



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

BANCO ELECTROHIDRAULICO DIDACTICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

GUSTAVO MARTINEZ ZEPEDA

ASESOR: ING. DANIEL HDZ. PECINA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR FACULTAD DE ESTUDIOS
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

AT'NI: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
' Banco Electrohidráulico Didáctico '

que presenta el pasante: Gustavo Martínez Zepeda
con número de cuenta: 8203728-2 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 15 de Octubre de 1996

PRESIDENTE	<u>Ing. Daniel Hernández Pecina</u>
VOCAL	<u>Ing. Eduardo Chávez Covarrubias</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Bernardo Muñoz Martínez</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Emilio Juárez Martínez</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. David García Carreto</u>

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por esta oportunidad

A Mis **Paderes** por la vida

A Mis **Hermanos** por su solidaridad

A La **Familia Zepeda Martínez** por su apoyo

A Mis **Amigos** por sus consejos

A La **UNIVESIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**, expreso mi más sincero agradecimiento, y de manera muy especial a mis profesores, los Ingenieros:

J. Juan Conteras. E.
Javier E. Gurrion G.
Soledad Alvarado M.
Daniel Hernández P.
Noe García L.
Gerardo Sosa
Roberto Galicia.
Hector Roa O.

Por su dedicación y por enseñarme con su ejemplo que la única forma que nos da las más grandes satisfacciones en la vida es la honradez, la perseverancia y el trabajo.

Gustavo Martínez Zepeda

CONTENIDO

	PAGINA
INTRODUCCION.....	1
MAQUINAS HIDRAULICAS.....	2
PRINCIPIO DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.....	3
BOMBAS.....	5
TIPO DE BOMBAS HIDRAULICAS.....	6
CAUDAL TEORICO DE LAS BOMBAS.....	16
POTENCIA DE LAS BOMBAS.....	19
RENDIMIENTO DE LAS BOMBAS.....	21
VALVULAS HIDRAULICAS.....	22
CILINDROS HIDRAULICOS.....	41
MOTORES HIDRAULICOS.....	53
LIQUIDOS HIDRAULICOS.....	61
TUBERIAS Y SUS ACCESORIOS.....	71
SELECCION DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DEL BANCO ELECTROHIDRAULICO.....	75
CONSTRUCCION DEL BANCO ELECTROHIDRAULICO.....	79
SIMBOLOGIA.....	83
CIRCUITOS DEL BANCO ELECTROHIDRAULICO.....	86
CONCLUSION.....	88
REFERENCIAS.....	89

INTRODUCCION

La hidráulica es un extenso capítulo de la física que estudia los líquidos en movimiento o en reposos. Sin embargo en el presente proyecto, la atención principal se centra en los sistemas hidráulicos que trabajan con aceite más comúnmente empleados.

Hoy en día se ha generalizado tanto el empleo de la fuerza hidráulica en las máquinas modernas frente a otras formas de realizar trabajo. La razón principal es la de su gran flexibilidad, no hay nada tan flexible como empujar un líquido confinado, por medio de un componente de entrada llamado bomba, a un componente de salida llamado actuador.

Otra ventaja de la hidráulica es que permite controlar una fuerza muy grande con una fuerza muy pequeña. Otras razones que han contribuido al empleo de la fuerza hidráulica han sido su simplicidad, velocidad variable, reversibilidad entre otras razones.

El sistema hidráulico no es una fuente de potencia. La potencia es entregada por un motor (eléctrico, combustión interna etc.) a la bomba que impulsa el aceite al actuador donde se transforma la fuerza hidráulica en trabajo o potencia.

Pues bien, la intención es construir un banco hidráulico didáctico, para que el alumno pueda realizar con mejor conocimiento de causa los cálculos relacionados con los elementos de un sistema hidráulico, observar como funcionan, para demostrar después porque fallan.

MAQUINAS HIDRAULICAS

Una máquina se define como elemento transformador de energía, absorbe energía de una clase y la restituye en otro tipo de energía. Las máquinas se clasifican en grupos: eléctricas, mecánicas, de fluido, etc. Nuestro estudio corresponde a las máquinas de fluido, y dentro de este grupo están las máquinas hidráulicas, no necesariamente el fluido es agua para que sea máquina hidráulica, también un ventilador por ejemplo entra dentro del grupo de máquinas hidráulicas siendo que el fluido es aire, las bombas que bombean líquidos distintos del agua como aceite, gasolina, ácidos etc., también son máquinas hidráulicas.

Sabemos que la densidad es la masa por unidad de volumen y que todo cuerpo sólido, líquido o gas es compresible, sin embargo en el diseño de una bomba se hace suponiendo que el líquido bombeado no varía sensiblemente de la densidad, por lo tanto se hace la hipótesis de que la densidad es constante.

La compresibilidad se traduce en variación de densidad, por lo cual el fluido en su paso por la máquina varía grandemente, como es el caso de los gases en un compresor, en este caso el compresor es una máquina térmica cuyo estudio corresponde a la termodinámica.

Se puede definir como máquina hidráulica al elemento en el cual el fluido que intercambia su energía no varía de densidad en su paso a través de la máquina.

Definido el concepto de máquina hidráulica, sigamos con su clasificación de acuerdo al órgano intercambiador de energía, ya sea que se intercambie energía mecánica en energía de fluido o viceversa.

Entonces las máquinas hidráulicas se clasifican en dos grupos, en máquinas de desplazamiento positivo y en turbomáquinas.

En las máquinas de desplazamiento positivo, también llamadas máquinas volumétricas, el órgano intercambiador de energía cede energía al fluido o el fluido a él en forma de energía de presión, creada por la variación de volumen.

En las turbomáquinas, también llamadas máquinas de corriente, el intercambiador de energía recibe energía del fluido, en esta caso la velocidad y los cambios de dirección juegan un papel importante.

En las máquinas de desplazamiento positivos el órgano transmisor de la energía puede moverse tanto con movimiento alternativo como con movimiento rotativo. En las turbomáquinas el órgano transmisor de la energía (Rodete) se mueve siempre con movimiento rotativo.

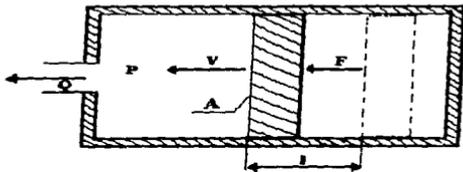
EL PRINCIPIO DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Se dijo con anterioridad que en las máquinas de desplazamiento positivo el órgano intercambiador de energía sede energía al fluido, produce un flujo o corriente de líquido. Entrega un caudal, desplazan el líquido de un punto a otro. Pero este desplazamiento puede ser de dos clases, desplazamiento positivo y no positivo.

Como un ejemplo de desplazamiento no positivo será mencionar, por ejemplo, la rueda china de cangilones, que lleva un líquido de un lugar a otro, sin que exista oposición a la circulación del líquido, su objetivo es llevar el líquido de un lugar a otro sin ninguna presión.

En cambio los órganos empleados hoy en día en los sistemas hidráulicos, no solamente producen un caudal de líquido, sino que también son capaces de sostenerlo contra la resistencia opuesta a su circulación. Por eso se llaman de desplazamiento positivo. El líquido sale por el órgano y es "apoyado" por este, sin este apoyo, el líquido movido por el órgano no podría vencer nunca ninguna de las resistencias que se oponen al sistema hidráulico.

Las máquinas de desplazamiento positivo las clasificamos de acuerdo al movimiento del desplazador, como máquinas alternativas y como máquinas rotativas, se llaman máquinas alternativas porque el movimiento del desplazador es lineal, el principio del desplazamiento es el siguiente: Pensemos en un cilindro y en un émbolo dentro del cilindro ambos rígidos con un ajuste adecuado para que el émbolo pueda moverse al aplicársele una fuerza como en la figura:



En el interior se mueve el émbolo con una velocidad V hacia la izquierda y aquí hay un fluido incompresible a la presión P , el movimiento del émbolo se debe a la fuerza aplicada F . El émbolo al moverse desplaza al fluido a través del orificio si el émbolo recorre una longitud L el volumen desplazado será igual al área transversal del émbolo por la longitud ($A \times L$), como el fluido es incompresible la cantidad de fluido que sale por el orificio será también $A \times L$. En tiempo que ocupa en recorrer la distancia L es :

$$t = L/V \quad \left[\frac{m}{m/seg} \right] = [seg]$$

L= Longitud
V= Velocidad

Entonces el volumen desplazado en unidad de tiempo será el caudal Q

$$Q = AL/t$$

AL= Volumen desplazado
t = tiempo

Pero :

$$L/t = Velocidad$$

$$\text{Entonces } Q = AV$$

En mecánica, una fuerza hace un trabajo solo cuando experimenta un desplazamiento en la dirección de la fuerza ($W = F \cdot d$), pero la cantidad de trabajo ejecutada por unidad de tiempo se llama potencia (N)

$$N = Fd/t \quad ; \text{ Pero } d/t = \text{velocidad}$$

$$\text{Entonces } N = FV \quad ; \text{ Pero } F = PA$$

$$\text{Luego } N = PAV \quad ; \text{ donde } Q = AV$$

Por lo tanto

$$N = PQ$$

Es claro de que de la figura anterior este elemento puede funcionar como bomba o como motor, es decir, la máquina puede absorber potencia mecánica ($N = FV$) y entregar potencia hidráulica ($N = PQ$).

Las máquinas rotativas se basan bajo el mismo principio, únicamente que el movimiento del desplazador es circular, siempre hay una cámara que aumenta de volumen (succión) y disminuye de volumen (Descarga). El volumen desplazado del líquido es igual al volumen de una cámara multiplicado por el número de cámaras que pasan por el orificio de salida durante una revolución de la máquina, el desplazamiento se expresa en centímetros cúbicos por revolución.

Por lo tanto el caudal Q en estas máquinas es :

$$Q = Dn$$

donde : D = desplazamiento
 n = velocidad angular

Este tipo de máquinas constan de un estator, de un rotor y un desplazador, el desplazador esta constituido por engranes, paletas, émbolos, etc. Estas máquinas se construyen en inmensa variedad de modelos. La mayoría de estas bombas tienen un desplazamiento fijo que no puede modificarse más que sustituyendo algunos componentes, en ciertas máquinas rotativas es posible variar las dimensiones de la cámara por medio de controles externos, variando así el desplazamiento.

La clasificación de estas máquinas se van a dar en las secciones siguientes, con una descripción de algunos tipos más interesantes que encuentran aplicación continua en la industria de los controles hidráulicos, el automatismo y transmisiones.

En resumen el principio de desplazamiento positivo consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. Las máquinas de desplazamiento positivo se emplean casi exclusivamente en las transmisiones y controles, quedando casi eliminados de este dominio las turbomáquinas.

BOMBAS

La bomba es el corazón del sistema hidráulico, crea el flujo del líquido que llena todo el circuito, su función consiste en transformar la energía mecánica en energía hidráulica, impulsando el fluido hidráulico en el sistema.

Las bombas de desplazamiento positivo o bombas hidrostática suministran una cantidad de fluido en cada carrera, revolución o ciclo, su desplazamiento es independiente de la presión de salida, lo que las hace muy adecuadas para la transmisión de potencia.

CAUDAL DE LAS BOMBAS

El caudal es el volumen de aceite que entrega la bomba en una unidad de tiempo, pero las bombas se dividen en dos grandes grupos según su caudal.

- a).-Bombas de caudal fijo
- b).-Bombas de caudal variable

Las bombas de caudal fijo únicamente cambian de caudal al variar la velocidad de giro de la bomba, si la velocidad de giro no cambia, la bomba entrega siempre el mismo volumen de aceite en unidad de tiempo.

Como en un circuito hidráulico hay fluctuaciones de presión puede ser que varíe algo el caudal, debido a las fugas de aceite de la descarga hacia la succión. Estas fugas son inevitables en este tipo de bombas es por ello que estas bombas se emplean más en sistemas de baja presión o como bombas auxiliares de otra bomba que trabaja en un sistema de presión más alto.

Las bombas de caudal variable son capaces de variar el volumen de aceite que entrega en la unidad de tiempo, sin variar su velocidad de giro.

Estas bombas tienen en su interior un mecanismo que hacen variar el caudal que entregan de forma que se mantenga constante la presión dentro del sistema hidráulico. Cuando aumenta la presión disminuye el caudal, y cuando disminuye la presión aumenta el caudal.

Como conclusión podemos decir que la bomba hidráulica no crea la presión ; solamente entrega un caudal de líquido. La presión surge por la resistencia ofrecida a la circulación del líquido.

Caudal fijo = Flujo constante

Caudal variable Flujo variable

TIPOS DE BOMBAS HIDRAULICAS

Estas máquinas se fabrican en muchos tamaños y formas, con mecanismos diferentes de bombeo según el órgano desplazador.

Casi todas las bombas empleadas hoy en día son de tres tipos básicos.

- Bombas de engranes
- Bombas de paletas
- Bombas de pistones

En un determinado sistema hidráulico podrá emplearse una sola de estas bombas, o dos o combinadas ya que los tres tipos son giratorios y el líquido es movido por una pieza en rotación en el interior de la bomba.

BOMBA DE ENGRANES

Son sencillas y económicas, su capacidad es suficiente para las necesidades de la mayoría de los sistemas que necesitan un caudal fijo, ya que con ellas no se puede variar el caudal de aceite que entregan. Se emplean dos tipos básicos de bombas de engranes.

- * Bomba de engranes externos
- * Bomba de engranes internos

BOMBA DE ENGRANES EXTERNOS RECTOS

Estas bombas constan de dos engranes herméticamente acoplados dentro de una caja, el eje de accionamiento hace girar uno de los engranes que, a su vez obliga al otro a girar. La hermeticidad del conjunto se consigue por medio de casquillos, superficies mecanizadas con alta precisión y placas de fricción. Su principio de funcionamiento es muy simple. (Figura 1).

Al girar los engranes se crea un vacío en la cámara de entrada de la bomba, entonces el aceite entra por esta cámara por la acción de la presión atmosférica, es atrapado entre los dientes de los engranes y las paredes de la caja, y es llevado a la cámara de salida. Los dientes opuestos que van engranando en el centro de la caja hacen un cierre hermético que impiden que el aceite retroceda con el giro de los engranes, el aceite es empujado hacia la salida y obligado a circular por el sistema.

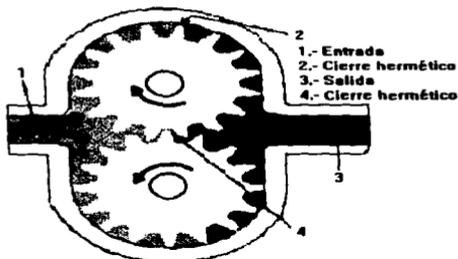


Fig.1

En algunas bombas de engranes una pequeña parte de aceite a presión se deriva por detrás de la placa de fricción para que esta placa se aplique con más fuerza contra los engranes, para hacer más hermética la bomba y aumentar así su rendimiento.

BOMBA DE ENGRANES INTERNOS RECTOS

También consta de dos engranes, pero en este tipo de bomba un engrane gira dentro de otro más grande de dientes internos. Los dientes del engrane conductor entran en la toma con los del engrane mayor en un lado, mientras que en el lado opuesto se interpone entre ambos un separador en forma de luna creciente.

Su principio de funcionamiento es el mismo que el de la bomba de engranes externos, únicamente que en la bomba de engranes internos los engranes giran en la misma dirección, al accionar el engrane conductor hace girar al engrane conducido de dientes internos (figura 2).

El aceite es atrapado entre los dientes y el separador y empujado hacia la salida. Al engranar de nuevo los dientes forman un cierre hermético que impide que el aceite retroceda hacia la entrada. La bomba es alimentada por la acción de la presión atmosférica, que llena de aceite el vacío parcial que se va haciendo a medida que los dientes empujan el aceite hacia adelante.

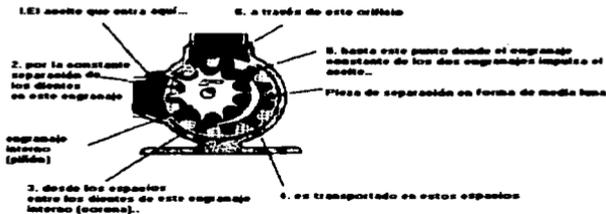


Fig.2

BOMBA DE LOBULOS

(Versión a base de rotor de la bomba de engranes internos)

Un rotor gira dentro de un estator, el rotor es de lóbulos redondeados en lugar de dientes y no es necesario el separador de formas semilunar.

El rotor tiene un lóbulo menos que el estator (Figura 3). Por lo que al girar dentro del estator solo entra o engrana uno de sus lóbulos y es el que hace el cierre hermético que impide el retroceso del aceite.

A partir del punto de toma los lóbulos se separan formando una cavidad en la que el aceite entra por la acción de la presión atmosférica, y es empujada hacia la salida al reducirse de nuevo esta cavidad a partir del punto de contacto del lóbulo opuesto.

