente las balatas se mantienen en posición por medio de tensión de resortes. Cuando no se utiliza las balatas se afirman en el pasador de anclaje por medio de resortes retráctiles. Las balatas se mantienen en la placa de apoyo por medio de resortes sujeciones o abrazaderas de resorte. Opuesto al pasador de anclaje, un regulador de rueda con dientes triangulares une la red de balatas y entrega una regulación con hilo la que permite que las zaparas se contraigan y expandan. Las balatas se afirman en la rueda con dientes triangulares por medio de un resorte.

En los frenos modernos se utiliza una variedad de configuraciones de sujeciones, anclas y balatas. Algunos de los tipos más comunes se muestran en las páginas siguientes.

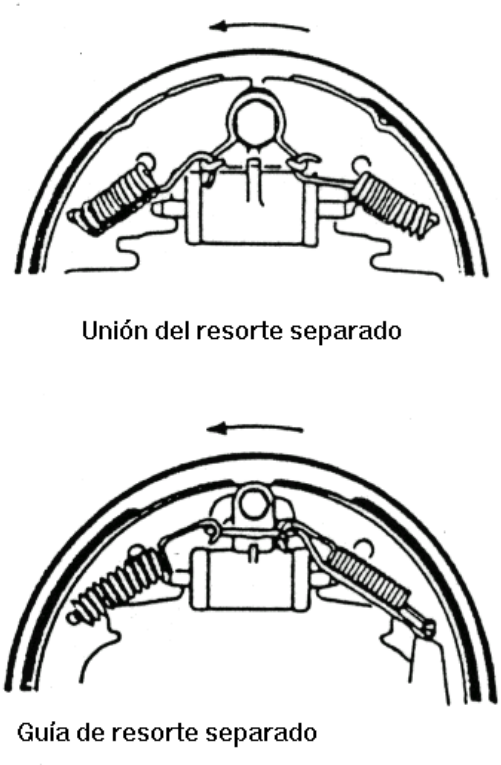


Figura 118

Resortes retráctiles de la balata

Los resortes retráctiles se clasifican por el color y se pueden utilizar diferentes tipos de alineamiento.

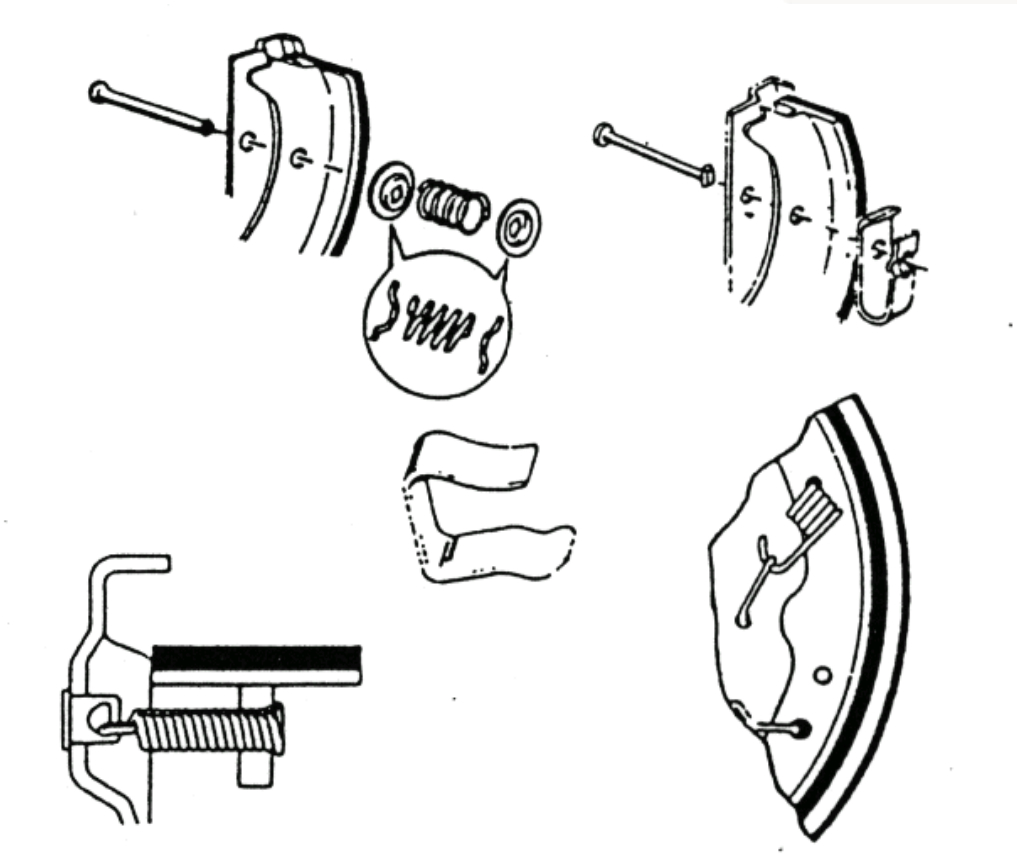


Figura 119

Clases de sujeciones de la balata

Sujeciones de la balata

En el Dibujo4 se muestran diferentes clases de sujeciones de balata. Para trabar o soltar las sujeciones de los pasadores rectos, presione la tapa de la copa y el resorte de la bobina, o la abrazadera del resorte, y gire los pasadores o seguros 90 grados.

Anclas de la balata

Como se muestra en la figura 120, existen diferentes clases de anclas como por ejemplo el tipo fijo no regulable, deslizamiento de la balata de centrado automático, o en algunos modelos anteriores, del tipo fijo regulable el que da una regulación excéntrica o ranurada. En algunos frenos delanteros, las anclas fijas están atornilladas o apernadas al muñón de dirección y también apoyan al cilindro aprieta balata.

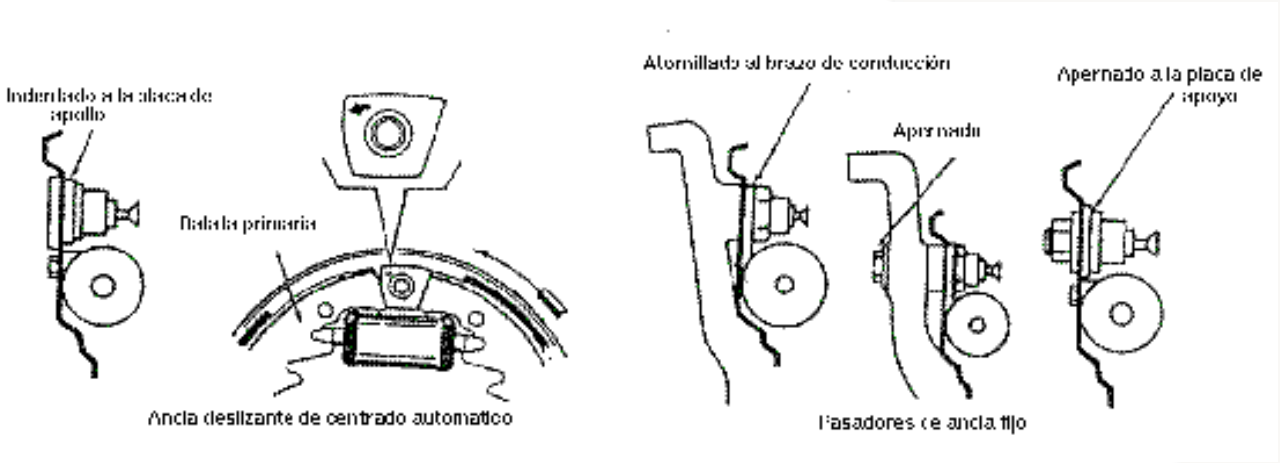


Figura 120

Clases de anclas de balatas

Cuando sea necesario volver a centrar las balatas en el tambor o el medidor del tambor en las anclas regulables, suelte la tuerca lo suficiente para permitir que el ancla se mueva un poco pero no demasiado para que se incline.

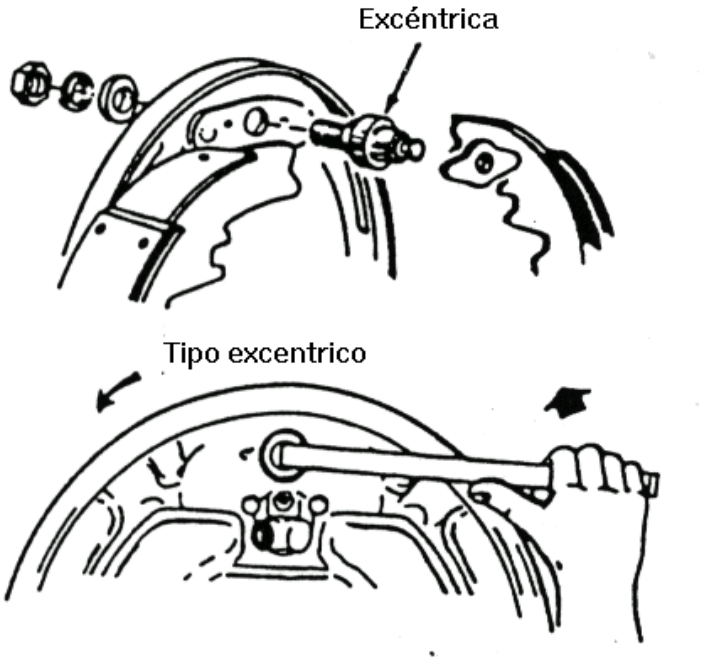


Figura 121

Regulación del ancla - fija y excéntrica

Para regular un ancla excéntrica, apriete la rueda con dientes triangulares hasta que se sienta apretado.

Luego, gire el ancla excéntrica en la dirección en la que se libera el freno hasta que se sienta apretado. Regrese la excéntrica al lugar entre los dos puntos en donde se sintió apretado y donde el tambor gira libremente. Repita esta secuencia hasta que lo apretado no se pueda liberar. Luego, apriete la tuerca del ancla y haga retroceder la rueda con dientes triangulares a una regulación manual normal.

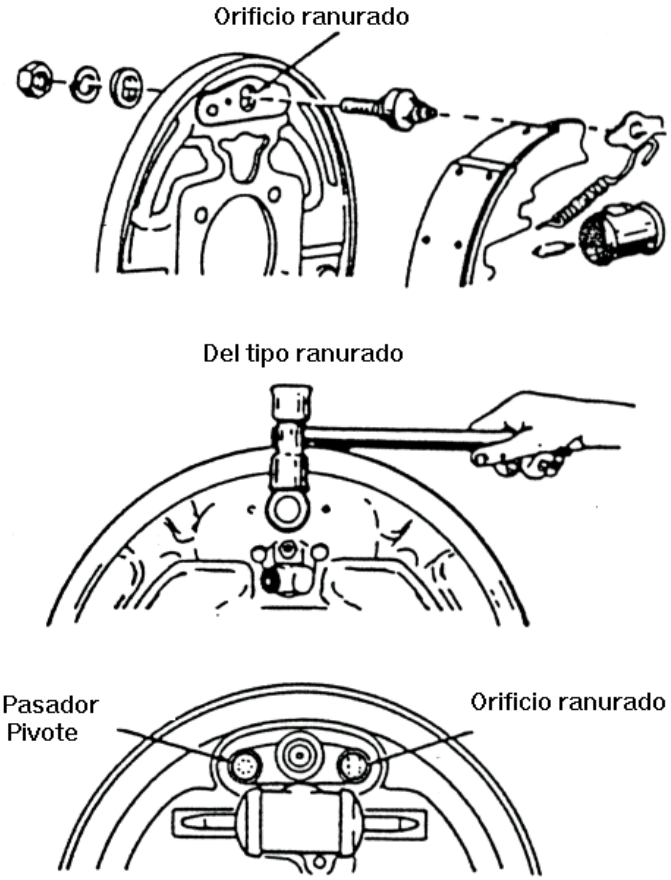


Figura 122

Regulación del ancla del tipo ranurado

En el tipo de ancla ranura da, apriete la rueda con dientes triangulares firmemente como lo muestra el Dibujo7. Luego, de golpes leves a la placa de apoyo hasta que el freno se libere. Repita esta acción hasta que lo apretado no se pueda liberar. Luego, haga retroceder la rueda con dientes triangulares a una regulación manual normal.

Mantención del cilindro aprieta balata

Los cilindros aprieta balata pueden necesitar reacondicionamiento o cambio cuando las balatas del freno se cambien o empiecen a filtrar. En muchos diseños, el cilindro aprieta balata se puede desarmar sin necesidad de sacarlo de la placa de apoyo. En algunos tipos, sin embargo, el cilindro está montado en un orificio de la placa de apoyo,

se debe soldar un tope del pistón de cilindro a la placa de apoyo. Al reparar esta clase, se debe retirar el cilindro de la paca de apoyo antes de desarmarlo.

Limpieza e inspección de diagnóstico

Cualquier filtración hidráulica es peligrosa. Las que se presentan en el cilindro aprieta balata se muestran de diferentes maneras. Se puede encontrar fluido cuando se retire la empaquetadura para el polvo, el cilindro, revestimiento y placa de apoyo, o el interior del neumático puede estar húmedo, puede haber una disminución en el nivel de fluido en el depósito del cilindro maestro. Estas filtraciones pueden hacer que los frenos arrastren o fallen y deben ser reparadas inmediatamente. Ponga atención a la cantidad de fluido presente cuando retire la empaquetadura para el polvo. Una pequeña cantidad filtración de fluido mojando en interior de la empaquetadura es algo normal; una empaquetadura que gotea no. A menos que otras condiciones hagan que los frenos tiren, agarren, o arrastren sean evidentes, el cilindro aprieta balata es sospechoso y debería ser considerado en el reacondicionamiento general. Si el fluido ha estado en contacto con el revestimiento del freno, el revestimiento del forro debe ser cambiado a ambos lados del vehículo.

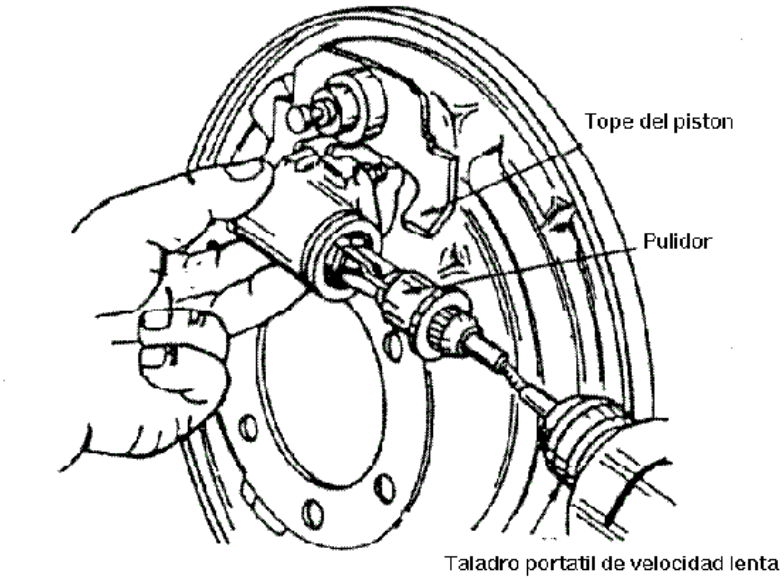


Figura 123

El cilindro aprieta balata se retira para desarmarlo y pulirlo

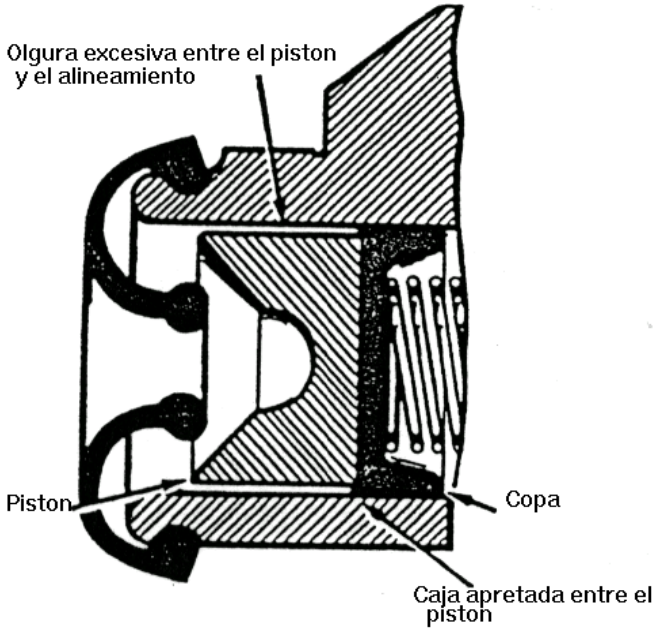


Figura 124

Holgura excesiva del pistón

La aglutinación del cilindro se puede deber al óxido, depósitos, copas hinchadas debido a la contaminación del fluido, o por una copa apretada en la excesiva holgura del pistón (ver Dibujo9). Si la holgura entre los pistones y la pared del alineamiento exceden los valores permitidos se puede presentar una condición llamada arrastre de unión. Esto puede originar un rápido desgaste de la copa y hacer que el pistón se devuelva muy lentamente cuando los frenos se liberan.