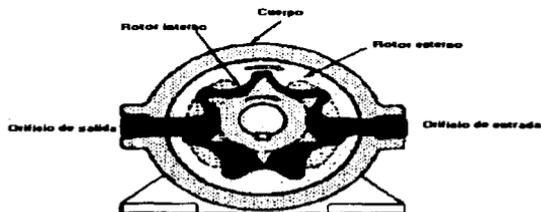


Fig.3

BOMBAS DE PALETAS

Las bombas de paletas tienen muchas aplicaciones y pueden ser simples, dobles y hasta triples. Todas las bombas de paletas mueven el aceite por medio de un rotor con ranuras en las que van alojadas las paletas.

Las bombas de paletas más empleadas son de dos tipos:

- * Bombas de paletas equilibradas
- * Bombas de paletas sin equilibrar

Las bombas de paletas equilibradas son de caudal fijo únicamente, mientras que las bombas de paletas no equilibradas pueden ser de caudal fijo o variable.

BOMBAS DE PALETAS EQUILIBRADAS

Este tipo de bomba consta de un rotor que es accionado por un eje dentro de una cavidad en forma ovalada. Se dice que está equilibrada por las posiciones de entrada y salida como ilustra la figura 4.

La bomba tiene dos puertos de entrada y dos puertos de salida diametralmente opuestos.

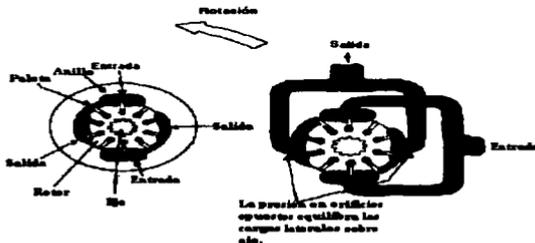


Fig.4

El principio de funcionamiento de esta bomba, como se puede ver en la figura. Al girar el rotor, la fuerza centrífuga hace salir las paletas aplicándolas contra la superficie interna del estator. Como el estator es de forma ovalada se forman dos cavidades en forma semilunar, las paletas subdividen estas cavidades en cavidades más pequeñas. Estas cavidades limitadas por las paletas aumentan y disminuyen de volumen dos veces por cada giro completo del rotor.

Los puertos de entrada están situados en los puntos donde estas cavidades empiezan a aumentar de volumen, creándose así un vacío el cual es llenado por la presión atmosférica, los puertos de salida están donde empiezan a reducirse estas cavidades.

En la segunda mitad del giro del rotor se repite el mismo proceso por los puertos situados en los puntos opuestos.

BOMBA DE PALETAS NO EQUILIBRADAS

El principio de funcionamiento de la bomba de paletas sin equilibrar es el mismo de la bomba de paletas equilibrada. En esta, sin embargo, tiene lugar un solo ciclo de trabajo a cada revolución del rotor (fig.5). por lo tanto esta bomba solo tiene un puerto de entrada y otro de salida, y en este tipo de bomba tanto el rotor como el estator son circunferenciales únicamente el rotor esta descentrado en relación con el estator.

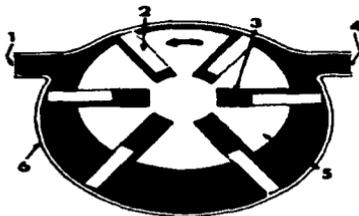


Fig. 5

- 1.- Puerto de entrada
- 2.- Paleta
- 3.- Ranura

- 4.- Puerto de salida
- 5.- Rotor
- 6.- Estator

Con esta configuración las cámaras formadas por las paletas aumentan de volumen a partir del puerto de entrada de aceite y se vuelven a encontrar al aproximarse al puerto de salida. El aceite es aspirado al aumentar el volumen de las cámaras y expulsado al contraerse estos.

El diseño no equilibrado se aplica principalmente a las bombas de caudal variable, el desplazamiento de esta bomba puede variar mediante un control externo, el control desplaza al estator haciendo variar la excentricidad de éste y el rotor, reduciendo o aumentando así las dimensiones de la cámara de bombeo.

DIFERENCIAS ENTRE LAS BOMBAS DE PALETAS EQUILIBRADAS Y SIN EQUILIBRAR

Las bombas de paletas sin equilibrar, desgastan en poco tiempo de servicio los cojinetes de su eje, debido a que es empujado nada más hacia un lado por el aceite comprimido en el puerto de salida. Esta presión no se equilibra con otra presión igual y opuesta porque del lado del puerto de entrada el aceite no tiene presión alguna.

La bomba de paletas equilibrada vino a resolver este problema, la presión se equilibró en ella haciendo que el aceite salga por dos puntos diametralmente opuestos en relación con el eje del rotor, así se alarga la vida útil de la bomba.

Però se creo otro problema, al alargar la vida útil de la bomba, equilibrando las paletas, la posición de los puertos de entrada y salida no se pueden cambiar. En cambio la bomba de paletas sin equilibrar admite que se varíe el caudal de entrega, variando la posición de su estator y sus puertos de entrada y salida con relación al descentrado del rotor.

Estos tipos e bombas permiten elegir dependiendo del trabajo que tenga que realizar la bomba en un determinado sistema hidráulico entre:

- a) Mayor tiempo de servicio
- b) Mayor flexibilidad de trabajo

BOMBAS DE PISTONES

Las bombas de pistones se prefieren en los equipos hidráulicos modernos por trabajar a altas velocidades y presiones, pueden ser de caudal fijo o variable, pero tienen el inconveniente de ser más complicadas y más caras que las otras.

Estas bombas funcionan según el principio de que un pistón moviéndose alternativamente dentro de un cilindro aspira fluido al retraerse y lo expulsara en su carrera contraria.

Casi todas ellas están incluidas en cualquiera de los dos grupos siguientes:

- Bombas de pistones axiales
- Bombas de pistones radiales

BOMBA DE PISTONES AXIALES

Los pistones axiales son los que van montados con su eje longitudinal paralelo al eje longitudinal de la bomba. Las bombas de pistones axiales se dividen en dos grupos.

- 1.- Eje de pistones en línea
- 2.- Eje angulado

En el primer grupo los pistones se mueven dentro de los correspondientes cilindros, los pistones se apoyan sobre una placa inclinada llamada "placa de presión", a medida que el eje gira, los pistones siguen la inclinación de la placa, haciendo que estos tengan un movimiento alternativo. De la mayor o menor inclinación de la placa de presión, depende la mayor o menor carrera de los pistones. A mayor inclinación mayor carrera y mayor caudal de aceite movido por la bomba. (Fig. 6).

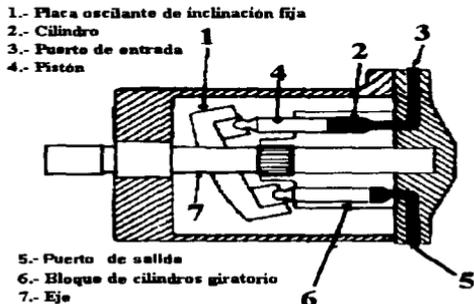


Fig.6

Estas bombas pueden ser de caudal fijo si la placa de presión es de inclinación fija (inclinación fija dentro de la bomba). Pero pueden ser de caudal variable si la placa de presión se inclina con un servo-mando (mecanismo en el exterior de la bomba).

Quando la placa de presión gira obliga a los pistones a efectuar su movimiento de vaivén, los puertos de entrada y salida de aceite están dispuestos en una placa fija llamada "placa de distribución", en donde el puerto de entrada esta donde el pistón empieza a salir del cilindro, creando un vacío el cual es llenado por efecto de la presión atmosférica, este aceite que ya esta atrapado en el cilindro por causa del giro de la placa de presión es llevado al puerto de salida para seguir la continuidad.

Hay otra presentación de las bombas de pistones en línea donde cada cilindro lleva válvulas de retención de bola en los puertos de entrada y salida, donde a la entrada (succión) la válvula permite que el aceite pase al cilindro y con el giro de la placa de presión se cierra la válvula de entrada al crearse la presión, pero se abre la válvula de salida originándose la continuidad de aceite.

En el segundo grupo, las bombas de pistones en ángulo (fig.7) el bloque de pistones gira con un ángulo respecto al eje de accionamiento. Los vástagos de los pistones están unidos a una brida mediante rótulas, los pistones tiene movimiento alternativo a medida que varía la distancia entre la brida y el bloque de cilindros.

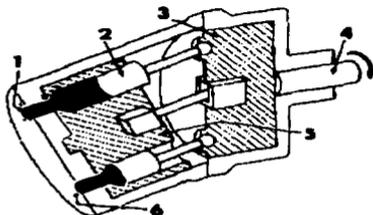


Fig.7

- 1.- Puerto de entrada
- 2.- Pistón
- 3.- Placa giratoria de accionamiento
- 4.- Eje

- 5.- Bloque de cilindros giratorios
- 6.- Puerto de salida

Para que el bloque de cilindros y el eje giren simultáneamente se acoplan con una unión universal, de esta forma el vaivén de los pistones se consigue por el ángulo que forman con el eje de accionamiento de la placa con el eje longitudinal del bloque de cilindros.

El desplazamiento de esta bomba es similar al de las bombas de pistones en línea, con sus puertos de entrada y salida en una placa fija de distribución, únicamente que la carrera de los pistones esta dado por el ángulo de inclinación.

BOMBAS DE PISTONES RADIALES

- 1.- De leva giratoria
- 2.- pistones giratorios

En el primer tipo los pistones van alojados en unos cilindros radiales hechos en una caja fija (fig.8). en el eje de accionamiento esta acoplada una leva que produce el movimiento alternativo de los pistones, obligando a salir el aceite. Cada puerto del cilindro lleva una válvula, con objeto que el aceite circule de la entrada hacia la salida. Un muelle hace que el pistón baje llenando el cilindro de aceite, debido al vacío que se crea abriéndose la válvula de admisión, luego que el cilindro esta lleno de aceite la válvula de admisión se cierra de nuevo.

Al ser levantado el pistón por la leva obliga al aceite a salir del cilindro, abriendo la válvula de salida. Al llegar a un punto muerto superior de su carrera, el pistón deja de empujar al aceite y la válvula de salida se vuelve a cerrar por la fuerza del muelle.

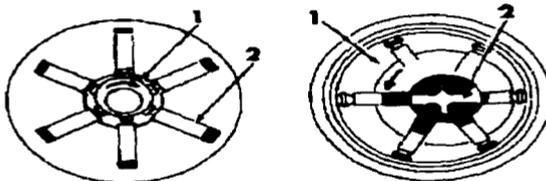


Fig.8

A partir de ese momento comienza otra vez la carrera de admisión iniciándose un nuevo ciclo.

La forma de variar el caudal es mantener los pistones separados de la leva giratoria, estas bombas se encuentran con una regulación automática de la carrera de pistones mediante una válvula reguladora, esta válvula deja pasar aceite al centro de la bomba, y este aceite tiene la presión suficiente para separar los pistones de la leva, este aceite en el interior de la bomba es controlado por otra válvula de escape que se abre o se cierra según la demanda de aceite, al abrirse la válvula de escape se cierra la válvula reguladora y al abrirse la válvula reguladora se cierra la de escape, obteniéndose así regulación automática de la carrera y en consecuencia variación de caudal.

En el segundo grupo de bombas de pistones tenemos la de los pistones en rotación. Su principio de funcionamiento es muy similar al de la bomba de paletas sin equilibrar (Fig. 8). Al girar el rotor que lleva los pistones los obliga a entrar y salir dentro del cilindro. Los puertos de entrada y salida van en el centro del eje fijo separados por una división.

Al girar el rotor, los pistones salen hacia fuera por efecto de la fuerza centrífuga, aspirando aceite por el puerto de entrada. Al continuar girando el rotor, los pistones son obligados a entrar en su cilindro, empujando el aceite hasta el puerto de salida.

El caudal que entrega la bomba se varía cambiando la posición de la caja con respecto al rotor que lleva los cilindros, de esta forma se varía la carrera de los pistones y en consecuencia el caudal de aceite.

CAUDAL TEORICO DE LAS BOMBAS

Ahora que conocemos las bombas hidráulicas vamos a compararlas, sin olvidar que hablamos en términos generales. Los tres tipos de bombas se construyen en todo los tamaños posibles, las bombas de engranes suelen ser de tamaño más reducido, los de paletas son de un tamaño intermedio y las más grandes de pistones. El caudal distingue a los tres tipos de bombas como indica el siguiente cuadro comparativo.

	Caudal (l/min)	presión (kg/cm ²)	velocidad (rpm)
Engranes	1-600	15-175	800-3500
Paletas	2-950	15-175	1200-4000
Pistones	2-1700	50-350	600-6000

En los modernos equipos industriales se trabajan con caudales de 5 a 200 litros por minuto. Las presiones con que trabajan estos sistemas suelen estar comprendidos entre 5 y 175 kg/cm² y las velocidades de giro suelen ser de 800 a 3500 rpm.

Podemos decir que el factor principal a tener en cuenta para escoger un tipo de bomba que se adapte a un determinado sistema hidráulico, es el que se refiere a las exigencias del sistema en cuestión, eligiendo una bomba con un conocimiento de ellas se lograra que trabaje con más economía que si le falta o le sobra potencia, como se estudiara en los temas de potencia y rendimiento. Aquí vamos a ver como se calcula el caudal teórico de las bombas más comunes.

BOMBA DE ENGRANES

El desplazamiento D, o volumen desplazado por revolución es:

$$D = 2Abz \text{ [m}^3\text{]}$$

DONDE A- Área ocupada por un diente [m²]
b- Altura del diente [m]
z- Numero de dientes

Entonces el caudal Q, será: $Q = \frac{Dn}{60} \text{ [m}^3\text{/seg]}$

BOMBA DE PALETAS DESLIZANTES

El volumen desplazado por revolución es:

$$D = 4\pi e R b \text{ [m}^3\text{]}$$

donde:

e = R-r - Excentricidad [m]

R = Radio interior del estator [m]

r = Radio exterior del rotor [m]

b = Ancho del rotor [m]

El caudal será:

$$Q = \frac{Dn}{60} \text{ [m}^3\text{/seg]}$$

BOMBA DE LOBULOS

El volumen desplazado por revolución es:

$$D = 2 \pi b \left[\frac{R_2^2}{2} + R_2 R_1 - 3/2 R_1^2 \right]$$

donde:

- b - Ancho del rotor [m]
- R_2 - Es la dimensión radial máxima de un lóbulo [m]
- R_1 - Es la distancia del punto "O" a "A" o de "O" a "B"

A, B Lóbulos

- O - Es un punto a la mitad de la distancia entre los centros de los lóbulos
- r_1 - Es la dimensión radial mínima de un lóbulo [m]

R_1 se calcula:

$$R_1 = \frac{R_2 + r_1}{2}$$

El caudal será:

$$Q = \frac{Dn}{60} \text{ [m}^3\text{/seg]}$$

BOMBA DE TORNILLO

El volumen desplazado por revolución es:

$$D = 3\pi p (D_1^2 - d_1^2)$$

donde:

- p - Paso diametral del tornillo [m]
- D_1 - Diámetro exterior del tornillo central [m]
- d_1 - Diámetro exterior de los tornillos laterales [m]

El caudal será:

$$Q = \frac{Dn}{60} \text{ [m}^3\text{/seg]}$$

BOMBAS DE EMBOLOS RADIALES

EL volumen desplazado por revolución es:

$$D = AS Nc \text{ [m}^3\text{]}$$

donde :

- A - Area de un émbolo [m²]
- S - Carrera de un pistón [m]
- Nc - Número de émbolos

El caudal será:

$$Q = \frac{Dn}{60} \text{ [m}^3\text{/seg]}$$

BOMBA DE EMBOLOS AXIALES

El volumen desplazado por revolución es:

$$D = 2R \cdot \text{Sen. } \alpha \cdot Az = \text{ [m}^3\text{]}$$

donde:

- R= Radio de la palanca inclinada (del centro a los vástagos de los pistones)
- α = Inclinación de la placa respecto a los cilindros
- A= Area de los cilindros
- z= Número de pistones

El caudal será:

$$Q = \frac{Dn}{60} \text{ [m}^3\text{/seg]}$$

POTENCIA DE LAS BOMBAS

En mecánica se conoce la potencia como la velocidad de hacer algún trabajo, en hidráulica la velocidad se indica por el caudal en litros por minuto y la fuerza por la presión así.

$$\text{Pot} = \frac{Fza \cdot x \cdot dist}{\text{Tiempo}}$$

$$\text{Pot. Hidráulica} = \frac{\text{Presion. x Superficie. x Distancia}}{\text{Tiempo}}$$

Pero superficie x Distancia es volumen así $\text{Pot. Hidráulica} = \frac{\text{Presion. x Volumen}}{\text{Tiempo}}$

También el volumen /tiempo es caudal, por lo tanto.

$$\boxed{\text{Pot. Hidráulica} = \text{Presión} \times \text{Caudal}}$$

UNIDADES:

$$\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \frac{\text{l}}{\text{min}} = \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \frac{\text{ldm}^3}{\text{min}} \left(\frac{10000\text{cm}^2}{\text{lm}^2} \right) \left(\frac{1.\text{m}^3}{1000.\text{dm}^3} \right) \left(\frac{1.\text{min}}{60\text{seg}} \right)$$

Por lo tanto tenemos: $\frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{6 \cdot \text{s}}$

Pero un caballo de potencia métrico (cv) tiene 75 Kg·m/s

entonces $\text{Pot. Hidráulica (cv)} = \frac{\text{Presion. (Kg / cm}^2\text{) X Caudal. (l / min)}}{450}$

Que es la fórmula de la potencia hidráulica a la salida de la bomba. Pero como el rendimiento del sistema no es del 100% tenemos que ocupar más potencia ya que el rendimiento es de un 75% a un 95% según el tipo de bomba.

En bombas de engranes su rendimiento es el más bajo, las bombas de pistones suelen ser de rendimiento más alto, y las de paletas un rendimiento intermedio entre las otras.

Un ejemplo de un sistema para bomba de engranes con un rendimiento del 75% la potencia hidráulica es:

$$\frac{\text{Presion. Kg / cm}^2 \text{ X Caudal. (l / min)}}{337.5}$$

De forma semejante podemos decir que:

$$\text{Potencia Hidráulica (cv)} = \frac{\text{RPM} \cdot \text{PAR. (m} \cdot \text{Kg)}}{717}$$

RENDIMIENTO DE LAS BOMBAS

Las bombas se clasifican generalmente por su presión máxima de funcionamiento y por su caudal de salida en litros por minuto a una velocidad de rotación determinada. La presión para el funcionamiento de una bomba esta determinada por el fabricante, basada en una duración razonable y en determinadas condiciones de funcionamiento. Una bomba viene caracterizada por su caudal nominal en litros por minuto, en realidad puede bombear más caudal en ausencia de carga y menos caudal cuando existe una presión más alta.

Por lo tanto la bomba hidráulica queda caracterizada por el caudal en litros por minuto, por la presión en kg/cm² y por las revoluciones por minuto a que ha de girar.

El rendimiento de las bombas, se refiere a la eficacia con que trabaja, se trata de obtener el caudal de aceite necesario de una manera eficiente y económica. Entonces la calidad de una bomba se juzga por 3 características :

- Rendimiento volumétrico
- Rendimiento total
- Rendimiento mecánico

El rendimiento volumétrico es la relación entre el caudal que entrega la bomba y el caudal teórico que entregaría en condiciones ideales. En teoría una bomba suministra un caudal igual al volumen de una cámara de bombeo multiplicado por el número de cámaras que pasan por el puerto de salida durante una revolución. En realidad el caudal efectivo es menor debido a las fugas internas. A medida que aumenta la presión, las fugas desde la salida hacia la entrada o al drenaje aumentan, y el rendimiento volumétrico disminuye.

$$\text{Rendimiento volumétrico} = \frac{\text{Caudal} - \text{Real}}{\text{Caudal} - \text{Teórico}}$$

El rendimiento total es la relación entre la potencia hidráulica que entrega la bomba y la potencia mecánica que absorbe. Es igual al producto del rendimiento mecánico por el rendimiento volumétrico.

$$\text{Rendimiento total} = \frac{\text{Potencia Hidráulica}}{\text{Pot. al. Freno}}$$

o Rendimiento total = Rendimiento volumétrico x Rendimiento mecánico.

El rendimiento mecánico es la relación entre el rendimiento total de la bomba y su rendimiento volumétrico. La diferencia entre uno y otro suele ser debido a la fricción de sus piezas en movimiento.

$$\text{Rendimiento Mecánico} = \frac{\text{Rendimiento.Total}}{\text{Rendimiento.Volumetrico}}$$

Las pérdidas de potencia debidas a la fricción se obtienen:

$$\text{Pérdidas x Rozamiento} = \text{Potencia al freno al eje [1-Rendimiento mecánico]}$$

VALVULAS HIDRAULICAS

Los sistemas hidráulicos se gobiernan mediante válvulas. Por medio de ellas se regula la presión, se distribuye el aceite y se regula su caudal a través de los circuitos hidráulicos, por lo tanto los podemos clasificar en los tres grupos siguientes.

- VALVULAS CONTROLADORAS DE PRESION
- VALVULAS DISTRIBUIDORAS
- VALVULAS REGULADORAS

Las válvulas controladoras de presión se emplean para reducir la presión dentro del circuito hidráulico, para descargar la bomba o para fijar la presión de entrada a una determinada rama del circuito.

En cada circuito debe haber por lo menos una válvula que envíe el aceite al depósito, cuando a la salida de la bomba se alcance una presión determinada, al decir "determinada" se refiere a que previamente en el diseño de cierto circuito, se determinó la presión de funcionamiento; de este modo, la presión de aceite nunca podrá superar ese valor.

También puede haber válvulas que permitan el paso de aceite a un circuito secundario cuando el primario alcance cierta presión, o también se puede disminuir la presión en cierto circuito respecto a otra presión más elevada.

Estas válvulas se conocen de diferente forma, aunque casi todas tienen una constitución interna muy similar, solamente se distinguen en la posición que ocupan en un circuito, se conocen como:

VALVULAS LIMITADORAS DE PRESION

Estas válvulas evitan que la presión de un circuito se incremente por encima de cierto valor, pues al acercarse al valor de la presión a ese límite, la válvula abre una vía por la cual el aceite va al depósito.

Como se evita que la presión alcance valores peligrosos, las válvulas que tienen esta función se conocen también con el nombre de válvulas de seguridad.

Esta válvula se monta en la tubería principal, próxima a la salida de la bomba; siempre esta cerrada y deja pasar el aceite sólo cuando la presión es muy alta, su objetivo es limitar la presión del sistema hasta un valor máximo predeterminado, su funcionamiento se basa en un equilibrio entre la presión y la fuerza de un resorte. Fig.9.

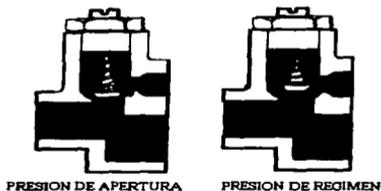


Fig.9

La válvula se cierra de nuevo cuando se reduce la presión por la descarga de aceite. Algunas válvulas de seguridad son ajustables, lo más común es que llevan un tornillo por detrás del resorte con el que se aumenta o disminuye la fuerza del resorte, enroscando o desenroscando el tornillo. El cierre se suele obtener en estas válvulas mediante una bola, conos o botones.

Quando la presión empieza a abrir la válvula se le llama PRESION DE APERTURA, y cuando la presión mantiene la válvula completamente abierta se le llama PRESION DE REGIMEN. Como puede verse en la Fig.9.

La presión de régimen es bastante más alta que la presión de apertura, debido a que la fuerza del muelle aumenta al abrirse más la válvula.

Estas válvulas se emplean principalmente en circuitos de poco caudal y cuando la válvula no tenga que funcionar con frecuencia, como responde con rapidez son ideales para evitar movimientos bruscos de presión.

Estas válvulas se emplean también como válvulas piloto para disparar válvulas de seguridad pilotadas.

Las válvulas de seguridad pilotadas se emplean cuando se trabaja con grandes caudales de aceite y diferencias de presión pequeñas, la válvula piloto controla la válvula de seguridad principal.

Casi siempre se trata de una pequeña válvula de seguridad con resorte, incorporada dentro de la válvula de seguridad principal.

Al aumentar la presión de aceite a la entrada de la válvula principal aumenta también en el puerto donde esta la válvula piloto, cuando la presión en este puerto alcanza el límite para el que no ha sido ajustada la válvula piloto, esta se abre.

Al abrirse comienza a drenar aceite por el puerto que cubre la válvula piloto al depósito, reduciéndose la presión por detrás del émbolo de la válvula principal.

Esta caída de presión hace que la válvula principal se abra descargando el aceite hacia el retorno.

Las dos válvulas se vuelven a cerrar en el momento en que la presión baja del límite para que han sido ajustadas.

Estas válvulas abren a una presión muy próxima al régimen de la válvula, protegen mejor el sistema hidráulico descargando menos aceite. Responden con menos rapidez que las válvulas de acción directa a las elevaciones de la presión, estas válvulas de seguridad pilotadas tienen la ventaja de mantener más constante la presión dentro del sistema mientras descargan aceite.

Comparación de las presiones de apertura y de régimen en válvulas de seguridad simples y pilotadas. Fig. 10

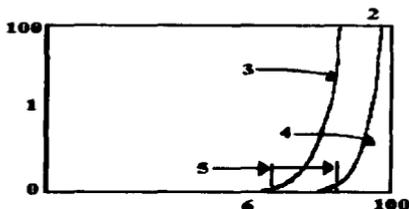


Fig. 10

- 1.- Caudal
- 2.- Presión de régimen
- 3.- Válvula de descarga de acción directa

- 4.- Válvula de descarga pilotada
- 5.- Presión de apertura
- 6.- Presión

Las válvulas de seguridad de acción directa comienza a abrirse aproximadamente a la mitad de la presión de régimen, mientras que la válvula pilotada abre al 90% aproximadamente de la presión de régimen.

VALVULAS DE SECUENCIA

Las válvulas de secuencia permiten que el aceite pase a un ramal secundario cuando en el circuito primario se alcanza una presión determinada; se colocan en serie en el circuito al cual permitan que pase el aceite, su constitución interna y funcionamiento son semejantes a los explicados para las válvulas de seguridad.

Pueden tener pilotaje interno o externo. A medida que la presión en el punto donde se toma el pilotaje aumenta lo bastante como para vencer la resistencia del resorte de cada válvula, se va abriendo paso el aceite hacia el ramal correspondiente. Siempre tienen drenaje externo, es decir, el interior de la cámara en la que esta el muelle comunica directamente con el depósito.

Una de las aplicaciones de estas válvulas secuenciales consiste en obtener la extensión sucesiva, por ejemplo, de varios cilindros hidráulicos. El último cilindro comienza a extenderse cuando el antepenúltimo ha terminado de extenderse y así sucesivamente hasta el primer cilindro.

VALVULAS REDUCTORAS DE PRESION

Estas válvulas se emplean para reducir la presión dentro de un determinado circuito, por debajo de la presión que hay en un sistema hidráulico principal. Cuando la válvula reductora no trabaja esta abierta, cuando trabaja tiende a cerrarse. (Fig.11)

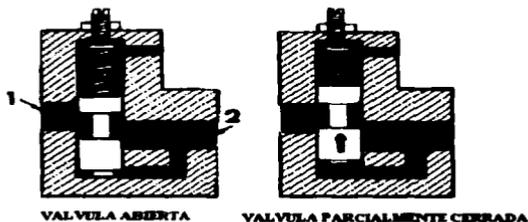


Fig. 11

- 1.- Del circuito principal
2.- Al circuito secundario

Su funcionamiento es el siguiente: cuando la presión empieza a aumentar en el circuito secundario, el émbolo es empujado hacia arriba y se estrangula el paso del aceite, la presión se equilibra con la fuerza del resorte, de forma que se mantiene la que se necesita en el circuito secundario, aquí como en las otras válvulas la fuerza del resorte se ajusta mediante un tornillo.

Esta válvula es sensible a la presión del aceite por el lado de salida hacia el circuito secundario, trabaja al revés que la válvula de seguridad que es sensible a la presión del aceite en su lado de entrada y esta cerrada cuando no trabaja.

Estas válvulas pueden funcionar de dos modos:

- a) A presión reducida fija
- b) A reducción de presión fija

Las válvulas que trabajan a presión reducida fija mantienen está con independencia de la presión del circuito principal, siempre que la presión del circuito principal sea más alta.

Las válvulas que trabajan a reducción de presión fija causan una reducción constante de la presión, lo que significa que la presión a la salida de la válvula varía con la presión del circuito principal. Por ejemplo si la válvula puede ajustarse para que reduzca la presión 20 Kg/cm². Si la presión del sistema es de 120 Kg/cm², la válvula reducirá la presión a 100 Kg/cm².

Al igual que las válvulas de seguridad, las válvulas reductoras de presión también pueden controlarse por válvula piloto. La incorporación de la válvula piloto permite márgenes de ajuste más amplios y el funcionamiento más regular de la válvula.

VALVULAS DISTRIBUIDORAS

Dirigen el flujo de aceite por el circuito hidráulico hacia el lugar donde es necesario en cada momento, todo circuito cuenta con una o varias válvulas distribuidoras cuyos mandos están al alcance del operario o funcionan automáticamente. A esta clase de válvulas pertenecen las siguientes:

- Válvulas de retención
- Válvulas rotativas
- Válvulas de émbolo de distribución

LAS VALVULAS DE RETENCION son simples que actúan en un sólo sentido. Se abren para permitir el paso del aceite en un determinado sentido y se cierran para impedir que retroceda. (Fig. 12).

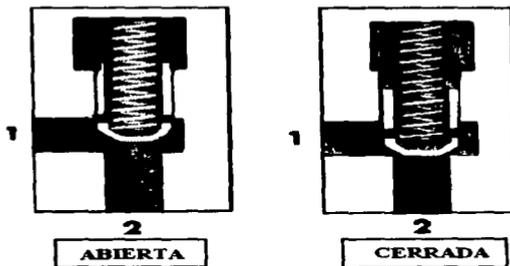


Fig.12

- 1.- Salida
2.- Entrada

La válvula se abre por la presión del aceite dentro del sistema que levanta el cono de su asiento al vencer la fuerza del resorte. Al abrirse la válvula, el aceite pasa libremente al circuito como puede verse en la figura.

La válvula se cierra cuando baja la presión de entrada a la misma. Al cerrarse bloquea el aceite dentro del sistema e impide su retroceso. Estas válvulas suelen instalarse en las tuberías de aceite, pero también pueden ser parte de otras válvulas, como las de reparto secuencial de caudal o las reductoras de presión.

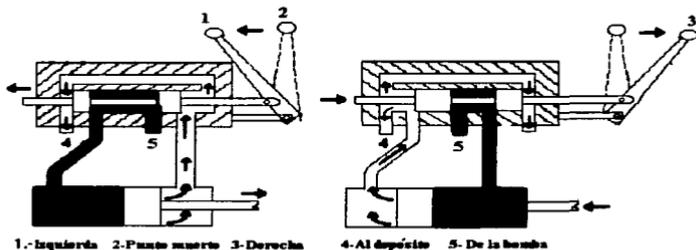
Las válvulas de retención se emplean casi siempre para impedir el retroceso del aceite, pero hay casos en que este retroceso se necesita durante una fase del ciclo de trabajo, para estos casos se han ideado las válvulas de retención pilotadas.

Por ejemplo, para evitar el retroceso por fugas en un almacén hidráulico se puede instalar una válvula de retención pilotada, pero el cilindro también tiene que retraerse, se emplea un pistón piloto capaz de mantener abierta la válvula de retención mientras el cilindro trabaja en el otro sentido.

LAS VALVULAS ROTATIVAS se suelen emplear como válvulas piloto, para dirigir el aceite a otras válvulas. El cuerpo de la válvula lleva unos orificios que quedan frente a las canalizaciones de un rotor, en una posición de la válvula deja que el aceite que manda la bomba hidráulica pase al circuito que esta en servicio, mientras que otra canalización de la válvula se da paso al aceite de retorno.

Las válvulas de distribución rotativas se usan en sistemas de baja presión y poco caudal, como son simples permiten utilizarlas como válvulas piloto de otras válvulas con las que se gobiernan sistemas hidráulicos más complejos.

LAS VALVULAS DE EMBOLO DE DISTRIBUCION permiten gobernar con ellas las distintas unidades de fuerza de los sistemas hidráulicos modernos. El émbolo o corredera de estas válvulas que es una barra cilíndrica con tramos de diferente diámetro, es la encargada de dirigir el paso del aceite al desplazarse por el interior del cuerpo de la válvula. (Fig. 13).



1.-Izquierda 2-Punto muerto 3-Derecha

4-Al depósito 5-De la bomba

Fig.13

La figura ilustra una válvula de émbolo de distribución para dos circuitos corriendo el émbolo desde la posición de punto muerto hacia la derecha o hacia la izquierda, se abren las canalizaciones y se cierran otras, dejando pasar aceite a presión a uno de los puertos y abriendo el retorno del otro.

El centro cerrado quiere decir que el aceite enviado por la bomba llegue a la posición central, y encontrará el paso cortado y no podrá continuar avanzando por el circuito. luego la presión del aceite es muy alta, hasta que el aceite escapa por la válvula de seguridad, por lo tanto el consumo de energía es alto.

Resumiendo, los circuitos con distribuidores de centro abierto no consumen energía cuando no accionan ningún actuador, pero su tiempo de respuesta es largo, comparado con los distribuidores de centro cerrado que consumen mucha energía, en los instantes en que no realizan ningún trabajo, que su respuesta tras el accionamiento del distribuidor es muy rápida.

La fig. 14 ilustra una válvula de émbolo de distribución para dos circuitos, en la figura se encuentra en la posición neutra, corriendo el émbolo por medio de la palanca hacia la derecha o hacia la izquierda, se abren unas canalizaciones y se cierran otras, dejando pasar aceite a presión a uno de los puertos y abriendo el retorno del otro.