Un ejemplo típico de un alineamiento de cilindro rayado, picado o con corrosión se muestra en el Dibujo10. Aparece un anillo de una substancia dura como cristal en alineamiento del cilindro donde el pistón descansa después de la liberación de los frenos. Con arpillera o con un pulidor de cilindro permitido se puede retirar los depósitos o la rugosidad leve. Al pulir suavemente, se puede utilizar fluido de freno como lubricante. Si el alineamiento no se puede limpiar, se debe reemplazar el cilindro.

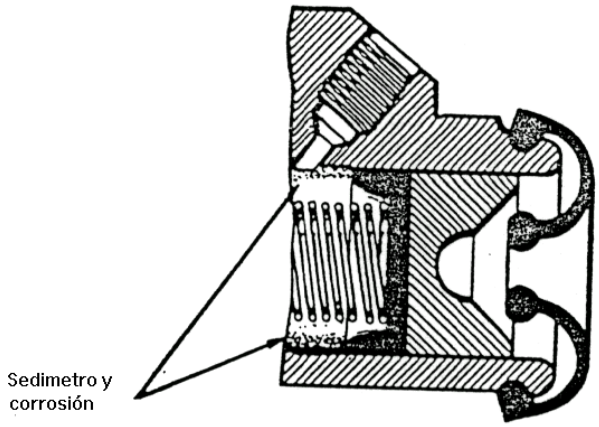


Figura 125

Sedimento y corrosión en el alineamiento del cilindro

Reacondicionamiento del cilindro aprieta balata en el freno de tambor

Es muy común el reacondicionar un cilindro aprieta balata de un freno de tambor sin desarmarlo: sin embargo, algunos frenos están equipados con topes externos para el pistón los que no permiten que se desarmen a menos que se retire el cilindro. Para hacer eso, saque los resortes de las balatas y sepárelas. Luego, desconecte la línea del freno, saque los pernos de retención o las abrazaderas de retención, y separe el bombín. La mayoría de los bombines se encuentran unidos a la placa de apoyo con pernos y es muy fácil retirarlos para hacer la mantención o cambiarlos. El procedimiento básico para el reacondicionamiento del cilindro aprieta balata de un freno de tambor se detalla a continuación.

- **Suelte el tornillo de purga**

Antes de empezar, se recomienda soltar los tornillos de purga del cilindro aprieta balata. Si está apretado en exceso y no se puede sacar sin romperlo, tendrá que cambiar el bombín en lugar de reacondicionarlo.

- **Desarme el bombín de freno**

Retire las empaquetaduras protectoras contra el polvo del cilindro aprieta balata. Las partes internas debería deslizarse fácilmente (ver Dibujo11). Las piezas se deben retirar con una espiga de madera, sacar con aire a baja presión al aplicar aire comprimido al puerto de entrada de aire. Si las piezas no se pueden sacar fácilmente, es señal de que están dañadas y no se pueden reparar, por lo que se debe cambiar el cilindro.

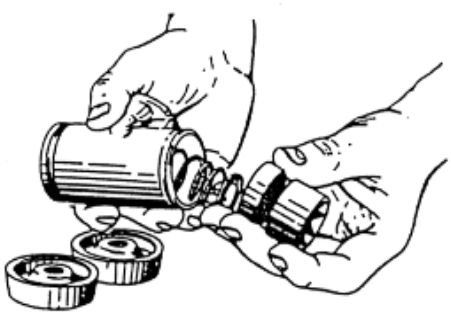


Figura 126

Desmontando el cilindro aprieta balata

- **Limpie las piezas del bombín**

Limpie las piezas en alcohol y/o fluido de freno. No utilice bencina u otros derivados a base de petróleo. Sólo utilice paños de limpieza sin pelusas. Se puede utilizar arpillera para limpiar raspones pequeños, muestras de óxido, corrosión o decoloración del cilindro maestro o pistones. Pase la tela de manera circular, no de adentro hacia afuera, o a lo largo. También se puede usar un pulidor de limpieza. Después de pulir un cilindro aprieta balata, revise si existe un exceso de holgura en el pistón y elimine las protuberancias de las toma de fluido o en los puertos del tornillo de purga.

- **Revise la holgura del pistón**

Para revisar la holgura del pistón, introduzca un medidor de holgura de 1/4" (6 mm) con la lo largo en el alineamiento del bombín como se muestra en el Dibujo12. Si es posible introducir el pistón con la tira en su lugar, el bombín es grande y se debe eliminar. Dependiendo del diámetro del alineamiento del cilindro es que el ancho de la tira del medidor varía de acuerdo a la tabla que se muestra a continuación.

Alineamiento de cilindro	3/4" - 13/16" (19 - 30 mm)	1 1/4" - 17/16" (32 - 37 mm)	1 1/2" UP (38 mm)
Lámina de relleno	0,006" (0,15 mm)	0,007" (0,18 mm)	0,008" (0,2 mm)

Tabla 4

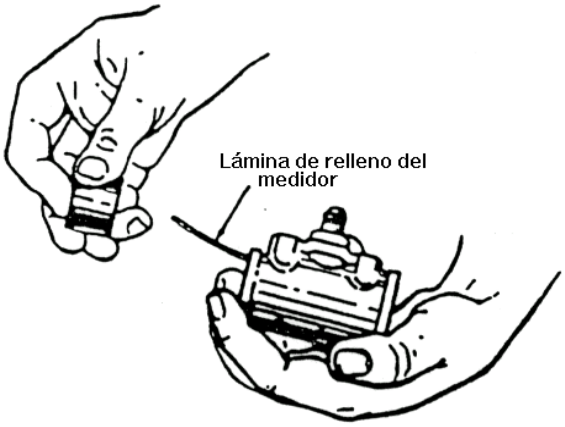


Figura 127

Revisión de la holgura máxima del pistón.

- **Arme el cilindro**

Arme el cilindro asegurándose de que las paredes estén mojadas con fluido de freno. Introduzca las copas y pistones de ambos extremos en un bombín de dos extremos; no los deslice hacia el interior por que los bordes se pueden dañar, en los bordes de los puertos del fluido (ver Dibujo13). Los bordes de las copas siempre deben estar hacia el interior.

Figura 128

Piezas del cilindro aprieta balata

Mantenimiento del tambor

Un tambor de freno debe soportar y disipar el calor que se genera durante la detención. Si este calor se hace excesivo, puede ocasionar una distorsión del tambor y deflexión (ver Dibujo14). Las superficies de fricción del tambor deben permanecer redondeadas y suaves para un buen funcionamiento. Si el tambor de freno no tiene un redondeado adecuado, rayado, o si ha sido trabajado a máquina hasta que quedó muy delgado, o si el contacto del revestimiento es muy irregular, la deflexión puede ser anormal y hacer que existan problemas como agarre, tirones, y ruidos. El tamaño máximo del diámetro fundido en el borde del tambor no debe ser sobrepasado al trabajarlo a máquina para corregir la redondez o las rayas en su superficie. Los tambores nuevos se deben revisar en un torno para frenos, y se les debe realizar un pequeño corte si fuese necesario para corregir hasta la falla más leve en el redondeado que se pueda producir durante el almacén- amiento.

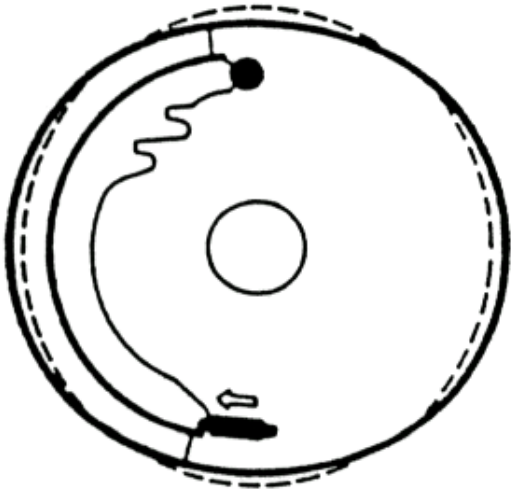


Figura 129

Deflexión del tambor

Regulación del revestimiento del freno

Las balatas de freno modernas generalmente vienen con lo que se conoce como una leva, codo, contorno, o forma excéntrica, la que es rectificada en la fábrica. Eso es, el grosor total del revestimiento se encuentra presente en la parte media de la balata, pero se rebajan levemente con un esmeril en el calzo y talón. El diámetro del círculo de la balata es levemente más pequeño que el del tambor. Esto compensa a las variaciones menores de tolerancia de los montajes del tambor y del freno, y promueve un desgaste de los revestimientos que calza con el tambor.

Ya que la mayoría de las balatas se fabrican de esta manera, la antigua práctica de arquear la balata para que calce con el tambor ya no se realiza. Tradicionalmente, el formar arcos se realizaba para hacer a las balatas exactamente concéntricas con el tambor. Se ha encontrado que el rectificado concéntrico aumenta las posibilidades de

agarre, impulsión y de chirridos, sin embargo esto aún se utiliza en algunos frenos de camiones de trabajo pesado que funcionan por medio de leva.