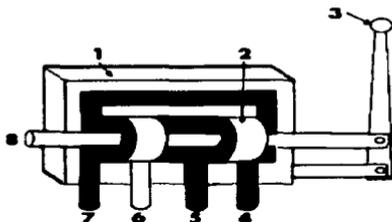


Fig. 14

- | | | |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 1.- Cuerpo | 4.- A la entrada #2 del cilindro | 7.- Al depósito |
| 2.- Émbolo | 5.- De la bomba | 8.- Émbolo de distribución |
| 3.- Palanca de mando | 6.- A la entrada #1 del cilindro | |

Esta válvula ilustrada es de 3 posiciones y 4 vías. Las tres posiciones son: punto muerto, izquierda y derecha. Las cuatro vías son: la de la bomba, la del depósito, la del puerto número 1 y la del puerto número 2 del cilindro.

La figura 13 muestra la misma figura en funcionamiento.

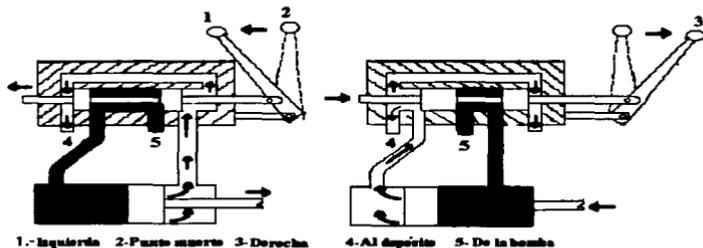


Fig.13

Al cerrar el émbolo de distribución hacia la izquierda, abre el paso del aceite de la bomba hacia el puerto del lado izquierdo del cilindro. Al mismo tiempo abre el paso de retorno del extremo opuesto del mismo cilindro.

Corriendo el émbolo de distribución hacia la derecha se invierte el sentido de circulación del aceite y el cilindro trabaja en sentido opuesto.

En la posición del punto muerto de la palanca de mando, el émbolo de distribución cierra las dos canalizaciones que van al cilindro bloqueando el aceite dentro de él, por lo que no se puede mover en ninguno de los dos sentidos.

VALVULAS DE EMBOLO DE DISTRIBUCION PARA SISTEMAS ABIERTOS Y CERRADOS

Lo normal es que sea necesario instalar una válvula de distribución para cada cilindro, motor o grupo de ellos que estén acoplados entre sí. El aceite que llega desde la bomba puede seguir varias trayectorias por el interior del distribuidor y saldrá por un puerto diferente según sea el camino que encuentre abierto.

En cada sistema sea abierto o cerrado se requiere de un tipo de válvula de émbolo de distribución distinto. Fig.15.

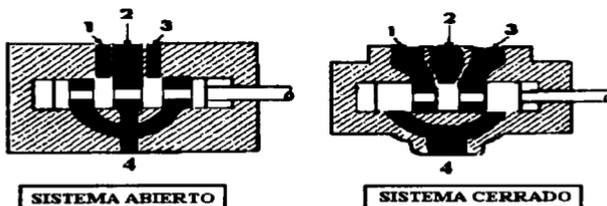


Fig.15

1.- Al cilindro 2.- De la bomba

3.- Al cilindro 4.- Al depósito

La válvula para SISTEMAS ABIERTOS deja pasar el aceite de ella, para que retorne al depósito, cuando el émbolo está en punto muerto. Para lograr esto se centran los émbolos con muelles, que devuelven los émbolos de las válvulas a sus posiciones normales. Una válvula centrada por muelles vuelve a su posición central mediante la fuerza de un muelle cuando el esfuerzo de accionamiento deja de actuar.

La válvula para SISTEMAS CERRADOS cierran el paso de aceite de la bomba cuando el émbolo está en punto muerto. Aquí también se centran los émbolos debido a la fuerza de un muelle cuando el esfuerzo de accionamiento deja de actuar.

Una válvula sin muelles debe ser accionada siempre por un control exterior y su corredera puede flotar entre sus posiciones, a menos que quede retenida mecánicamente. Por este motivo se mantiene el control sobre la válvula durante todo el ciclo.

En un circuito previsto de distribuidor de centro abierto, cuando no se esta enviando aceite a ningún cilindro ni motor, el camino de regreso al depósito esta libre. Al ir al depósito, el aceite no encuentra resistencias, y su presión a la salida de la bomba es casi nula.

Si se acciona el distribuidor para realizar un trabajo, el aceite debe aumentar su presión, desde un valor próximo a cero, hasta el necesario para vencer la resistencia que encuentre en el motor o en cilindro; este incremento tarda un cierto tiempo en producirse, por lo que el movimiento del cilindro o motor no es instantáneo tras el accionamiento del distribuidor, sino que hay un defase de décimas de segundo o, quizás, más.

En los circuitos con distribuidores de centro cerrado, cuando no trabaja ningún órgano la presión del aceite es muy alta; como el camino normal de regreso al depósito esta interrumpido, el aceite escapa por la válvula de seguridad, adquiriendo la presión necesaria para abrirla. Al enviar el aceite hacia un cilindro o motor, la presión descenderá hasta alcanzar el valor que baste para realizar el trabajo que se le exija, por lo que el tiempo de respuesta es muy corto.

Como la potencia transmitida por la bomba al aceite es Q·P, y la presión en los circuitos de centro abierto es casi nula cuando no trabaja ningún órgano, la energía consumida por el circuito mientras el distribuidor esta en la posición neutra es despreciable.

En los circuitos de centro cerrado, por el contrario, la presión del aceite cuando el distribuidor esta en la posición neutra es la máxima que puede alcanzar y, por tanto, sin que este trabajando ningún órgano, el consumo de energía es máximo.

Ahora que conocemos un distribuidor de émbolo, veamos como se representan en un circuito. El símbolo que representa a los distribuidores es un rectángulo, dividido en varios cuadros, con líneas en su interior; las líneas del interior de cada cuadro representan los conductos internos que deja abierto el émbolo en cada posición.

Las tuberías de entrada y salida del aceite llegan y salen del rectángulo y, según sea el cuadro que este en contacto con las tuberías, así será el camino que siga el aceite en el interior del distribuidor.

Las tres posiciones del distribuidor de la fig. 16 se representan, simbolizadas, a la derecha de cada una. En el esquema de un circuito, salvo que se quiera destacar una circunstancia especial, el símbolo del distribuidor siempre se dibuja de modo que las tuberías de entrada y salida estén en contacto con la posición neutra.

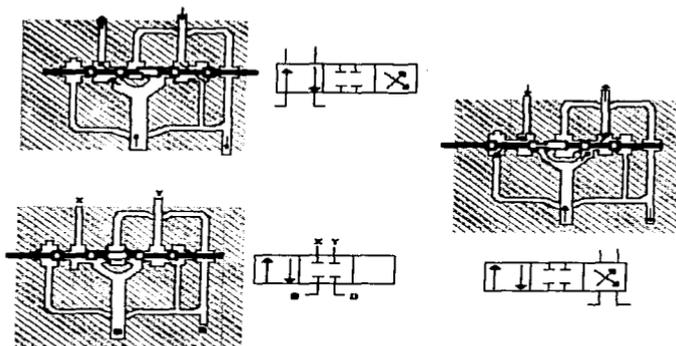
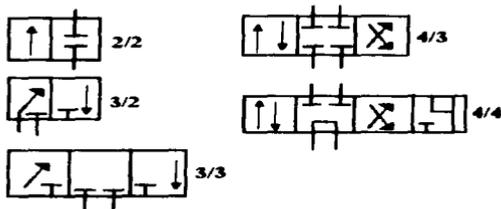


Fig. 16

Los distribuidores también se designan mediante dos cifras, la primera indica el número de vías de entrada y salida, y la segunda el número de posiciones del émbolo (cuadras) así tenemos, entre muchas otras, las siguientes posibilidades.



El número de posiciones es también el número de recorridos diferentes que puede seguir el aceite al pasar por el distribuidor.

SISTEMAS DE MANDO

La fuerza que se aplica sobre el émbolo para que se desplace, de modo que abra y cierre el conjunto de conductos internos, puede tener diversos orígenes. Cuando es relevante el agente que ejerce la fuerza sobre la corredera, éste se indica en el símbolo del distribuidor. Junto al rectángulo puede haber, uno o más símbolos que indican quien o quienes empujan a la corredera para dirigir el aceite hacia la toma adecuada.

En la siguiente tabla se relacionan los símbolos que representan a los principales agentes que desplazan la corredera. En muchos casos la corredera se mueve en un sentido empujada por una fuerza de origen externo, y un muelle se encarga de hacerle recuperar su posición neutra cuando la fuerza desaparece; si hay dos causas que produzcan las fuerzas, una en cada sentido, se dibuja un símbolo a cada lado del rectángulo.

Símbolo	Tipo de mando
 	Manual por pulsador
 	Manual por palanca
 	Manual por pedal
 	Muelle
 	Presión de aceite actuando directamente sobre la corredera
 	Presión de aceite actuando indirectamente por medio de un distribuidor piloto
 	solenoide que sólo actúa en un sentido
 	solenoide actuando en ambos sentidos

La fuerza que se requiere para desplazar el émbolo no es muy grande, a pesar de que la holgura entre el émbolo y el diámetro interior del hueco o camisa es muy ajustada. En los modernos distribuidores de émbolo se observa que tienen varias ranuras periféricas, estas ranuras tienen por objeto evitar el bloqueo Hidráulico de los émbolos.

Dichas ranuras permiten que el fluido bajo presión se reparta uniformemente por la totalidad de la periferia del émbolo, anulando así toda fuerza antagónica.

Los émbolos que tienen estas ranuras o entalladuras se dice que están equilibrados radialmente; por su concepción se puede considerar que los émbolos están equilibrados axialmente. Las fuerzas que se han de vencer son exclusivamente las debidas a las fuerzas del flujo de aceite en circulación y los de los muelles de recuperación.

Como el distribuidor de émbolo es el más utilizado, es importante mencionar su construcción; el cuerpo de la válvula esta generalmente hecha de fundición de acero, provista de uno o varios alojamientos, destinados a recibir los émbolos cilíndricos, como el movimiento de los émbolos es alternativo, estos suelen estar cementados, rectificadas y cromados con el objeto de disminuir los efectos del desgaste y la corrosión.

Debemos precisar también que los técnicos modernos tienden cada vez más hacer montaje de estos distribuidores, así como el de muchos otros componentes hidráulicos, sobre placas de base.

Esa placa de base lleva todas las conexiones de las tuberías, y los orificios desembocan en la superficie de apoyo rectificada de la placa de la base. Este montaje es muy interesante, porque la retirada del distribuidor no exige en ningún caso desmontar las tuberías.

VALVULAS DE DISTRIBUCION MULTIPLE

Las válvulas de émbolo de distribución pueden ser múltiples para realizar diversas funciones, las válvulas múltiples pueden ser de dos clases.

- **PILAS DE VALVULAS**, formados por varios cuerpos de válvulas unidas
- **VALVULAS MULTIPLES MONOBLOQUE**, en los que todos los émbolos de distribución van de un solo bloque.

Las pilas de válvulas tienen la ventaja de que se pueden añadir fácilmente más cuerpos de válvula al conjunto. Tienen el inconveniente de que requieren que el cierre entre las caras adosadas de los cuerpos de las válvulas, sea perfectamente hermético.

Las válvulas múltiples monobloque son menos flexibles pero no tienen problemas de fuga de aceite. Su inconveniente principal es el de tener que cambiarse la válvula múltiple completa si se avería algunos de los cilindros en que van alojados sus émbolos de distribución.

En ambas clase de válvula múltiples se suelen emplear un puerto común para todas las válvulas y otro puerto común para el retorno. Una y otra clase de válvula múltiple se puede diseñar para sistemas hidráulicos cerrados o abiertos.

APLICACIONES DE LAS VALVULAS DE EMBOLOS DE DISTRIBUCION

Este tipo de válvulas se ha popularizado mucho en los sistemas hidráulicos modernos por varias razones:

- 1) Porque responden con rapidez. Las válvulas de émbolo de distribución se mecanizan con gran precisión y permiten una exacta dosificación del aceite.
- 2) Por su adaptabilidad. Añadiendo orificios se pueden controlar con una sola válvula el número de vías que se requiere.
- 3) Por su capacidad. Apilando las válvulas se consigue reducir el espacio que ocupan, lo que tiene mucha importancia en los equipos móviles.

El inconveniente de estas válvulas estriba en que exigen un buen servicio de conservación. El aceite sucio daña las superficies de los émbolos mecanizados con alta precisión, haciendo que dejen de trabajar correctamente. La suciedad, por mínima que sea, también suele dañar estas válvulas, haciendo que trabajen con irregularidad.

LAS VALVULAS REGULADORAS DE CAUDAL se utilizan para regular la velocidad, de un actuador o de un motor, ya que la velocidad depende de la cantidad de aceite que se les envía por unidad de tiempo.

La regulación de caudal que logra un mejor rendimiento energético es lo que se hace mediante una bomba de caudal variable, con un mando adecuado para efectuar tal variación. De este modo, se pone en circulación la cantidad de aceite que es necesaria.

El único modo de regular la velocidad de los cilindros y motores en los circuitos con bombas de caudal constante es intercalar válvulas reguladoras de caudal, estas válvulas controlan el caudal, restringiendo el flujo de aceite con un estrangulamiento. Hay válvulas en las que la sección de estrangulamiento es fijo y otras en las que es variable.

En las válvulas más elementales, consiste en un único estrangulamiento, el flujo que las atraviesa varía si lo hace la presión del líquido. Los modelos más avanzados, con dos orificios estrechos en su interior, mantienen constante el caudal de aceite aunque varíe su presión dentro de determinados límites.

La bomba debe suministrar un caudal superior al que deja pasar la válvula, y el resto se deriva al depósito o a otras ramas del circuito. La válvula suele ir montada en línea a la entrada del elemento a controlar, aunque también puede instalarse en línea a la salida o en derivación a la entrada; en los dos primeros casos, restringe el aceite que llega o sale del cilindro o motor, y el resto se desvía por otro ramal; en un tercer caso, lo que se restringe es el caudal que se desvía, y el resto atraviesa el elemento de trabajo.

Un orificio es la válvula reguladora de caudal más elemental, y puede ser de paso corto y paso largo. Fig. 17.

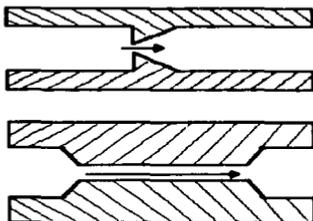


Fig.17

Para determinar el caudal que pasa por cualquiera de estos orificios hacemos uso de la siguiente fórmula.

$$Q = C \cdot A \sqrt{2\Delta P / \rho}$$

donde Q = Caudal

C = Constante que depende de la forma y tipo de orificio

A = Sección del orificio

Δp = diferencia de presiones entre las secciones anterior y posterior al orificio

ρ = Masa específica del aceite

Hay que advertir que en los orificios cortos, el caudal no depende de la viscosidad, en cambio, en los orificios largos, el caudal es también función de la viscosidad y por lo tanto ésta variable influye en el valor de la constante C.

En general con este tipo de válvulas tendremos controlado el caudal siempre y cuando no varíe la caída de presión. Como la bomba suministrará un caudal algo superior al que deja pasar la válvula, el sobrante de aceite se desviará antes de llegar a ella; lo cual puede ocurrir, por ejemplo, en la válvula de seguridad. La presión que tendrá el aceite a la entrada del orificio será la que necesite para abrir ligeramente la válvula de seguridad.

Si aumenta la resistencia que el aceite encuentra en su camino, la caída de presión a través de la válvula disminuye, y el caudal también lo hace provocando un descenso de la velocidad del elemento accionado, de forma análoga, si disminuye la resistencia que el aceite encuentre en su camino, la caída de presión a través de la válvula aumenta y el caudal también lo hace, provocando un aumento de la velocidad del elemento accionado.

Si se quiere variar a voluntad el caudal que atraviesa la válvula podemos instalar una con un orificio de tamaño variable (Fig.18)

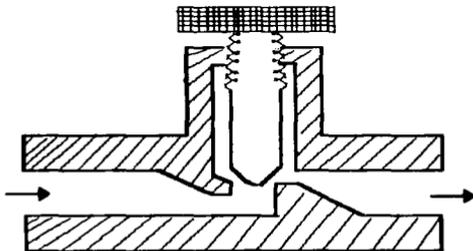


Fig. 18

Las válvulas compensadoras de presión consiguen mantener constante el caudal, aunque la presión varíe dentro de ciertos valores. Su precisión se basa en la existencia de dos orificios consecutivos, uno de sección fija y otro cuya sección varía con la caída de la presión en el de sección fija.

Las hay de dos tipos; uno se llama restrictivo o de dos vías, una vía de entrada y otra de salida, tiene los dos orificios en línea con la tubería principal. El otro es en derivación o de tres vías, un orificio está en la línea con la tubería y el otro en derivación, teniendo una vía de entrada y dos de salida.

VALVULAS COMPENSADORAS DE PRESION DE DOS VIAS

Como se dijo anteriormente consta de dos orificios en línea con la tubería principal. El primero es el orificio variable y su tamaño varía con el valor de la presión; el segundo tiene una sección fija y lo llamaremos orificio de control, pero hay que distinguir entre el orificio variable, que varía por sí solo al hacerlo la presión, y el orificio variable, que esta fijo a menos de que se varíe a voluntad para mantener constante la caída de presión a través del orificio de control, al ser constante la diferencia de presión entre la sección anterior y posterior al orificio de control, el caudal que lo atraviese también será constante (fig. 19).

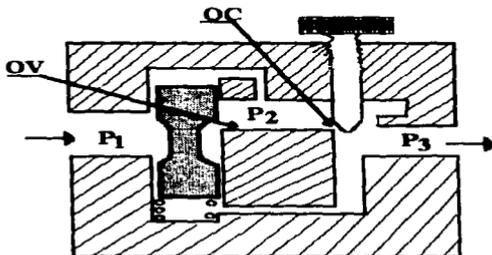


Fig.19

OC= Orificio de control
OV= Orificio variable

El funcionamiento de esta válvula se comprende observando la figura. El aceite fluye de izquierda a derecha; pasa por el pistón, que hay cerca de la entrada, en la zona donde el diámetro es menor que la cavidad cilíndrica en el que está, y cruza el orificio variable y el de control, pudiéndose distinguir tres presiones distintas en las tres zonas : antes del primer orificio, entre el primer y el segundo orificio, después del segundo, donde $P_1 > P_2 > P_3$.

Si el elemento al cual llega el aceite (cilindro o motor) no tiene resistencia en su movimiento, la presión P_3 descenderá. Si P_2 se mantuviera constante, el caudal a través del orificio de control aumentará; pero el descenso de P_3 actúa, a través de una tubería de pilotaje, sobre la cara inferior del pistón que determina el tamaño del orificio variable, haciéndolo bajar.

El descenso del pistón disminuye el tamaño del orificio variable, el aceite encontrará más resistencia al atravesarlo, por lo tanto, perderá más presión. Aunque P_1 mantenga su valor original, P_2 descenderá la misma cantidad que lo hizo P_3 , y la diferencia $P_2 - P_3$ y el caudal se mantienen constantes. Un aumento en P_3 provocaría un ascenso del pistón, una mayor apertura del orificio variable y un aumento de P_2 , por lo que $P_2 - P_3$ seguirá siendo constante.

Si el circuito se ve afectado por un aumento de P_1 el pistón se moverá hacia abajo, disminuyendo el tamaño del orificio variable; el aceite perderá más presión al atravesarlo, P_2 se mantendrá con el mismo valor que tenía antes de aumentar P_1 , y la diferencia $P_2 - P_3$ seguirá siendo la misma. Un descenso de p_1 provocará el ascenso del pistón, aumentando el tamaño del orificio variable y dejara a P_2 con el mismo valor que tenía antes de que disminuyese P_1 .

Así pues, cualquier variación de la presión, delante o detrás de la válvula provoca una variación en el tamaño del orificio variable, de modo que la caída de presión a través del orificio de control se mantenga constante. Esto funcionará correctamente dentro de cierta gama de variación de la presión.

VALVULAS COMPENSADORAS DE PRESION DE TRES VIAS

El orificio de control es el único que esta en línea con la tubería principal, mientras que el orificio de sección variable esta al comienzo de una tubería derivada, el orificio variable tiene como misión desviar el caudal del aceite suministrado en exceso por la bomba y conseguir que el caudal que pasa por la bomba sea constante aunque varíe la resistencia que encuentra el aceite en su recorrido. Fig.20.

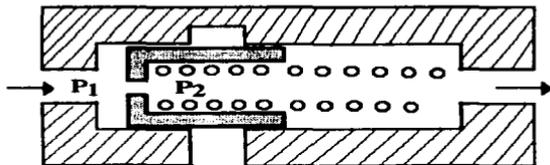


Fig.20

Observando la figura podemos comprender su funcionamiento. Un pistón obstaculiza el paso del aceite y solo pasa a través de un estrecho orificio practicado en su cara anterior; este es el orificio de control. El aceite presiona esta cara del pistón con una fuerza proporcional a la presión existente, debido a la pérdida de carga al cruzar el orificio $P_1 > P_2$, un muelle contribuye a empujar al pistón hacia la izquierda.

Al moverse el pistón hacia la derecha, queda al descubierto otro conducto, que queda libre para que el aceite pase a través de él, siendo éste el orificio variable. Si el aceite que se escapa por el orificio variable es devuelto al depósito; el circuito se dimensiona de modo que el orificio variable tenga una apertura muy pequeña, y se desvíe muy poco aceite de la tubería principal.

Si la presión P_2 disminuye al encontrar menos resistencia más allá de la válvula, el caudal a través del orificio de control tendería a ser mayor por aumentar la diferencia $P_1 - P_2$, pero el pistón se desplaza a la derecha por disminuir la fuerza producida por P_2 y deja abierto el camino hacia la tubería derivada, quedando el aceite comunicado con el depósito; esto hace que P_1 descienda hasta volver haber la misma diferencia $P_1 - P_2$ que había anteriormente, momento en que se mantendrá constante el caudal que pasa por el orificio de control.

El exceso de caudal suministrado por la bomba se va por el orificio de derivación, perdiéndose un aceite a la presión P_1 , valor siempre algo mayor que P_2 , pero que varía al variar P_2 , pero casi siempre se mantiene constante su diferencia.

Por lo tanto se puede usar el aceite que se deriva para mover otro cilindro o motor, y se mantendrá el mismo valor del caudal que atraviesa el orificio de control mientras la presión necesaria para que el aceite accione ese cilindro o motor sea menor que P_2 .

Como en las válvulas de dos vías el aceite sobrante se escapa por una válvula limitadora de presión, previamente calibrada a un valor constante superior o más alto que pueda tener la presión a la salida de la válvula.

CILINDROS HIDRAULICOS

El aceite es el órgano que realiza el trabajo en el sistema hidráulico, transforma la energía hidráulica que recibe en energía mecánica. También llamados actuadores hidráulicos, el más común de los actuadores hidráulicos es el cilindro lineal, aunque existen multitud de tipos.

También los hay rotativos, estos permiten rotaciones que no pasan de dos giros, llamados "cilindros rotativos de topes", cuando la energía hidráulica debe ser transformada en energía mecánica rotativa, se recurre a los actuadores rotativos llamados motores hidráulicos.

Se dice que es cilindro lineal por producir un movimiento rectilíneo, ejerciendo una fuerza en un punto de la máquina al cual está unido.

Los cilindros se componen de un cuerpo cilíndrico, en cuyo interior hay un pistón corto y un vástago largo. El pistón se ajusta a la pared del cilindro, el vástago de menor diámetro es concéntrico y está unido con el pistón y tiene una longitud suficiente para sobresalir de la pared lateral del cilindro.

En el perímetro del pistón hay unas juntas para lograr una buena estanqueidad y además que sean despreciables las fugas de aceite entre las cámaras situadas a uno y a otro lado del pistón, pero el rozamiento con la pared del cilindro no debe representar una resistencia excesiva.

El cuerpo del cilindro está unido a la máquina en la cual va montado, ya sea de forma rígida o por medio de articulaciones. El extremo libre del vástago va unido a otro punto de la máquina, generalmente articulada para su fácil acoplamiento, para comunicar su movimiento, es muy importante observar que el conjunto vástago-pistón trabajen a tracción o compresión y nunca a esfuerzos transversales.

En general podemos decir que los cilindros hidráulicos son los brazos de los circuitos hidráulicos.

TIPOS DE CILINDROS

La división más clásica de los cilindros son:

- Cilindros de pistón (movimiento rectilíneo)
- Cilindros de paletas (movimiento circular)

CILINDROS DE PISTON

los cilindros de pistón pueden ser de dos tipos:

Cilindros de simple efecto.- en estos cilindros, el aceite está a un lado del pistón, estando el otro lado ocupado por aire en comunicación con la atmósfera; el vástago está en el lado que no contiene aceite.

Cuando el aceite entra en el cilindro, impulsa al pistón y al vástago hacia un lado y, al permitirle el regreso al depósito, el vástago se introduce de nuevo en el cilindro si hay una fuerza externa presionando sobre su extremo, y expulsa al aceite.

Los cilindros de acción simple se prefieren para algunos equipos móviles en los que lo único que se necesita es levantar la carga para volver a dejar que baje por su propio peso o por la fuerza de un resorte Fig.21.

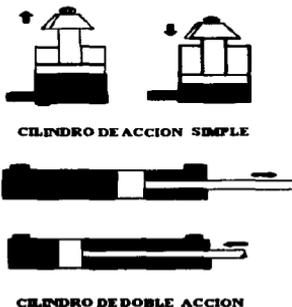


Fig.21

Gracias a que el descenso se produce por la acción de una fuerza externa, si se acciona el distribuidor con el motor parado, de modo que la toma del cilindro se ponga en comunicación con el depósito, el pistón y el vástago retrocederán permitiendo el descenso del carga que sostenían.

Cilindros de doble efecto.- Los cilindros de doble efecto actúan con fuerza en ambos sentidos. Cuando el aceite a presión entra por un extremo, el cilindro se extiende, y cuando lo hace por el otro, el cilindro se retrae (Fig.22). El aceite del lado opuesto del pistón es obligado a retornar al depósito.

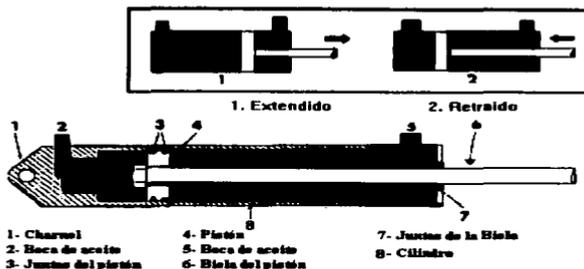


Fig.22

El aceite puede entrar en cualquiera de las dos cámaras en las que el interior del cilindro queda dividido por el pistón, y empujará por una cara al pistón mientras sale de la otra cámara; así el aceite controla los desplazamientos del pistón y su vástago en los dos sentidos, y el extremo del vástago puede realizar esfuerzos de empuje y tiro.

Si el caudal que llega al cilindro para que el pistón se deslice hacia un lado es el mismo que el que llega para que se deslice hacia el otro en un cilindro de doble efecto y simple vástago, está saldrá del cilindro a menor velocidad de la que tendrá al introducirse, ya que el volumen que debe llenar el aceite en la cavidad que no hay vástago es mayor que en la otra al estar parte del espacio ocupado por el vástago.

Cilindros diferenciales.- un caso particular de los cilindros de doble efecto y simple vástago son los denominados cilindros diferenciales, que se caracterizan por tener un vástago cuya sección transversal es la mitad de la sección del pistón; con estos cilindros se puede conseguir que la velocidad del vástago del cilindro sea la misma en los dos sentidos manteniendo la bomba un caudal constante. En la Fig.23 vemos un esquema de una parte del circuito que hace que la velocidad del vástago del cilindro se la misma en los dos sentidos.

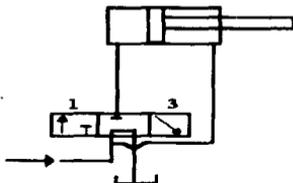


Fig.23

Si llamamos Q al caudal que proporciona la bomba, en la cavidad que no tiene vástago entrara 2Q al actuar la posición 1 del distribuidor, y en la cavidad que contiene el vástago entrara Q al actuar la posición 3 del distribuidor. El principal inconveniente de este montaje es que, cuando sale el vástago, en virtud del principio de Pascal, la presión del aceite es la misma en las dos caras del pistón, por lo que el aceite que entra debe vencer la resistencia que encuentra el vástago más la presión del aceite en la forma circular del otro lado del pistón.

Cilindros telescópicos.- Este tipo de cilindros tiene utilidad cuando el espacio disponible para su instalación sea pequeña y se necesite que desarrollen una carrera larga, en esta aplicación el vástago del cilindro consta de tubos concéntricos. fig.24.

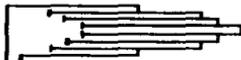


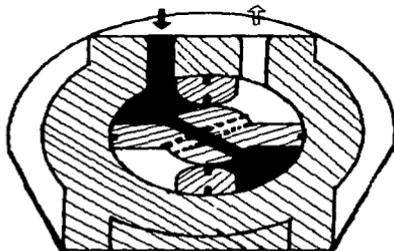
Fig.24

El vástago sale del cilindro en una sola pieza hasta que el tubo exterior da en el tope. En ese momento empieza a extenderse el tubo interior, hasta el final de la carrera, y así sucesivamente hasta llegar al tubo que se encuentra al centro del vástago. Este tipo de cilindro también se puede diseñar de forma que salga primero el tubo interior y luego los exteriores. Para ello se dispone de un bloqueo hidráulico entre ambos tubos. La velocidad de la carrera de uno y otro vástago depende de su diámetro. Este tipo de cilindro en la mayoría de casos los hay de acción simple, pero también los hay disponibles de doble efecto.

CILINDROS DE PALETAS

Los cilindros de paletas también se utilizan mucho en maquinaria para obras públicas, especialmente en retroexcavadoras, este cilindro se utiliza para girar sobre su eje a las palas cargadoras. Gracias a este dispositivo, el operador puede pasar rápidamente la pala desde la trinchera que está excavando hasta el punto donde amontona la tierra.

En un cilindro de paletas (Fig.25), éste divide el cuerpo del cilindro en 4 cámaras unidas alternativamente a la alimentación y al retorno.



Cilindro rotativo con tope, de doble paleta

Fig.25

Para un caudal determinado y constante de la bomba, la velocidad de rotación del eje del cilindro es idéntica, tanto en un sentido como en el otro. Para una presión constante, las fuerzas o pares desarrolladas son iguales en los dos sentidos. El doble par está en función de la superficie receptora de la paleta y de la presión de funcionamiento.

El cilindro rotativo de paleta doble permite variaciones angulares de 80° y 100° . El dibujo anterior nos permite ver que este tipo de cilindros están equilibrados por la acción hidráulica, citaremos también que los hay de una sola paleta y muy raramente de 3 paletas.

CONSTITUCION DE LOS CILINDROS

Los cilindros hidráulicos son compactos y relativamente simples, las piezas importantes a tomar en cuenta por su buen funcionamiento son:

- Cuerpo del cilindro
- Tipos
- Pistón
- Vástago
- Juntas

Examinaremos más detenidamente estos elementos.

CUERPO DEL CILINDRO

El cuerpo del cilindro esta compuesto en su forma más corriente de un tubo de acero estirado en frío sin costura, aunque también los hay en fundición de acero, aluminio, latón e inoxidable. La parte interna del tubo debe presentar un acabado liso completamente.

Calculo del espesor del cilindro.

Una consideración demasiado importante es conocer el espesor del cilindro adecuado para una aplicación determinada, este espesor depende de :

- La presión máxima de trabajo
- Diámetro interno del cilindro
- Material del cilindro

El cilindro debe tener un espesor de pared suficiente para que pueda soportar el esfuerzo ejercido por la presión de trabajo sin deformarse, e incluso por las sobre presiones.

El espesor del cilindro puede calcularse mediante la siguiente fórmula.

$$e = \frac{p \cdot d}{2\sigma}$$

donde

e = Espesor del cilindro, [cm]

p = Presión máxima a considerar, [Kg/cm²]

d = Diámetro medio del cilindro, [cm]

σ = Carga de fatiga máxima admisible del material, [Kg/cm²]

Para el acero se adopta un valor de σ comprendido entre 400 y 600 Kg/cm², una vez conocidos los valores aproximados del espesor y de los diámetros exterior e interior del cilindro, hay que comprobarlos calculando el valor exacto de la carga de fatiga mediante la fórmula:

$$\sigma' = P \frac{d_2^2 + d_1^2}{d_2^2 - d_1^2} = P \cdot \frac{\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 + 1}{\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 - 1}$$

donde d_2 = Diámetro exterior, [cm]

d_1 = Diámetro interior, [cm]

σ' = Carga de fatiga resultante, [Kg/cm²]

Si σ' resulta mayor al valor σ fijado antes, debe aumentarse un poco la relación d_2/d_1 ; en caso contrario debe disminuirse muy ligeramente.

Llamemos $\lambda = \frac{d_2}{d_1}$ y d el diámetro medio de la primera fórmula. Se tiene que:

$$d_1 = \frac{2d}{1 + \lambda}$$

$$d_2 = \lambda \cdot d_1$$

ejemplo.

Pensemos que en un circuito hidráulico tenemos:

$$P = 40 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma = 450 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = 15 \text{ cm}$$

Aplicando la primera fórmula, tenemos

$$e = \frac{40 \times 15}{2 \times 450} = 0.66 \text{ cm}$$

si tenemos ahora que $d_1 = 14.3 \text{ cm}$ y $d_2 = 15.6 \text{ cm}$ resulta $\frac{d_2}{d_1} = \frac{15.6}{14.3} = 1.09$

y por consiguiente

$$\sigma' = 40 \cdot \frac{1.09^2 + 1}{1.09^2 - 1} = 40 \cdot \frac{2.19}{0.19} = 450.88$$

como σ' es ligeramente mayor que σ , hay que aumentar un poco la relación de diámetros, tomando por ejemplo, $\lambda = 1.1$, entonces

$$\sigma' = 40 \frac{1.1^2 + 1}{1.1^2 - 1} = 40 \cdot \frac{2.21}{0.21} = 420.9$$

Es decir, perfectamente admisible. Se tendrá por lo tanto:

$$d_1 = \frac{2 \times 15}{1 + 1.1} = 14.28 \text{ cm}$$

$$d_2 = 1.1 \cdot 14.28 = 15.71 \text{ cm}$$

resultando un espesor de

$$\frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{15.71 - 14.28}{2} = 0.71 \text{ cm} = 7.1 \text{ mm}$$

En este ejemplo se nota la gran influencia que la relación de diámetros tiene sobre el valor de σ .