Otra ventaja de equipar a los frenos con un sistema que haga innecesario el formar arcos, es que se evita el peligro a la salud de trabajar con polvo de asbesto.

Nota:
No respire polvo de asbesto. Si se necesita arquear una balata de freno, hágalo sólo con el equipo permitido y use una máscara para el polvo autorizada.

Los nuevos revestimientos con rectificado excéntrico toleran una regulación de holgura más exacta del nuevo revestimiento. Con los reguladores manuales, las balatas se deben expandir hasta que los revestimientos se encuentren a punto de arrastrar pero no mucho en el tambor. Con los reguladores automáticos de rueda con dientes triangulares, un medidor de balata/tambor es un instrumento muy conveniente para realizar una regulación preliminar. Cuando este tipo de medidores se regula de acuerdo con el diámetro real del tambor, entrega automáticamente la holgura que las balatas necesitan para realizar su trabajo. Si los nuevos revestimientos han sido rectificados concéntricamente, en la regulación inicial se debe hacer retroceder un poco para que haya una holgura de trabajo suficiente.

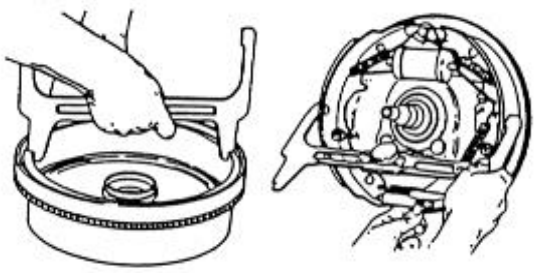


Figura 130

Regulación del revestimiento de freno

Muchos mecánicos se enorgullecen al mostrarle al cliente un pedal alto, pero se debe tener presente que con los revestimientos nuevos un pedal excesivamente alto es señal de una holgura estrecha y puede ocasionar problemas de asentamiento. Por esta razón, los vehículos deben volver por una mantención cada 1200 - 1600 (750 - 1000 millas).

Mantención del disco de freno
Los dos procedimientos más importantes a realizar en los frenos de disco son el reacondicionamiento de los calibradores del freno de disco y el reacondicionamiento del rotor para regresar un superficie plana y suave. Cada uno de estos procedimientos se describe en esta sección.

Reconstrucción de los calibradores

Antes de realizar la mantención de un calibrador de freno de disco, saque con sifón o jeringa alrededor de 2/3 de fluido del depósito del cilindro maestro; sin embargo, no baje el nivel más allá del puerto de toma del cilindro. Para evitar que pérdida de fluido debido a la gravedad, conecte la línea de freno después de desconectarla del calibrador.

Para reacondicionar un calibrador, sáquelo del vehículo, drénelo, y retire las balatas de freno. Para trabajar en un banco, sujete la caja del calibrador con un tornillo de mordaza suave. Al reconstruir calibradores fijos, retire los pernos del puente y separe las mitades del calibrador como se muestra en el Dibujo16. Si la unidad tiene conductos internos de fluido entre las mitades, retire los anillos selladores “O “de los cruces.

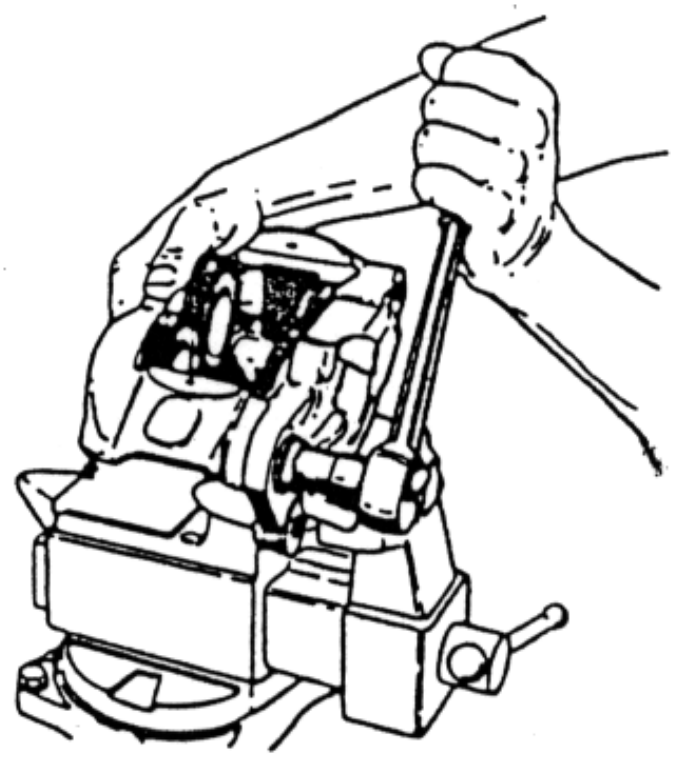


Figura 131

Retirando los pernos del puerto del calibrador fijo

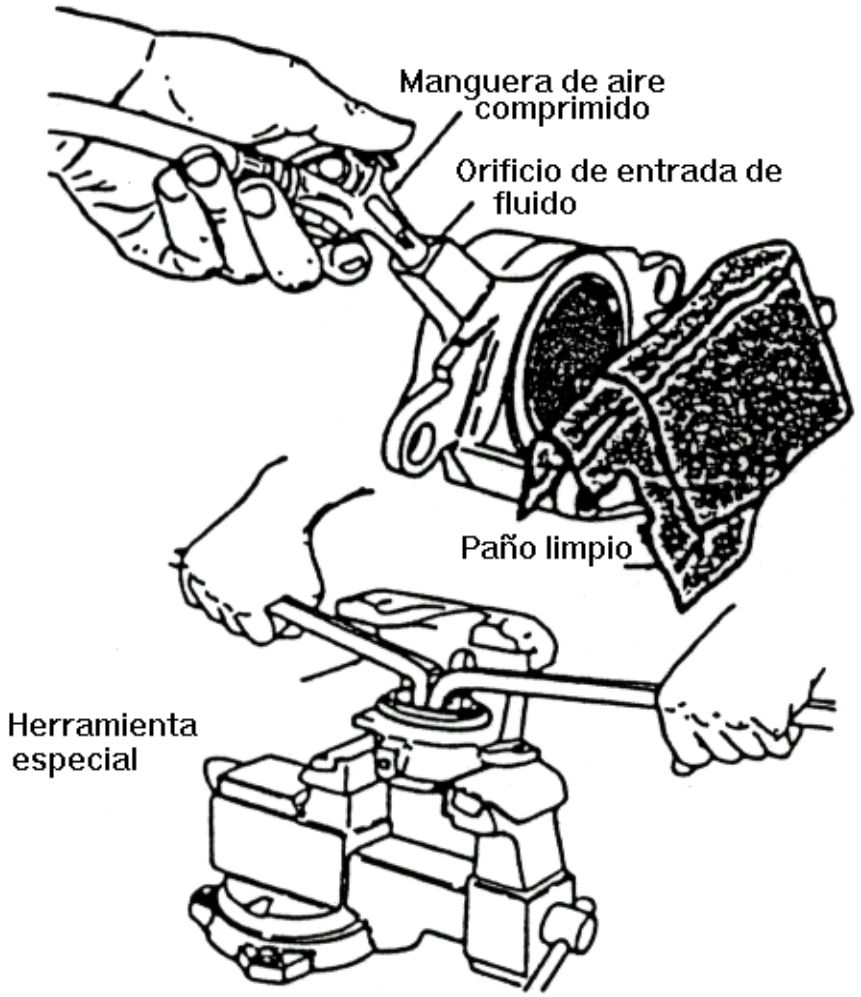


Figura 132

Retirar el pistón utilizando aire comprimido o una herramienta especial

Cuando se necesite, utilice herramientas especiales para sacar los pistones, empaquetaduras para el polvo, y sellos. Si se utiliza aire comprimido, aplíquelo lentamente para que los pistones se suelten suavemente de los cilindros, y atrápelos en un paño limpio; no deje que salten.

3.3 Disposición de los sellos hidráulicos

La disposición de los sellos en los pistones varía dependiendo del fabricante del freno. Los frenos Bendix, Budd, y Delco-Moraine, utilizan anillo de sello que encaja en una ranura en el pistón.

Ahora es muy común utilizar un sello fijo en los calibradores de freno. Durante el leve movimiento de la utilización del pistón, la elasticidad del sello fijo permite que algo de desviación en la ranura del cilindro. Como se muestra en el Dibujo18, el sello se desvía a medida que se utilizan los frenos y pierde tensión cuando los frenos son liberados, contrayendo el pistón en alguna cantidad.

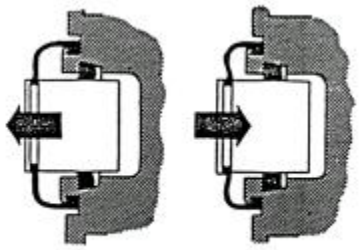


Figura 133

Elasticidad del sello hidráulico fijo

Un pistón raspado, un sello con mellas, o un depósito con barniz o sedimento que levante el borde del sello en el pistón provocarán una filtración de fluido. Se puede producir una filtración grave si no se reacondicionan los calibradores cuando se instalan cojines amortiguadores nuevas. El polvo y la mugre del camino, que se acumulan gradualmente detrás de la empaquetadura para el polvo, puede ser llevada hacia el sello cuando el pistón se empuja para acomodar los revestimientos nuevos y gruesos. Los sellos antiguos puede que se hayan torcido, evitando así que se produzca un asentamiento adecuado en la ranura de retención y sobre el pistón. Por esto es que se deben instalar sellos nuevos cuando se reacondicionen los calibradores.

Al sacar las empaquetaduras y sellos del pistón, ponga el borde de la empaquetadura de la ranura en el calibrador. Se muestran dos ejemplos en el Dibujo19. Después de que se libere la empaquetadura, saque el pistón, y retire el sello y empaquetadura.

Sacar empaquetadura anillada de acero morainedelco (calibrador fijo) Sacar anillo de retención de la empaquetadura budd.

Figura 134

Sacar empaquetaduras

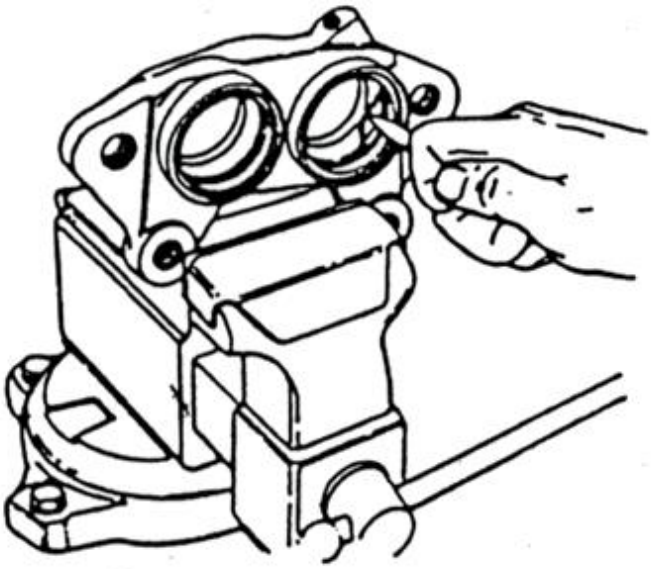


Figura 135

Retirar sello de anillo fijo

Para retirar empaquetaduras y sellos fijos (anillo rectangular), tire el pistón a través de la empaquetadura. No utiliza una herramienta de metal que pueda rasguñar la parte externa del pistón. Como se muestra en el Dibujo20, utilice una herramienta de madera o plástico con punta para levantar las empaquetaduras y sellos de las ranuras en el alineamiento del cilindro.

Limpieza, inspección e instalación

Sólo use alcohol o fluido de freno y un paño sin pelusas para limpiar el calibrador y pistón. No se debe utilizar otro tipo de solvente. Cuando el pistón y el calibrador estén completamente limpios, sople todos los conductos con aire comprimido.

Para corregir pequeñas imperfecciones en el alineamiento del cilindro, pula con una lija fina o con arpillera con movimientos circulares y no a lo largo. No use ningún tipo de abrasivo en un pistón galvanizado. Elimine un pistón que esté picado, rayado o que tenga muestras de desgaste en el galvanizado.

Como se muestra en la Figura 136, revise la holgura máxima del pistón al introducir en el alineamiento del cilindro un medidor con una tira de 1/4" (6 mm) con un grosor a lo largo adecuado. Si se puede introducir el pistón con la lámina de relleno en posición, se necesita un pistón o caja del calibrador nuevas. Inspeccione el sello nuevo. Debe permanecer plano y redondeado. Si se ha torcido durante el almacenamiento, no lo utilice. Lubrique con fluido de freno las paredes y piezas del cilindro.

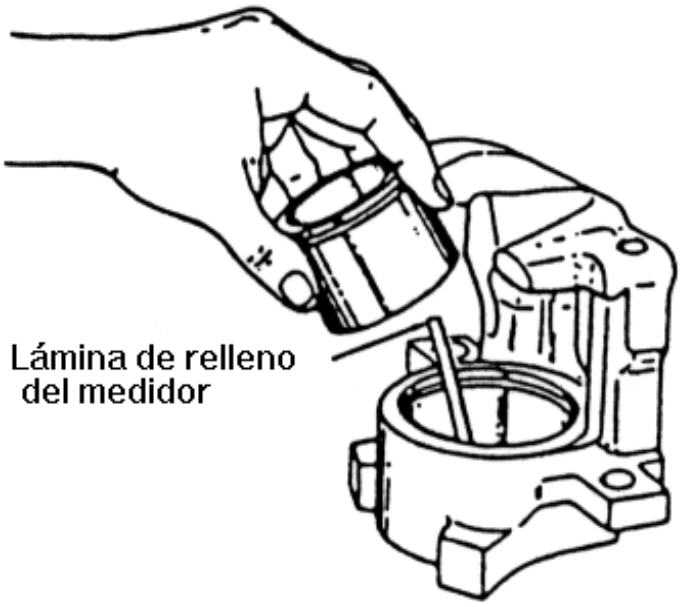


Figura 136

Revise la holgura máxima del pistón

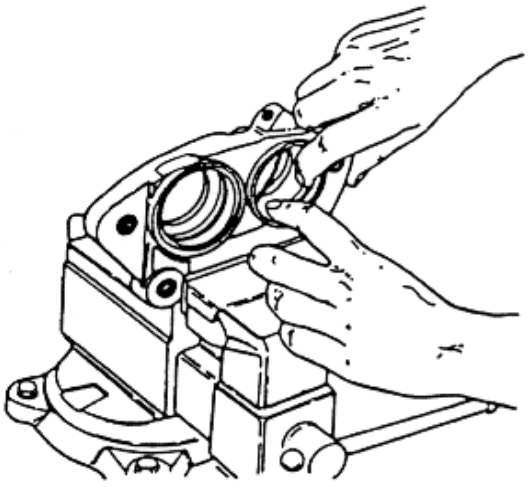


Figura 137

Instalación del sello fijo de anillo rectangular

Cuando instale empaquetaduras y sellos del pistón, extienda la empaquetadura y el sello sobre el pistón y asiéntelo en su lugar. Utilice herramientas para alinear especiales para insertar los sellos de borde de las copas. Instale los sellos fijos en (anillo rectangular) como se muestra en la Figura 136. Asegúrese de que los anillos no se doblen o enrollen en la ranura.
Donde el borde de la empaquetadura se sujeta dentro del alineamiento del cilindro, el método que se detalla a continuación funciona sin problemas:

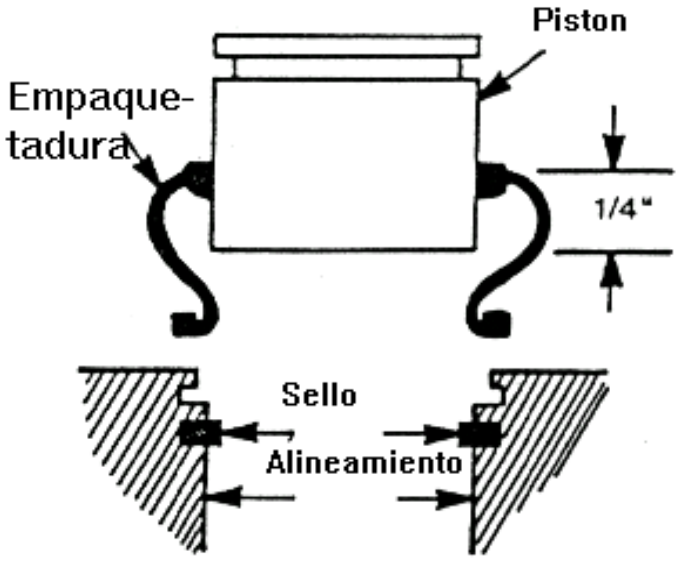


Figura 138

Instalación de la empaquetadura

- Lubrique con fluido de freno el borde interior del fondo en el pistón y sello del freno.
- Tire la empaquetadura por el extremo inferior del pistón de tal manera que la empaquetadura se ubique al fondo del pistón con el borde como a 1/4” arriba del extremo inferior (Dibujo23).
- Sostenga el pistón que cuelga por sobre el alineamiento.
- Introduzca la parte trasera del borde de la empaquetadura en la ranura en el calibrador.
- Apriete los lados de la empaquetadura en la ranura y empújela hasta que sólo quede una protuberancia.
- Empuje la protuberancia dentro de la parte frontal de la ranura.
- Empuje cuidadosamente el pistón, a través del sello y empaquetadura hasta el fondo del alineamiento. La parte interna de la empaquetadura debe deslizarse en el pistón y apoyarse definitivamente en la ranura de la empaquetadura.