TAPAS

Dentro de la gran variedad de cilindros hidráulicos que existen podemos ver que todos tienen tapas laterales, puede ser que sean fijas al cilindro o desmontables, las tapas fijas al cilindro son poco comunes. La mayoría de cilindros tiene tapas desmontables que permiten la intervención cuando existe una fuga en las juntas. Las tapas de los cilindros pueden estar fabricadas con diferentes materiales, aunque las construcciones más frecuentes son en acero.

En muchos cilindros hidráulicos, las tapas llevan los orificios de circulación de aceite: entrada, salida o bien, salida, entrada.

Estos orificios deben ser dimensionados con mucho cuidado, ya que con mucha frecuencia se comprueba la existencia de contrapresiones nocivas, debidas a secciones de orificios demasiado pequeñas; los fabricantes de cilindros han previsto que las secciones de los orificios estén en función de la velocidad lineal máxima permitido para el pistón y desde luego para el vástago.

La tapa del lado del vástago esta provista de una guía generalmente de bronce y de un sistema de estanqueidad. En la entrada de este sistema se coloca una junta especial llamada raspador del vástago que permite limpiarlo, la tapa del lado del pistón esta soldada sobre el cuerpo del cilindro o extruida al fabricar dicho cuerpo, es en esta tapa donde se encuentra en la mayoría de los casos el sistema de fijación donde el cilindro hidráulico se apoya para realizar su función.

Existe una gran variedad de tapas, generalmente las que más encontramos son del tipo brida, de tirantes y atomilladas al mismo cuerpo del cilindro. Estas tapas se sujetan al cilindro con tornillos, y el número de tornillos o tirantes en su caso esta en función de la presión máxima de funcionamiento. Todas las tapas montadas sobre un cilindro deben tener una o varias juntas tóricas o anillos cuadrados, montados sobre un centrado interior para no permitir las indeseables fugas.

PISTON

El pistón es el órgano motor del cilindro hidráulico. Es la prolongación del vástago, su construcción es generalmente de acero; puede llevar piezas en bronce o tener un recubrimiento en bronce o latón. En la fabricación del pistón se hace un verificado junto con el vástago por tener una concetricidad perfecta entre los dos elementos.

El pistón lleva un hueco cilíndrico central con una ranura para cuña, que le permite ser ajustado sobre el vástago y evitar su rotación. Entre el vástago y el pistón hay una junta tórica en un alojamiento propio, para asegurar su estanqueidad. Una tuerca enclavada por un freno montada sobre un fileteado en el extremo del vástago, une perfectamente al pistón y al vástago.

Entre el pistón y el cilindro hay una pequeña diferencia en diámetros por lo que esa diferencia la ocupa una junta tórica o junta de tipo segmento, que en la actualidad es de teflón; estas juntas están sobre unas ranuras mecanizadas en la periferia del pistón.

Una consideración importante que hay que tener presente en el diseño de un pistón es el de dotarlo de un tope fijo fin de carrera del pistón sobre la tapa, a fin de que no se produzca la deformación de las ranuras que llevan a las juntas, y que el aceite que va a entrar en esa cámara para actuar al pistón lo haga libremente.

VASTAGO

Como ya se había dicho anteriormente tanto el vástago como el pistón están siempre rectificadas, en el caso del vástago para evitar el deterioro de las juntas. El material que lo constituye es acero y la calidad del material como su tratamiento están en relación con los agentes exteriores al trabajo al cual están expuestos. Por lo tanto en la mayoría de los cilindros hidráulicos el vástago se encuentra cromado.

Hay que señalar que la mayor parte de los cilindros hidráulicos tienen vástagos macizos, pero a veces se pueden encontrar huecos donde la carrera es muy grande. Las dimensiones del vástago se realizan en base a los empujes o las tracciones a transmitir para evitar los riesgos de pandeo, pero también hay que tener en cuenta los siguientes parámetros: presión, área del vástago, área del pistón, carrera y formas de fijación.

En un extremo del vástago esta provisto de rosca o bien de un orificio roscado, que permite la adaptación de la articulación de empalme. En el otro extremo del lado del pistón lleva un roscado y cuñero para unir el pistón con el vástago.

Cuando la carrera del cilindro sobrepasa las dimensiones consideradas como normales, el vástago está provisto de un anillo distanciador de guía interior, situado sobre el vástago, entre el pistón y la tapa del lado del vástago. (Fig.26)

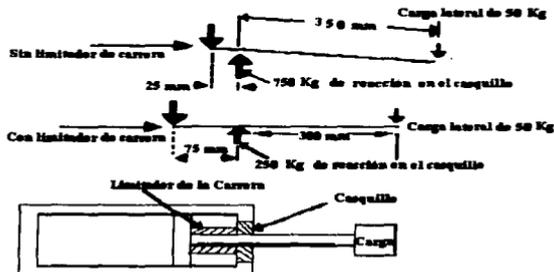


Fig.26

La longitud de este anillo ayuda a que las compresiones radiales provocadas al final de la salida del vástago (tapa del lado del vástago) y entre el pistón y el diámetro interior del cuerpo del cilindro no sean muy elevadas.

JUNTAS

Como todos los elementos hidráulicos, las juntas representan un papel muy importante, de ellas corresponde el mantener la estanqueidad en un circuito hidráulico. Son los encargados de evitar las pérdidas de fluido, tanto interna como externamente; en las pérdidas internas lo podemos ver cuando hay falta de fuerza en un cilindro hidráulico o pérdida de potencia en un motor, las pérdidas externas se reflejan en el consumo excesivo de fluido.

Todo dispositivo de estanqueidad ocasiona una resistencia pasiva a los receptores hidráulicos, no debe permitirse nunca que la estanqueidad sea de un aumento de las resistencias pasivas, esto se refleja en un deslizamiento difícil de los vástagos de los cilindros o pares excesivos en vacío para los ejes en rotación. Para que no suceda esto se debe permitir un lubricación adecuada de la junta.

En la actualidad la gran mayoría de juntas se fabrican de elastómeros sintéticos, los materiales más comúnmente empleados se encuentran: neopreno, nitrilo, butil, silicona, uretano y fluoro-silicona. Las juntas recomendadas para los servicios a los que van a ser destinados se clasifican según el tipo de montaje; estático o dinámico. Para un montaje estático las juntas empleadas son entre otras: metálicas (cobre o aluminio), tóricas y anillos fabricados con elastómeros y metales que permiten presiones elevadas con un pequeño par de apriete. Para un montaje dinámico las juntas más frecuentemente encontradas entre muchas otras son: cuadrada o rectangular con anillo anti-extrusión, tóricas y en forma de V.

Es importante mencionar que las temperaturas extremas del aceite para el buen funcionamiento de las juntas no debe exceder de 80°C , además de que debe tener su forma o perfil correcto, también la mecanización de los componentes hidráulicos debe ser la correcta para evitar su destrucción.

AMORTIGUADORES DE LOS CILINDROS

Algunos cilindros llevan amortiguadores para reducir la velocidad cerca del final de la carrera e impedir que el pistón golpee contra la tapa, en otras palabras estos dispositivos actúan como frenos y evitan las averías por impacto gracias a un "cojin de aceite". En la figura 27 tenemos un cilindro que trabaja normalmente durante la parte principal de su carrera, pero que reduce su velocidad al cerrar el propio pistón uno de los orificios de salida del aceite. Durante la fracción final de la carrera el aceite desplazado descarga a través de un orificio ajustable.

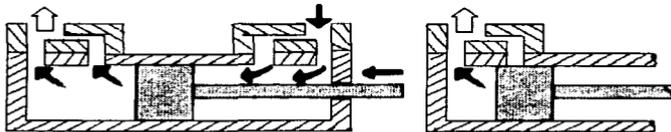


Fig. 27

Debe tenerse en cuenta que la distancia que separa los orificios está en función de la energía cinética que se ha de absorber. Si el cilindro no está dotado de un amortiguador de fin de carrera en el lado del vástago, no será posible ninguna absorción de la energía cinética y la tapa del cilindro sufrirá el impacto fuerte del pistón, la repetición de estos esfuerzos es la causa de un deterioro de estos componentes.

MOTORES HIDRAULICOS

Un motor hidráulico puede compararse a una bomba hidráulica que trabaja al revés; incluso hay elementos que pueden funcionar como bomba o motor según sea su situación en el circuito y las condiciones de funcionamiento. La diferencia entre motor y bomba está más en la presentación que dan que en su construcción interna.

Los principales tipos de motores son los mismos que las de las bombas: paletas, pistones y engranes, tiene una sección interna idéntica a la mostrada al hablar de las respectivas bombas. La diferencia está en su funcionamiento; la bomba es accionada mecánicamente y aspira líquido que manda al motor y el motor es accionado por el líquido que le manda la bomba y, a su vez, actúa mecánicamente sobre la carga. Como se ha dicho a los motores les llega una corriente de aceite y al encontrar su camino cerrado por engranajes, paletas o pistones, los impulsa al aumentar la presión, provocando el giro de su eje para poder salir y continuar a menor presión por la tubería de retorno. Pueden ser unidireccionales o reversibles, aunque la mayoría de los motores son reversibles.

CLASIFICACION DE LOS MOTORES

a) Desplazamiento

Los motores se clasifican según su desplazamiento al igual que las bombas, este desplazamiento es la cantidad de aceite que se requiere para efectuar un giro de 360°. La mayoría de los motores son de desplazamiento fijo, aunque se utilizan muchos motores de pistones de desplazamiento variable, especialmente en transmisiones hidrostáticas. El desplazamiento de un motor hidráulico se expresa en centímetros cúbicos por revolución (Cm³/rev).

B) Velocidad.

Si conocemos el desplazamiento del motor y el caudal que le suministramos podemos conocer su velocidad de giro en rpm.

$$rpm = \frac{\text{caudal} \times 1000}{\text{desplazamiento}}$$

donde el caudal está en litros por minuto (L/min) y el desplazamiento en (cm³/rev).

De esta ecuación se deduce que al tener un desplazamiento grande su velocidad se reduce; y al disminuir el desplazamiento la velocidad aumenta, pero podemos aumentar velocidad aumentando el caudal.

También de la elección anterior podemos saber el caudal que requerimos para una velocidad determinada.

$$\text{caudal}(L / \text{min}) = \frac{\text{vel.} \times \text{desplazamiento}}{1000}$$

c) Par

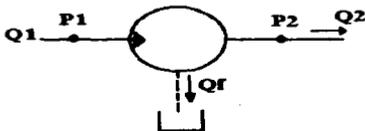
En los motores, al igual que ocurre con las bombas, se producen fugas de aceite que se introduce entre sus piezas y resbala hacia el fondo de la carcasa, éste aceite no contribuye a provocar el giro de las piezas móviles, pero sí su lubricación y refrigeración, y es devuelto al depósito por una tubería delgada.

Si llamamos Q_1 al caudal que entra y Q_2 al caudal que sale, tenemos:

$$Q_1 = Q_2 + Q_f$$

Como Q_2 es el que provoca el giro del motor, calculamos la velocidad como dice la primera ecuación.

El aceite entra en el motor con una presión P_1 y le hace girar para salir con una presión P_2 , de menor valor que P_1 . Esta disminución de la presión es debida a que el aceite se lámina, las moléculas de aceite rozan entre sí, las piezas metálicas también rozan entre sí, y, sobre todo, el eje del motor realiza un trabajo al girar.



La potencia que pierde el aceite al cruzar el motor vale :

$$\text{Pot.} = Q_1 \cdot P_1 - Q_2 \cdot P_2 = Q_f \cdot P_1 + Q_2 (P_1 - P_2)$$

donde Q_f es mucho menor que Q_2 y p_2 es menor que P_1 , entonces la potencia mecánica aprovechable es:

$$\text{Pot. Mec.} = \text{Par} \cdot \text{Vel. Angular.}$$

Donde el par es el que se requiere para mover una determinada carga.

Luego, el rendimiento total vale:

$$\eta_t = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{Q_2}{Q_2 + Q_f}$$

y el rendimiento mecánico es el cosiente entre el par que se tiene en el eje de salida y el que habría si no se produjesen pérdidas mecánicas en el interior del motor, cumpliéndose:

$$\eta_r = \eta_h \cdot \eta_M$$

Cuando el valor de P_2 puede despreciarse respecto a P_1 , el par aprovechable en el eje de salida vale:

$$Par = \eta_M \frac{\text{desplazamiento} - P_1}{2\pi}$$

y como fórmula general que da el par de un motor Hidráulico es:

$$Par.(Kg - m) = \frac{10 \cdot \text{Presion}(Kg / cm^2) \cdot \text{desplazamiento}(L / rev)}{2\pi}$$

De esta fórmula se deduce que el par aumenta al aumentar la presión o el desplazamiento, pero no hay que olvidar que con un desplazamiento mayor la velocidad angular disminuye proporcionalmente al aumento del par.

D) Potencia

Una de las características más comúnmente empleadas para clasificar un motor Hidráulico, es su potencia indicada en caballos de vapor.

Los caballos de vapor de un motor indican el par motor que es capaz de desarrollar en la unidad de tiempo, entonces la relación básica entre par y potencia para un dispositivo rotatorio es:

$$\text{Potencia.}(CV) = \frac{Par.(Kg - m) \cdot rpm}{717}$$

La fórmula hidráulica si conocemos la presión y el caudal es:

$$\text{Potencia.}(CV) = \frac{\text{caudal.}(L / min) \cdot \text{Presion.}(Kg / cm^2)}{450}$$

MOTOR DE ENGRANES

Los motores de engranes se emplean mucho porque son sencillos y económicos. Para lo que más se emplean es para accionar pequeños equipos a distancia.

Estos motores suelen ser de tamaño reducido y tienen numerosas aplicaciones por lo fáciles que son de acoplar. Para ello basta dotarlos de un soporte de montaje universal y de tubos flexibles para el aceite hidráulico.

El motor de engranes fig.27 desarrolla un par debido a la presión aplicada sobre la superficie de los dientes de los engranes.

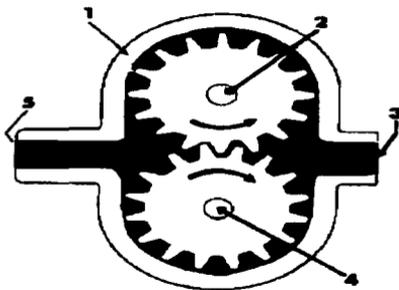


Fig.27

- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| 1.- Caja del motor | 4.- Eje loco |
| 2.- Eje de salida del motor | 5.- Puerto de salida |
| 3.- Puerto de entrada | |

Los dos engranes están acoplados y giran conjuntamente, estando solamente una de ellas acoplado al eje de accionamiento. El motor de engranes puede girar en ambos sentidos, invirtiendo la dirección del caudal pero en ellos no es posible variar el volumen de la cámara y por lo tanto el desplazamiento es fijo, y es igual al volumen comprendido entre los dientes multiplicado por el número de dientes, como se había calculado en las bombas de engranes.

Evidentemente los engranes no están equilibrados hidráulicamente, según la figura, en la entrada hay una alta presión y una baja presión a la salida y esto origina elevadas cargas laterales sobre los engranes y los ejes, así como los cojinetes que los soportan, se puede equilibrar estos esfuerzos laterales mediante orificios y pasajes internos donde se distribuye la presión a 180° como lo ilustra la figura 28.

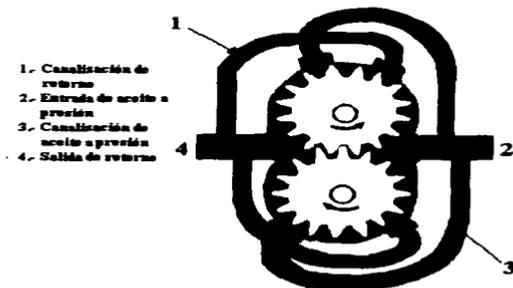


Fig.28

Los motores de engranes están limitados a presiones de funcionamiento de 7-140 Kg/cm², y a velocidades angulares de 100-2400 rpm. Las ventajas principales son su sencillez.

MOTOR DE PALETAS

Como en el caso de las bombas de paletas, tenemos un rotor ranurado que está acoplado a un eje de accionamiento y gira dentro de un anillo ovalado, dentro de las ranuras del rotor están colocadas las paletas que siguen la superficie interna del anillo cuando el rotor gira, estas paletas siguen el perímetro del anillo debido a la fuerza centrífuga que se genera al girar la bomba, pero en el caso de los motores de paletas estas se mantienen en contacto individualmente entre las ranuras del rotor y la paleta rectangular.

En un motor de paletas, el par se desarrolla por la presión, que actúa sobre las superficies expuestas de las paletas, a medida que el rotor gira las paletas siguen la superficie de un anillo formando cámaras cerradas que arrastran el fluido, desde la entrada hasta la salida.