Si el borde de la empaquetadura se queda fuera del alineamiento del cilindro, primero estire la empaquetadura sobre el pistón y ajústela en la ranura, luego presione el pistón en el sello. Presione completamente el pistón. Para apretar y ajustar el borde de la empaquetadura se necesitarán entre cincuenta a 100 libras de fuerza. En algunos

diseños, es necesario usar una broca de madera o una herramienta especial para asentar la empaquetadura de metal en el ensanchamiento del calibrador.

Instalación de los pernos del puente del calibrador fijo

Si el calibrador tiene curvas de conexiones internas de fluido, asegúrese de instalar sellos de anillos “O” nuevos en las uniones como se muestra en la Figura 137.

Figura 139

Cambio de Anillos “O” en los cruces de las conexiones internas

Instale pernos de alta flexibilidad en el puente en las mitades coincidentes del calibrador. Nunca cambie los pernos del puente por pernos estándar corrientes de ferretería; ordene los pernos sólo por los números de las piezas. Apriete los pernos utilizando una llave de tuerca con torsión, la que se especifica en la literatura de mantención.

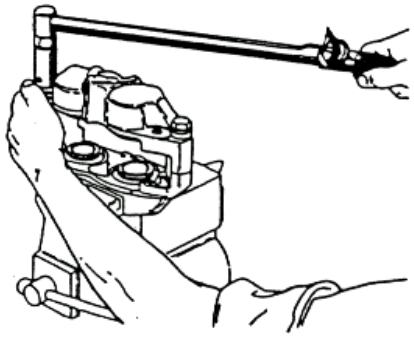


Figura 140

Apretar los pernos del puente con una llave de tuerca con torsión

Mantenimiento de los rotores del disco de freno

Un rotor del disco de freno necesita de superficies trabajadas a máquina extremadamente precisas. Sin embargo, siempre tendrán un desgaste (fuera de alineamiento) que será inevitable debido a la holgura necesaria del rodamiento de la rueda y las tolerancias de fabricación inherentes al tornear sus superficies grandes y planas.

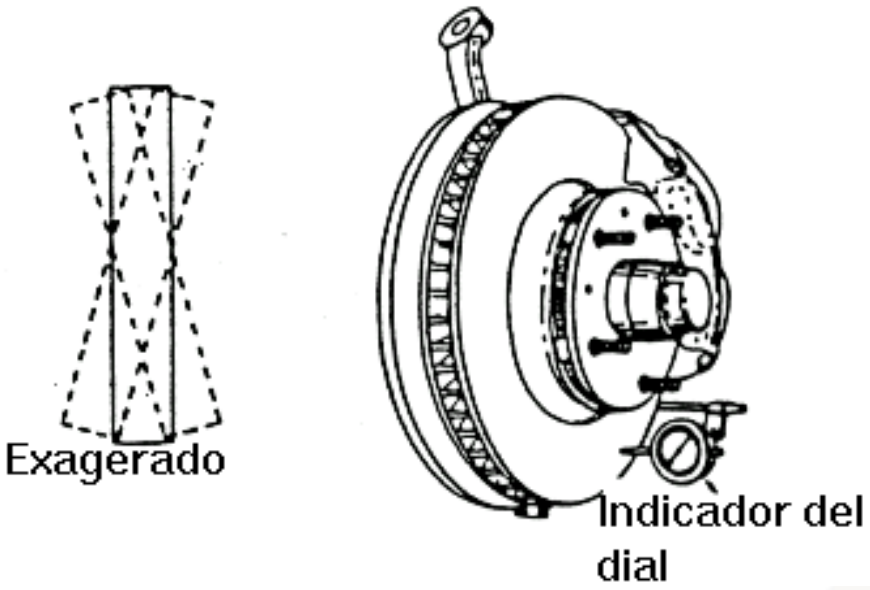


Figura 141

Desgaste del rotor

El desgaste, que se mide con un indicador de dial, no debe ser más de 0,05 a 0,13 mm (0,002” a 0,005”), dependiendo del fabricante del vehículo. Un desgaste excesivo empujará a las balatas muy lejos del rotor y aumentará el viaje del pedal. Un desgaste excesivo también puede hacer que el pedal vibre y contribuir al agarre, tirones, y ruido. Para evitar impulso o pulsaciones del pedal, las dos superficies trabajadas a máquina deben estar paralelas a 0,0005” (media milésima) en la mayoría de los vehículos.

Al tornear los rotores, nunca elimine demasiado metal como para que el grosor sea menor que de la dimensión forjada en la maza del rotor. Cambie el rotor si es que no limpia y reúne las tolerancias de desgaste y paralelismo bajo las especificaciones mínimas de grosor.

Mantenimiento frenos Camión eléctrico 930E-4

El sistema de freno de estacionamiento requiere de una inspección periódica para determinar la cantidad de desgaste, con el fin de asegurarse que haya torque de freno adecuado disponible. Debe realizarse la siguiente inspección a intervalos de 500 horas.

Inspección

1) Aplique el freno de estacionamiento, ponga el interruptor selector en NEUTRO, coloque el interruptor Rest en la posición ON, el interruptor de encendido en OFF para apagar el motor y espere alrededor de 90 segundos para que purguen los acumuladores de la dirección. Confirme que se haya liberado la presión de la dirección girando el volante de un lado a otro – no debería moverse. Bloquee las ruedas del camión.

2) Abra las válvulas de purga del acumulador de freno ubicadas en el múltiple del freno, dentro del gabinete de componentes hidráulicos, detrás de la cabina. Deje que los acumuladores purguen totalmente.

3) Abra la puerta de acceso de la caja del eje trasero y saque las tuercas que sujetan la puerta interior del ducto. Saque el tubo del ducto y abra las cubiertas de acceso dentro de la caja del eje.

4) Busque señales de fugas de aceite o daños.

5) Mida el desgaste del disco de la siguiente forma:

a) Con el freno de estacionamiento aplicado, inserte un micrómetro de profundidad a través de uno de los orificios de posición del pistón (18, Figura 7-2) y registre la dimensión.
b) Repita el paso a) midiendo a través de los otros dos orificios y registrando las dimensiones.
c) Sume las tres mediciones y divida el total por 3 para determinar el promedio.
d) Si el número resultante es mayor a 0.969 in. (24 mm), se debe desmontar el conjunto del freno y reconstruir.

6) Repita el paso 5 para los demás conjuntos de freno de estacionamiento.

7) Después de completar la inspección, cierre las cubiertas de acceso del ducto y vuelva a montar el tubo de salida del ducto.

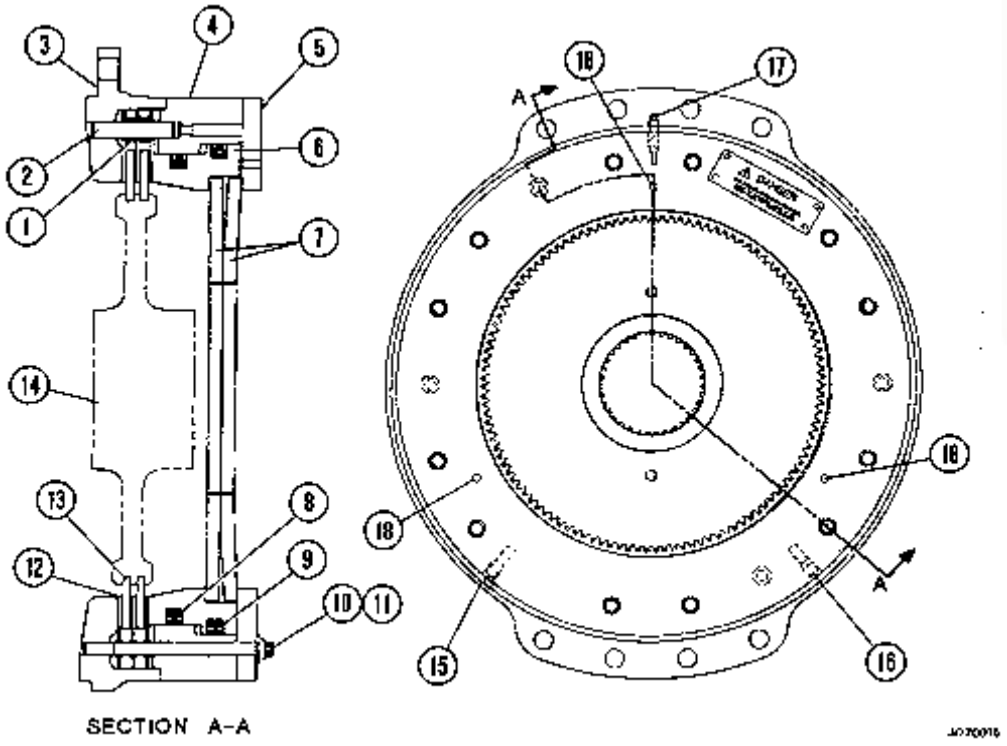


Figura 142

Conjunto del freno de estacionamiento
(Por gentileza de Komatsu Cummins)