Este tipo de motores los encontramos con más frecuencia equilibrados hidráulicamente; las entradas de aceite se encuentran a 180° para evitar cargas laterales, así se neutralizan mutuamente. Fig. 29.

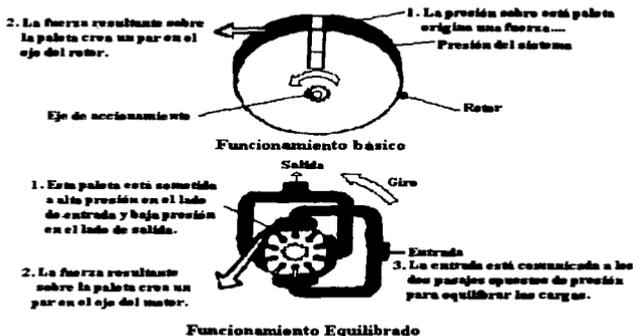


Fig.29

Al ver la figura se nota que si invertimos el sentido del caudal, se invierte el sentido del giro del motor.

Los límites de presiones en este tipo de motores se encuentran entre 7-175 Kg/cm², y el margen de revoluciones está entre 10 y 3000 rpm.

Otro diseño del motor de paletas equilibradas hidráulicamente pero ahora con un gran par hasta de 620 Kg-m y baja velocidad de 5 a 150 rpm, es aplicado a transportadores pesados, cabrestantes, unidades de bloqueo etc., y en muchas aplicaciones donde su elevada capacidad de par es una ventaja. También existen motores dobles de paletas con un par máximo de hasta 1240 Kg-m, estos motores son de alto rendimiento debido a las modificaciones significativas en su construcción, en estos diseños las paletas se mantienen contra el anillo mediante muelles de forma cilíndrica y esto hace que casi no existan pérdidas de líquido al aumentar la presión. Una gran ventaja es que existen para algunas marcas cartuchos de intercambio, esto es, el conjunto de elementos formado por anillo, rotor y paletas desmontables y puede ser sustituido por otro conjunto completo.

MOTORES DE PISTONES

Los motores de pistones se prefieren cuando se requieren altas velocidades o presiones. Son mucho más complejos en su constitución que los otros tipos de motores que se han descrito y por eso mismo son también más complicados y caros, también requieren mayores cuidados.

Estos motores se dividen en dos grupos:

- a) De pistones axiales
- b) De pistones radiales

La utilización de estos motores esta en función en la mayoría de los casos del espacio disponible y donde se requiere mayores potencias; para los equipos móviles se utiliza el tipo de pistones axiales, en cambio, el tipo de pistones radiales se emplea en instalaciones fijas donde no hay limitaciones de espacio.

Los motores de pistones generan el par a través de la presión que actúa sobre los extremos de los pistones de vaivén que operan dentro de una sección cilíndrica.

En el diseño en línea de la fig.30 el motor del eje impulsor y la sección del cilindro se encuentran alineados sobre el mismo eje. La presión que existe en los extremos de los pistones origina una reacción sobre una placa oscilante e impulsa la sección del cilindro y el eje del motor en rotación. El par es proporcional al área de los pistones y es una función del ángulo en el cual esta colocada la placa oscilante.

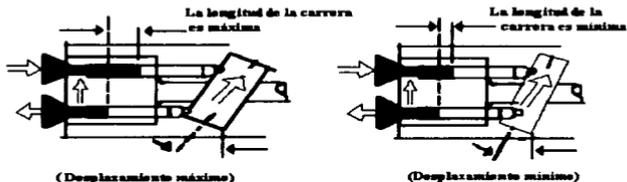


Fig.30

Estos motores se construyen tanto en modelos de desplazamiento fijo, como en desplazamiento variable. El desplazamiento queda determinado por el ángulo de la placa oscilante. En el modelo variable la placa oscilante va montada en una horquilla pivotada y el ángulo se puede cambiar por diversos medios, desde una palanca o volante manual, hasta complejos mecanismos de servocontrol.

Manteniendo el gasto constante, al aumentar la inclinación de la placa oscilante se aumenta la cantidad impulsada. Por el contrario, al reducirse el ángulo se disminuye la capacidad del par pero aumenta la velocidad del eje impulsor.

MOTORES DE PISTÓN DE EJE INCLINADO

Los motores de pistón de eje inclinado desarrollan un par también por medio de la reacción de la presión al actuar esta en posiciones de vaivén. En este diseño la sección del cilindro y el eje impulsor van montados formando un ángulo entre sí y la reacción va dirigida a la brida del eje impulsor.

La velocidad y el par cambian al variar el ángulo; desde un mínimo predeterminado de revoluciones, con desplazamiento y par máximos a un ángulo de aproximadamente 30° , hasta unas r.p.m. máximas, con un desplazamiento y par mínimo. Se pueden obtener tanto el modelo de desplazamiento fijo como el variable. Fig.31

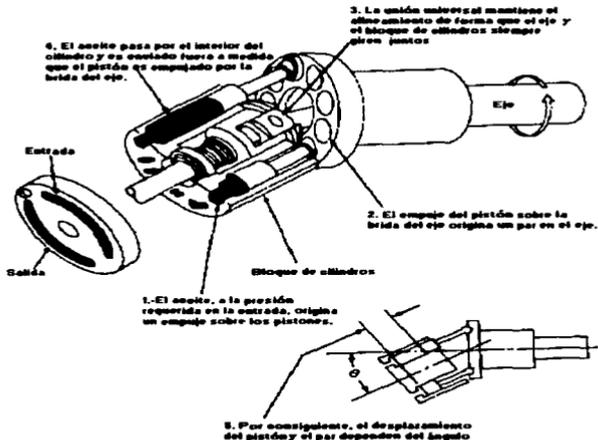


Fig.31

La rotación del eje se invierte cambiando el flujo del aceite, entonces podemos decir que su reversibilidad es muy buena respecto a los otros motores descritos, sus velocidades de rotación están en un margen de 10 a 2000 rpm, y sus presiones de trabajo de 7 a 350 Kg/cm².

LIQUIDOS HIDRAULICOS

El líquido hidráulico es el medio utilizado para transmitir la fuerza desde la bomba a los elementos de trabajo, como cilindros y motores hidráulicos. El líquido tiene gran importancia, como lo puede tener otro elemento de un sistema hidráulico, se estima que el 70% de las fallas en el equipo hidráulico se debe a la mala selección del líquido de trabajo.

Al hablar del líquido hidráulico nos referimos casi siempre a un aceite mineral muy refinado, procedente de la destilación del petróleo, al que se le añaden varios aditivos para mejorar sus propiedades.

Como se dijo anteriormente la primera función del fluido hidráulico es la transmitir la fuerza aplicada al mismo. En efecto, el líquido se comporta como una barra de acero. Cualquier fuerza aplicada sobre un extremo de la columna del líquido, se transmite al otro extremo. Pero también tiene que cumplir otras funciones importantes.

Tiene que lubricar las piezas en movimiento, conservarse inalterado durante un largo periodo de tiempo, proteger las partes de los elementos hidráulicos de la oxidación y de la corrosión, no hacer espuma ni oxidarse el mismo, desprender con facilidad el aire, agua y otros contaminantes que pueda tener y tiene que conservar un grado de viscosidad adecuado dentro de un margen de temperaturas bastante amplio.

Las propiedades principales a tener en cuenta en un líquido hidráulico son:

- Viscosidad
- Índice de viscosidad

VISCOSIDAD

Esta propiedad del líquido es importante para la adecuada transmisión de fuerza. La viscosidad indica la resistencia del líquido a fluir, dicho de otra manera, es la resistencia que encuentran las moléculas al rozar unas con otras, lo cual hace que fluya lentamente por un orificio o se deforme para adaptarse a la forma del recipiente que lo contiene.

Ahora veremos que para una determinación o medida de viscosidad existen diferentes procedimientos, algunos de laboratorio (viscosidades absolutas) y otros industriales (viscosidades empíricas). De la correcta elección de la viscosidad depende:

- El rendimiento de la instalación
- Pérdidas de carga, proporcionales a la viscosidad
- La duración de los elementos hidráulicos

La viscosidad es sin duda, una de las principales características de los fluidos que se utilizan en los sistemas hidráulicos.

Ahora bien, un fluido que circula con dificultad tiene una viscosidad alta; es grueso y tiene mucha consistencia. Si un fluido circula con facilidad, su viscosidad es baja. También se puede decir que el fluido es fino, o que tiene poca consistencia.

VISCOSIDAD ALTA

Si el fluido es demasiado viscoso (muy denso) los elementos del sistema hidráulico trabajan perezosamente, aunque el sistema este calculado correctamente, no hay flexibilidad alguna de funcionamiento antes de que todo el fluido en circulación haya alcanzado una temperatura suficiente.

Existe el periodo de deterioro mecánico de los elementos en el periodo de rodaje, ya que un fluido demasiado viscoso impide que se forme la película de aceite entre las piezas en movimiento.

Es común registrar temperaturas altas en este tipo de fluidos en circulación: el aceite se hace más fluido en forma anormal. Este fenómeno se debe al aumento de energía necesaria para vencer la resistencia de circulación.

VISCOSIDAD BAJA

Si el fluido es poco viscoso la lubricación de los órganos rectificadas es insuficiente, hay excesivo desgaste bajo cargas altas que se producen al destruirse la película de aceite entre piezas móviles.

No es posible asegurar un equilibrio (bomba, distribuidor, válvulas, cilindros). En lo que se refiere a la bomba se traduce en una notable disminución de la presión del circuito.

INDICE DE VISCOSIDAD (V.I)

El índice de viscosidad es un coeficiente que nos permite ver el comportamiento de la viscosidad de un fluido en función de la elevación o disminución de temperatura a que está sometido.

Cuando mayor sea el índice de viscosidad, menor es la variación de la viscosidad con los cambios de temperatura. Para poder determinar el índice de viscosidad de los aceites, se han elegido dos fluidos patrón.

VI = 0 Corresponde a un aceite de viscosidad muy inestable bajo la influencia de la temperatura.

VI = 100 Corresponde a un aceite de viscosidad bastante estable bajo la influencia de la temperatura.

Se debe destacar que estos fluidos tienen una viscosidad idéntica a 210° F, pero por el contrario a 100° F la viscosidad de estos aceites es muy diferente. Por lo tanto, para poder determinar el VI de un aceite cualquiera se realiza por comparación entre los dos fluidos patrón, mediante la siguiente fórmula.

$$VI = 100 \times \frac{L - u}{L - H}$$

donde:

L = Viscosidad a 100° F con VI = 0

H = Viscosidad a 100° F con VI = 100

u = Viscosidad a 100° F del aceite analizado

Los valores de H y L se dan en las siguientes tablas, donde se observa que D = L-H
Tablas V y VI.

Tabla V. Viscosidad en segundos Saybolt Universal

Viscosidad SSU a 210 °F	H	L	D (L-H)	Viscosidad SSU a 210 °F	H	L	D (L-H)
130	1848	4498	2650	140	2084	5202	3118
131	1871	4567	2696	141	2108	5275	3167
132	1894	4636	2742	142	2132	5348	3216
133	1918	4705	2787	143	2156	5422	3266
134	1941	4775	2834	144	2180	5496	3316
135	1965	4845	2880	145	2205	5570	3365
136	1988	4915	2927	146	2229	5645	3416
137	2012	4986	2974	147	2254	5721	3467
138	2036	5058	3022	148	2278	5796	3518
139	2060	5130	3070	149	2303	5873	3570

Tabla VI. Viscosidad en Centistokes

Viscosidad Cinemática en cSt 210 °F	H	L	D (L-H)	Viscosidad Cinemática en cSt 210 °F	H	L	D (L-H)
28.00	415.6	1018.4	603.3	30.0	460.0	1156.6	695.1
28.20	419.7	1032.0	612.3	30.5	472.8	1192.0	719.2
28.40	424.3	1045.6	621.3	31.0	484.1	1226.8	742.7
28.60	428.9	1059.4	630.5	31.5	496.1	1263.7	767.6
28.80	433.5	1073.2	639.7	32.0	508.2	1301.1	792.9
29.00	438.1	1087.0	648.9	32.5	520.4	1338.9	818.5
29.20	442.8	1101.0	658.2	33.0	532.6	1377.2	844.6
29.40	446.9	1113.5	666.6	33.5	544.9	1416.0	871.1
29.60	451.6	1127.6	676.0	34.0	557.3	1455.3	898.0
29.80	456.2	1148.8	685.6	34.5	569.9	1495.0	925.1

Ejemplo: Un aceite tiene una viscosidad de 30 c.st a 210° F
¿cual es su indice de viscosidad?

Solución:

en la tabla c.s.t. se encuentran, frente a :

30 c.s.t a 210° F

$$L = 1156.6$$

$$D = 695.1$$

Con estos valores y la fórmula indicada anteriormente, se puede decir:

$$VI = 100x \frac{L - u}{D} \quad \text{es decir:}$$

$$VI = 100x \frac{1156.6 - 450}{695.1} = 101.6$$

Podemos decir que en el ejemplo, un aceite puede tener un VI superior a 100. Este perfeccionamiento ha sido gracias a los progresos realizados en el refinamiento y elaboración de los aditivos. Concluimos pues que la viscosidad del aceite en el ejemplo no se modifica con la temperatura, por su VI muy alto.

También las tablas se pueden utilizar para determinar la viscosidad cuando se conoce el VI.

Ejemplo:

Un aceite tiene un índice de viscosidad de 80 y una viscosidad de 32 c.s.t a 210° F. ¿Cual es su viscosidad a 100° F?

Solución:

$$VI = 100 \times \frac{L - u}{D}$$

donde :

$$u = L - \frac{D \times VI}{100}$$

de las tablas.

$$D = 792.9 \\ L = 1301.1$$

Por lo tanto :

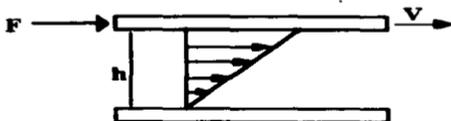
$$u = 1301.1 - \frac{792.9 - 80}{100} = 1293.9 \text{ c.s.t}$$

Hemos visto como se calcula el VI y la viscosidad, pero anteriormente se dijo que hay métodos para definir la viscosidad, por orden decreciente de precisión, son: viscosidad absoluta en poise, viscosidad cinemática en centistokes, viscosidad relativa en segundos universales saybolt (sus) y números SAE.

VISCOSIDAD ABSOLUTA (POISE)

Considerando la viscosidad como la resistencia que ofrece una capa de fluido para deslizarse sobre otra, es fácil medir en el laboratorio la viscosidad absoluta dinámica. Supongamos una película de aceite de espesor h situada entre dos placas planas y paralelas de dimensiones iguales. Si una placa la ponemos en reposo y la otra en movimiento, empujando con una fuerza F para que adquieran una velocidad uniforme V .

Las partículas de aceite que están en contacto con la placa móvil permanecerán adheridas a ella, teniendo su misma velocidad V , y las que están en contacto con la placa fija permanecerán en reposo, creándose un gradiente de velocidad debido a la resistencia que ofrece el aceite a que se rompa la película.



La fuerza es proporcional al gradiente de velocidad y a la superficie de la placa:

$$F = \mu \frac{V}{h} S$$

El factor de proporcionalidad μ recibe el nombre de viscosidad absoluta o dinámica. Por lo tanto, la viscosidad que tiene un fluido, cuando la fuerza necesaria para mover una superficie de 1 m^2 sobre otra idéntica paralela, situada a 1 m de distancia, con una velocidad relativa de 1 m/seg es 1 N . En este caso, se obtiene la viscosidad dinámica absoluta, expresado en poises. Una unidad más pequeña de viscosidad dinámica es el centipoise que es la centésima parte de un poise.

VISCOSIDAD CINEMATICA (STOKE)

La viscosidad cinemática se mide por derramamiento de fluido dentro de tubo capilar por su propia masa, su rapidez de descenso es, proporcional a su masa específica.

El stoke es la viscosidad cinemática absoluta de un líquido que posee una masa específica de un gramo por centímetro cúbico y cuya viscosidad dinámica absoluta es de un poise.

$$\text{Stoke} = \frac{\text{Poise}}{\text{masa - específica}}$$

Una unidad más pequeña es el centistokes, que es la centésima parte del stokes.

Se distinguen dos unidades de viscosidad absoluta, que se derivan una de otra, las viscosidades dinámica y cinemática están relacionadas de la siguiente manera:

$$\text{Poise} = \text{Stoke} \times \text{masa específica}$$

VISCOSIDAD RELATIVA (SSU)

Para la mayoría de las aplicaciones prácticas es suficiente conocer la viscosidad relativa del fluido. Se determina el tiempo que tarda una cierta cantidad del líquido en fluir en un "embudo" normalizado a una temperatura determinada.

Esta viscosidad suele expresarse en SSU (Seconds Saybolt Universal), un líquido grueso fluirá más despacio y la viscosidad SSU será más alta que la de un líquido ligero que fluirá más rápido. Pero en un líquido hidráulico, cambiara su viscosidad al cambiar la temperatura, es por ello que la viscosidad en SSU se determina a 70, 100, 130 y 210° F que equivalen respectivamente a 22, 38, 54 y 100° C.