1. Resorte de Compresión
2. Pasador
3. Caja
4. Caja del Pistón
5. Estructura de la Tapa del Extremo
6. Pistón
7. Resortes Belleville
8. Conjunto del Sello del Pistón
9. Conjunto del Sello del Pistón
10. Perno
11. Golilla Endurecida
12. Disco Separador
13. Disco de Fricción
14. Engranaje (Armadura)
15. Tapón
16. Lumbrera del Suministro de Aceite
17. Purgador y Tapón del Anillo de Goma
18. Orificios de Posición del Pistón

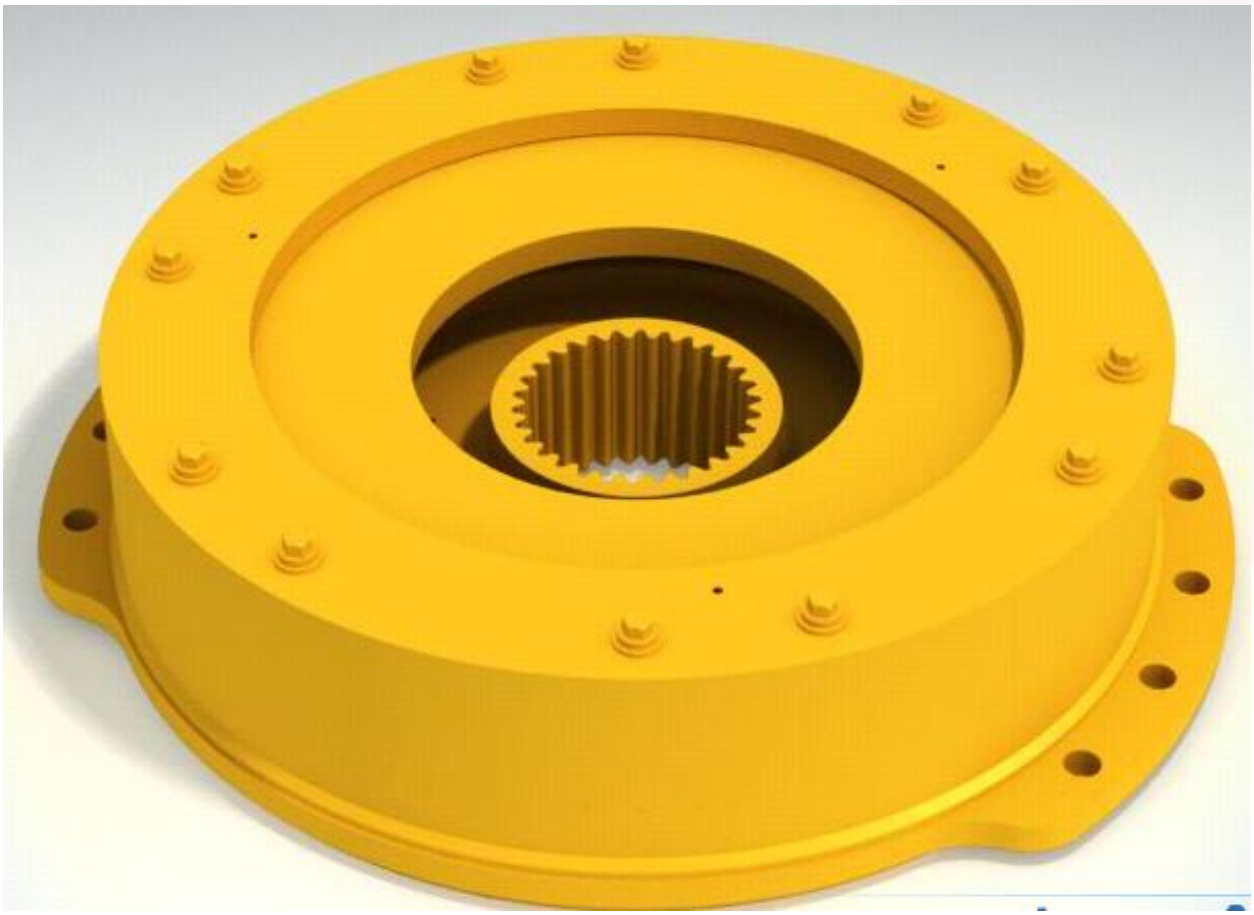


Figura 143

Conjunto freno de estacionamiento
(Por gentileza de KomatsuCummins)

8) Seleccione tres pernos a 120º de distancia y márquelos.

a) Apriete los pernos marcados con un torque de **30 ft. lbs. (41 N.m).** (Ajuste los demás pernos, después de apretar cada uno de los pernos marcados en los pasos siguientes).

b) Vuelva a apretar los pernos marcados hasta que el espacio entre la estructura de la tapa y la caja del pistón este igualado.

c) Vuelva a apretar los pernos marcados en incrementos de torque de **20 ft. lbs. (27N.m)** hasta que estén completamente apretados - torque de **90 ft. lbs. (122 N.m).**

d) Apriete los demás pernos con un torque de **90 ft. lbs. (122 N. m)**

Prueba de Presión:

9) Monte el tapón del anillo de goma y purgador (17). Monte un fitting en una de las lumbreras de suministro de presión y una fuente de poder hidráulica. Monte el tapón del anillo de goma en la otra lumbrera.

a) Aplique presión lentamente y abra la válvula del purgador para purgar el aire de la cavidad del pistón. Cierre el purgador y aplique presión hidráulica de 300 psi (2068 kPa) y mantenga por un (1) minuto.

b) Observe que no haya fugas de aceite. NO DEBE haber fugas.

c) Si hay fugas, se debe desensamblar y reparar el conjunto del freno.

Procedimiento de purga del freno de estacionamiento

1) Aplique el freno de estacionamiento, ponga el interruptor selector en NEUTRO, coloque el interruptor Rest en la posición ON, el interruptor de encendido en OFF para apagar el motor y espere alrededor de 90 segundos para que purguen los acumuladores de la dirección. Confirme que se haya liberado la presión de la dirección girando el volante de un lado a otro, no debiera moverse. Bloquee las ruedas del camión.

2) Bloquee las ruedas del camión en forma segura para evitar que se mueva el camión al liberar el freno de estacionamiento.

3) Abra la puerta de acceso de la caja del eje trasero. Saque el tubo del ducto de aire de enfriado y abra las cubiertas de acceso.

4) Asegúrese que las válvulas de purga del acumulador de freno estén cerradas.

5) Arranque el motor y deje que el sistema de la dirección se cargue completamente (bomba descargada). Ponga el freno de estacionamiento en la posición OFF.

6) Conecte una manguera de plástico claro en el perno de purga del freno de estacionamiento. Coloque el otro extremo de la manguera en un recipiente.

7) Lentamente abra la válvula de purga y deje que el fluido hidráulico corra hasta que esté limpio y sin burbujas. Cierre muy bien el perno purgador.

8) Repita los pasos 6 y 7 para el freno de estacionamiento.

9) Apague el motor.

10) Saque el equipo de purga del freno, cierre los ductos de aire de enfriamiento de la caja del eje y vuelva a montar el tubo del ducto en la puerta.

Inspección de desgaste del disco de freno camión Komatsu.
Se debe revisar el desgaste del disco de freno cada 1000 horas, utilizando la herramienta indicadora de desgaste (EF9302), incluida en el grupo de herramientas embarcadas con el camión.

La herramienta indicadora de desgaste del disco de freno está inserta en una lumbrera que se abre al aceite de enfriado. Al sacar el tapón del orificio de inspección para insertar el indicador de desgaste de disco de freno se perderá algo de este aceite. Una planificación anticipada ayudará a minimizar esta pérdida de aceite.

Considere programar las inspecciones de desgaste de disco de freno delantero junto con el cambio de aceite hidráulico y filtros de las 1000 horas. Siempre que se desmonten los neumáticos traseros se deben inspeccionar los frenos traseros para ver su desgaste. También considere obtener herramientas indicadoras de desgaste de disco de freno adicionales para mantenerlas en forma permanente en el camión. Si todos los conjuntos de freno están equipados con indicadores de desgaste de disco, no será necesario montar y desmontar en futuras revisiones.

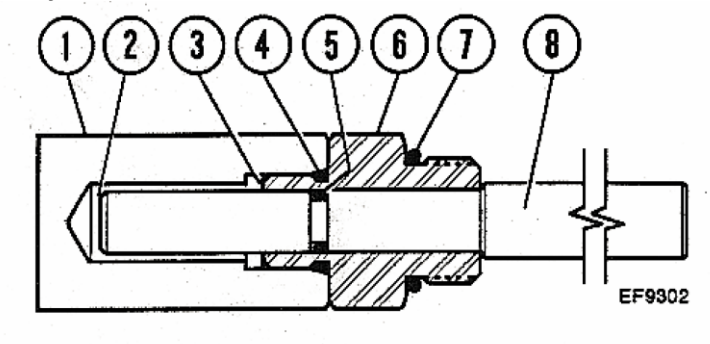


FIGURA 5-2. INDICADOR DE DESGASTE DE FRENO

1. Cubierta
2. Cara del Extremo del Pasador del Indicador
3. Cara de la Caja
4. Anillo de goma
5. Anillo de goma
6. Caja de la Herramienta
7. Anillo de goma
8. Pasador del Indicador

Figura 144

Conjunto del freno de disco húmedo
(Por gentileza de KomatsuCummins)

Los conjuntos del freno de disco húmedo, enfriados por aceite, delanteros y traseros son similares en diseño. Los frenos de las ruedas traseras difieren de las delanteras sólo en su disposición de montaje. El conjunto del freno trasero requiere un adaptador de cubo, para el montaje en el motor de la rueda.

Cada conjunto de freno de disco consta de los siguientes componentes básicos:

- Discos de fricción
- Placas separadoras
- Discos amortiguadores
- Conjunto del pistón
- Engranaje de corona estacionario
- Engranaje interior rotatorio
- Conjunto del sello de aceite del anillo flotante

Actividad N°10

Introducción a la actividad
Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán analizar una animación flash, de una bomba de desplazamiento variable, para posteriormente dar respuesta a una serie de preguntas planteadas más abajo.

El objetivo de esta actividad es familiarizar al participante con los sistemas hidráulicos sensores de carga.

Junto a lo anterior se busca que el participante se familiarice con los sistemas sensores de carga, sistema muy común en equipos mineros.

Aprendizaje esperado que desarrolla
El participante define el funcionamiento de sistemas hidráulicos complejos, según información técnica entregada

Estrategia metodológica para el instructor
Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes en la medida que explica los distintos conceptos y ejemplos mediante imágenes.

Recurso Plataforma Web	
Explicación demostrativa en aula	
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de situaciones problemáticas	✓
Formulación de Preguntas	✓
Taller de Trabajo	

Materiales y recursos
- Manual por participante
- Lápiz grafito por participante
- Computador
- Parlantes
- Proyector multimedia
- Telón para proyectar imágenes

- Pizarra
- Sala

Desarrollo de la Actividad
El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.

La etapa que requiere analizar paso a paso las secuencias de funcionamiento de la bomba de desplazamiento variable vista en la animación.

Seguridad
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

- Identificar las vías de escape y conocer el punto de encuentro de emergencia.
- Reglas de higiene y seguridad dentro de la sala, como por ejemplo no ingerir alimentos dentro de esta.

Taller práctico:

Nota: **La siguiente animación es un archivo flash** A10VO.exe (Por gentileza de Sandvik)	
1. Como se debe encontrar el plato de la bomba antes de la partida	El plato de la bomba se encuentra a máximo desplazamiento debido al resorte en el pistón de angulación del plato de la bomba.
2. ¿Es correcta la animación al mostrar un ángulo cero en el desplazamiento de la bomba?	No es correcto ya que este tipo de bombas no puede tener ángulo cero ya que necesita lubricarse, además posee un limitador de carrera en uno de los pistones de angulación que evita tener ángulo cero.
3. ¿De qué depende la presión a la salida de la bomba?	Depende de la tensión del resorte del compensador de flujo + la línea sensora de carga o LS
4. ¿Cuánta potencia consume el sistema hidráulico, en la	16 bar= 232 psi Potencia= (232 psi X 15 GPM)/ 1714 = 2,03

condición stand by, si la bomba en ese momento está entregando 15 GPM?	HP de consumo de potencia hidráulica extraída al motor diésel en stand by
5. ¿Cuándo toma el control el resorte compensador de presión?	Cundo la sumatoria de LS + el resorte del compensador de flujo sea mayor a la presión del compensador de presión (stall hidráulico)
6. ¿Qué ocurre con el plato de la bomba cuando el sistema entra en condición de stall	Se ira al mínimo desplazamiento , recuerde que no se encuentra consumiendo aceite

Cierre:

El participante deberá exponer las distintas condiciones que el instructor solicite explicar una vez completadas las preguntas.

El instructor deberá resaltar la importancia de los sistemas sensores de carga en términos de ahorro energético ya que consumirán más energía, como también en términos de vida útil de los componentes.

Actividad N° 11

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán desarmar evaluar y armar componentes del sistema de frenos y dirección siguiendo paso a paso la literatura técnica del fabricante del equipo.

El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con los componentes del circuito de frenos y dirección, generación de informes técnicos al respecto.

Aprendizaje esperado que desarrolla

- El participante desarmara, evaluara y armara componentes del sistema de frenos y dirección basado en literatura técnica
- El participante identifica el funcionamiento del sistema de frenos y dirección basado en literatura técnica

Estrategia metodológica para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes mientras se desarrolla el taller práctico asegurándose que están siguiendo los procedimientos de prueba al pie de la letra.

Recurso Plataforma Web	
Explicación demostrativa en aula	
Recurso Audiovisual	
Propuestas de situaciones problemáticas	✓
Formulación de Preguntas	✓
Taller de Trabajo	✓

Materiales y recursos

Los siguientes materiales están orientados al sistema de frenos de camiones mineros

- 4 Manual de servicio del equipo
- 4 set de herramientas específicas para el trabajo, solicitadas en el manual especifico del equipo e iluminación.
- 4 válvulas amplificadoras de flujo en corte
- 4 válvulas de control de dirección (orbitrol) en corte
- 2 bombas de dirección y frenos
- 4 múltiples de purga o sangría
- 4 Múltiples de frenos
- 4 válvulas de pedal
- Planos hidráulicos por participante
- Material de aseo

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento y asegurar la aplicación de los procedimientos al pie de la letra.

Antes de realizar trabajos en taller, los participantes realizaran un análisis de riesgos en el formulario que el instructor les entregara para el control de los riesgos presentes.
Aplicaran procedimientos de aislación y bloqueo de equipos.

Los elementos de protección personal obligatorios que el personal debe ocupar en el desarrollo de la actividad, son los siguientes:

Elemento de protección personal obligatorios

Taller práctico

Los participantes guiados por el manual de servicio deben realizar las siguientes actividades:

Primera etapa

1. Desarmar evaluar y armar válvula amplificadora de flujo, comparando las piezas reales con el plano hidráulico, dejando registro fotográfico para la etapa posterior
2. Desarmar la válvula de control de dirección, , comparando las piezas reales con el plano hidráulico, dejando registro fotográfico para la etapa posterior
3. Desarmar la bomba de dirección y aplicación de frenos , comparando las piezas reales con el plano hidráulico, dejando registro fotográfico para la etapa posterior
4. Desarmar los múltiples de purga y frenos, , comparando las piezas reales con el plano hidráulico, dejando registro fotográfico para la etapa posterior
5. Desarma un freno húmedo refrigerado por aceite dejando registro fotográfico

Segunda etapa

6. Con los registros fotográficos deberán construir un informe técnico, indicado cada imagen con su respectiva representación en el plano de frenos y dirección
7. Exponer el informe técnico explicando el funcionamiento de las distintas piezas del sistema de frenos y dirección.

8.

Recomendaciones

Cierre

El participante deberá preparar un informe ejecutivo y exponer en la sala de clases los resultados obtenidos y las conclusiones referentes al sistema.

El informe debe contrastar los valores especificados con los valores reales obtenidos, a partir del análisis de los resultados el participante deberá entregar las recomendaciones necesarias para realizar otras pruebas de funcionamiento o simplemente indicar que el equipo se encuentra dentro de los parámetros normales de funcionamiento

El participante deberá comprender la importancia de desarmar componentes del sistema de frenos y dirección para potenciar la etapa de diagnóstico.

El instructor deberá resaltar la importancia de siguiendo las instrucciones al pie de la letra disminuye la posibilidad de accidentes y de generar causas raíces de falla.

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-McMoRan
COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck

YAMANAGOLD