El ensayo se efectuara midiendo el tiempo en segundos que emplean 60 ml de fluido atravesar el canal de evacuación del viscosímetro, el canal de evacuación tiene una longitud de 12.2 mm y un diámetro interior de 1.75 mm.

Para aplicaciones industriales, la viscosidad del aceite es del orden de 150 SSU a 100° F (38° C). Una norma general dice que la viscosidad nunca debe ser inferior a 45 SSU, ni superior a 4000 SSU independientemente de la temperatura.

NUMEROS SAE

La denominación SAE (Society of Automotive Engineers) seguido de un número, se utiliza corrientemente para designar el índice de viscosidad de un aceite. Cuanto mayor es el número que sigue a la denominación, más viscoso es el aceite. Pero esta regla no es absoluta, ya que existen algunos factores, donde figura la temperatura, y esta denominación es perturbada.

El número SAE se determina comparando el tiempo invertido por el aceite a probar en pasar por el instrumento de medida, con una tabla hecha por la Society of Automotive Engineers. En la tabla se indican las viscosidades estandar de los aceites hidráulicos. En dicha tabla aparecen números indicativos de los límites de viscosidad medida con un viscosímetro Saybolt Universal.

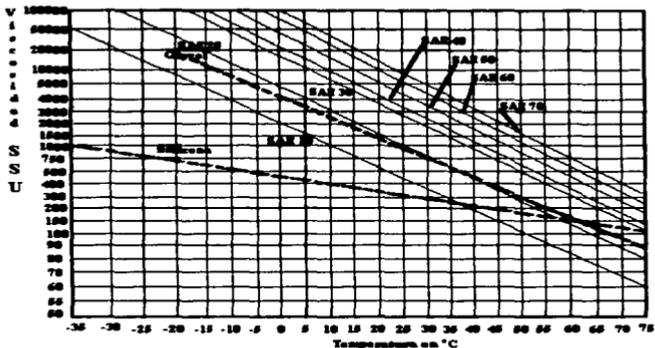


Gráfico de viscosidad

Por ejemplo, el aceite SAE 20 tiene una viscosidad de 103 segundos a 65.6° C y una viscosidad de 320 segundos a 37.8° C.

Otras características importantes de los fluidos de transmisión de potencia son:

- Desemulsibilidad
- Poder anti-espumante
- Poder anti-corrosivo
- Punto de congelación

DESEMULSIBILIDAD

En hidráulica entendemos por emulsión todo aquello que tenga una relación entre el fluido de transmisión de potencia y el agua. Por lo tanto este índice caracteriza la mayor o menor facilidad que presenta un aceite para separarse del agua que pudiera contener.

El agua puede introducirse por el contacto con el aire en la toma de aire, en la tubería de baja presión, por condensación, juntas en mal estado, etc. Algunos componentes antioxidantes permiten la mezcla del agua en el aceite, esto impide que el agua se deposite y rompa la película anti-oxidación. Pero demasiada agua en el aceite facilita la acumulación de contaminantes, acelera la formación de ácidos y por lo tanto desgaste.

Con aditivos adecuados, puede conseguirse que un aceite hidráulico tenga un alto grado de desemulsibilidad o capacidad para separar el agua.

PODER ANTI-ESPUMANTE

Es la capacidad con que el fluido se separa del aire que contiene. Sin embargo, todo aceite contiene aire disuelto. La marca móvil dice que la solubilidad del aire en el aceite proporciona a la presión según el porcentaje de aceite disuelto y la presión reinante, puede ocurrir que el aire produzca o no una acción incorrecta en el funcionamiento de los circuitos.

Si bajo una presión elevada y constante el aire disuelto en el aceite no tiene influencia alguna en la estabilidad de un cilindro por ejemplo, pero al reducirse la presión a consecuencia de la descarga, se desprenden pequeñas burbujas de aire y son arrastradas por el aceite hacia el depósito. Al agitarse el aceite y las burbujas de aire, surge entonces la espuma.

En un circuito hidráulico, la formación de espuma se debe:

- Un rápido descenso de la presión (aceite que contenga un elevado porcentaje de aire disuelto)
- Un nivel demasiado bajo en el depósito
- Una o varias tomas de aire en el circuito de baja presión.

De estas tomas de aire y, por lo tanto de espuma se deriva:

- Una alimentación irregular en la bomba
- Un movimiento incorrecto en un cilindro o en el motor hidráulico
- Un aumento de temperatura del fluido en movimiento
- Un ataque por oxidación de las piezas principales del sistema
- Una oxidación de aceite; un fluido con espuma ofrece una mayor superficie en contacto con el aire, esto se traduce en un espesamiento del aceite, y en consecuencia, en una disminución de la velocidad en las tuberías.

PODER ANTI-CORROSIVO

La corrosión es una reacción química entre un metal y un ácido. Los ácidos resultan de la combinación química del agua con ciertos elementos.

Los aditivos anticorrosivos combaten la acción de la humedad y por tanto, del óxido sobre los órganos de un circuito. Estos aditivos se interponen entre las superficies metálicas y el agua. Durante la corrosión las partículas de metal se disuelven y se desprenden del componente, tanto la oxidación como la corrosión contaminan el sistema y originan un desgaste, también originan fugas excesivas y puede ocurrir que los componentes fallen.

Los buenos líquidos hidráulicos llevan aditivos contra la oxidación y la corrosión que neutralizan los ácidos.

PUNTO DE CONGELACION

Esta característica es muy importante, el punto de congelación se asocia a la viscosidad en frío, corresponde a aquella temperatura a la cual el líquido hidráulico deja de fluir. Podría decirse que pasa del estado líquido al estado sólido, con una apariencia más o menos plástica.

Para medir el punto de congelación, existen muchos métodos por descenso de temperatura, su característica es que el aceite fluye después de ser refinado sin removerlo, a una temperatura mínima.

CAUSA Y EFECTO DE LA CONTAMINACION Y DEGRADACION DE ACEITES

La contaminación de los fluidos es la causa más común del bajo rendimiento en los sistemas hidráulicos y en los sistemas de circulación. A medida que la contaminación aumenta en un sistema, el rendimiento disminuye progresivamente debido a las interferencias de operación causadas por la oxidación y la formación de barnices, cambio de viscosidad o agotamiento de los aditivos o por partículas que impiden el flujo libre del aceite o el movimiento de partes con tolerancias mínimas.

En los sistemas nuevos pueden introducirse impurezas, sedimentos y partículas abrasivas durante la fabricación y ensamble. Los contaminantes incrustados que se encuentran con mayor frecuencia son: rebabas de metal provenientes del roscado de los tubos o del corte de los mismos, selladores para juntas de la tubería y partículas de soldadura.

En los sistemas de operación, las partículas abrasivas son producto del desgaste de partes en movimiento o erosión dentro del sistema. El polvo y partículas extrañas, pueden entrar a través de los sellos, de los tubos de llenado o a través de los respiradores durante la operación normal. La condensación puede ocurrir una vez que el sistema se enfría después de que se ha parado el equipo, lo que provoca una cantidad crítica de contaminación por agua.

La degradación de aceite al agotarse el aditivo y la oxidación causada por el aire en presencia de altas temperaturas, pueden causar la formación de depósitos, barnices y lodos.

En un análisis de aceite en el laboratorio, los sistemas hidráulicos generalmente muestran bajas concentraciones de metales de desgaste. Los incrementos usualmente son señales de problemas en las bombas. Un incremento de cromo normalmente indica que el vástago de un actuador se dobla, por esta razón es muy importante vigilar las tendencias de desgaste.

Cuando la concentración de silicio (polvo o tierra) comienza a mostrar algún incremento, se recomienda un cambio de filtros. El análisis de metales de desgaste es muy importante, especialmente después de alguna reparación.

TUBERIAS Y SUS ACCESORIOS

Tubos, es el nombre que se le da a las líneas de conducción que transporta el fluido hidráulico entre los elementos de trabajo así como las conexiones utilizadas entre los conductores. Los sistemas hidráulicos utilizan, hoy en día dos tipos de líneas de conducción : Tubos de acero y mangueras flexibles.

Los tubos de acero son mucha menos costosos que las mangueras, pero, las mangueras flexibles son más convenientes para hacer conexiones y para el mantenimiento de las instalaciones.

TUBOS DE ACERO

En los tubos de acero encontramos dos tipos : Soldados eléctricamente y sin costura, ambos son adecuados para las aplicaciones hidráulicas. Los tubos con costura se producen mediante la laminación en frío de solerás de acero en forma de tubo, soldadas y estiradas.

Los tubos sin costura se fabrican en tamaños mayores que los otros, los tubos sin costura se fabrican por el estirado en frío de acero o por la extrusión en caliente de acero extrasuave (menos de 0.15 % de carbono) .

La elección de un circuito de tubería fija es función de los dos parámetros siguientes :

- Caudal de circulación por unidad de tiempo**
- Presión soportada por las paredes**

Para una tubería de acero o de una flexible, el caudal define la sección de la tubería, pero en caso de tuberías de acero la presión determina el espesor de la pared. Para determinar el diámetro interior de la tubería existen abacos normalizados Fig.32.

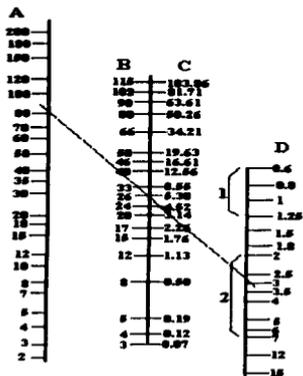


Fig.32

Abaco de las velocidades de circulación de los fluidos de transmisión de potencia en los circuitos hidráulicos. A. caudales en litro por minuto. B. Diámetro interior del tubo en mm. C. Sección de la tubería en centímetros cuadrados. D. Velocidad en metros por segundo. 1. Velocidades recomendadas para la tubería de alimentación. 2. Velocidades recomendadas para la tubería de retorno.

ejemplo: Para una circulación de 80 lt por minuto y una velocidad de 3 m/s, elegir una tubería de 26 mm de diámetro interior, correspondiente a una plg.

Fuente : J.P. de Groote, Tecnología de los circuitos hidráulicos, pag. 200 ediciones CEAC, S.A. 4 De.

La presión que es capaz de soportar la tubería determina el grosor de la pared sin modificar el diámetro interior, recordando que a falta de sección provoca caídas de presión, reduce el flujo y provoca calentamiento, el exceso de sección hace que la tubería ocupe más espacio. El espesor de la pared se expresa como una relación de números cédula, estos números son especificados por el American National Standards Institute (ANSI) desde 10 hasta 160. Tabla A.

Tamaño nominal del tubo, Ptg.	Diam. Ext. Ptg.	Espesor nominal de pared, Ptg. para números de cédula especificados													
		10	20	30	40	60	80	100	120	140	160				
1/8	0.405				0.068		0.095								
1/4	0.540				0.088		0.119								
3/8	0.675				0.091		0.126								
1/2	0.840				0.109		0.147								
3/4	1.050				0.113		0.154								
1	1.315				0.133		0.179								
1 1/4	1.660				0.140		0.191								
1 1/2	1.900				0.145		0.200								
2	2.375				0.154		0.218								
2 1/2	2.875				0.203		0.276								0.344
3	3.5				0.216		0.300								0.375
3 1/2	4.0				0.226		0.318								0.438
4	4.5				0.237		0.337			0.438					0.531
5	5.563				0.258		0.375			0.500					0.625
6	6.625				0.280		0.432			0.562					0.718
8	8.625		0.250	0.277	0.322	0.406	0.500	0.593	0.718	0.812	0.906				
10	10.75		0.250	0.307	0.365	0.500	0.593	0.718	0.843	1.000	1.125				
12	12.75		0.250	0.330	0.406	0.562	0.687	0.843	1.000	1.125	1.312				
14 D E	14.0	0.250	0.312	0.375	0.437	0.593	0.750	0.937	1.062	1.250	1.406				
16 D E	16.0	0.250	0.312	0.375	0.500	0.656	0.843	1.031	1.218	1.437	1.594				
18 D E	18.0	0.250	0.312	0.437	0.562	0.718	0.937	1.156	1.343	1.562	1.781				
20 D E	20.0	0.250	0.375	0.500	0.593	0.812	1.031	1.250	1.500	1.750	1.969				
24 D E	24.0	0.250	0.375	0.562	0.687	0.937	1.218	1.500	1.750	2.062	2.344				

Tabla A

Los números Cédula de la tabla son aproximados de P/SE, donde, P es la presión de operación en PSI, y SE es el esfuerzo admisible multiplicado por la eficiencia de la junta en PSI. Los espesores del tubo de las cédulas 30 y 40 corresponden a los tubos de peso normalizado, los de las cédulas 60 y 80 al del tubo extrafuerte y los de las cédulas 120, 140 y 160 doble extrafuerte. De la tabla vemos que para tubos de más de 12" el diámetro es externo.

Fuente: Mark's Standart handbook For Mechanical Engineers, Cap. 8, Pag. 146-163, Mc Graw- Hill

MANGUERAS FLEXIBLES

Las mangueras flexibles se utilizan cuando las líneas hidráulicas están sometidas a movimientos, la manguera se fabrica con capas de caucho sintético y tejido de alambre.

La capa interna de caucho debe ser compatible con el fluido utilizado, la capa de acero o las siguientes capas de acero, si son para mangueras de muy alta presión están separadas unas de otras para evitar la fricción entre el trenzado por medio de capas de caucho. Así, una manguera de una malla de acero es para presión baja, la de dos mallas es para presión alta y tres mallas es para presión muy alta.

Otra consideración muy importante en una instalación hidráulica es que estas absorben vibraciones, por esta razón, las mangueras se suelen montar a la salida y a la entrada de las unidades hidrostáticas (bombas y motores).

La selección de una manguera depende del caudal del fluido que debe atravesarla, tomando en cuenta que la sección determinante es el diámetro de la conexión en sus extremos. También depende de la presión del circuito, se adopta como regla general que la presión de trabajo es la mitad de la presión de prueba y la cuarta parte de la presión de estallido.

Para la selección de las mangueras se toman las consideraciones siguientes:

- Longitud correcta, tomando en cuenta que por la presión alta reduce su longitud 4 %
- Nunca debe trabajar a torsión
- Permitir curvaturas abiertas
- Es preciso prever, sobre la longitud calculada, pero sin que llegue a ser prohibitiva un aumento dimensional cuando durante el trabajo, la manguera este sometida a desplazamientos o a rebatimientos importantes, de modo que pueda absorber las deformaciones permitidas.

CONEXIONES

Las conexiones son sistemas de unión entre tuberías o entre tuberías y elementos de la instalación, existen una gran variedad de conectores y adaptadores en el mercado para esos innumerables medios de unión que se utilizan en los circuitos hidráulicos en función de las necesidades y exigencias propias de cada instalación.

Existen criterios diferentes para las conexiones de tuberías rígidas y para las mangueras.

Para las tuberías rígidas tenemos:

- Debe colocarse de tal modo para desmontar y montar rápidamente
- El tipo de conexión deberá ser tan resistente a la presión como las tuberías
- No deben producir pérdidas de carga

Las tuberías rígidas pueden unirse entre sí o con los diferentes componentes hidráulicos mediante:

- Soldadura y bridas con extremos liso o roscada
- Con anillo de penetración
- Con abocardado

Las tuberías flexibles (mangueras) el enganche de la conexión depende del tipo de manguera que se utiliza.

Es claro que las características de la conexión deben ser iguales o incluso superiores a la manguera para resistir la presión. Lo más común es encontrar conexiones que se encajonan a presión con la manguera, dentro de estas conexiones tenemos las de tuerca giratoria, terminal macho y conexión rápida.

SELECCION DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DEL BANCO ELECTROHIDRAULICO

En los capítulos anteriores se ha mencionado la característica de cada elemento y sus parámetros de diseño con los cuales se elaboran este tipo de instalaciones.

Como se ha mencionado este tipo de equipos son utilizadas en la actualidad para controlar fuerzas muy grandes con una fuerza muy pequeña con economía y seguridad, empleados en la industria de nuestros días. Por eso es importante que antes de iniciar el diseño se considerarán los siguientes parámetros.

- Dimensiones del banco
- Potencia del motor eléctrico
- Diámetro de tubería
- Desplazamiento de los actuadores

Aunque estas consideraciones son las más importantes, muchas veces no son suficientes para una instalación real, por ello cada instalación que se realiza se hace un estudio detallado de todos los parámetros que involucran a la instalación, ya que están en función de otros.

Debido a la demanda de técnicas de automatización en la industria actual, es necesario construir el equipo que nos permita mostrar el funcionamiento de elementos hidráulicos en forma más objetiva.

Debido a que el banco hidráulico que se pretende construir será para efectos didácticos, el objeto principal está enfocado en mostrar en forma más precisa la gran flexibilidad y a la vez la rigidez que tiene un líquido hidráulico al pasar por los elementos de trabajo, y con ello poder aportar datos de los incrementos y descensos de presión y caudal en los actuadores.

Para lograr esto, el equipo se diseñará en forma de banco de pruebas, instrumentando la superficie para poder tomar lecturas de presiones y caudal en los puntos de mayor interés, por ello elementos y tubería de conexión se encontrarán a la vista con el objeto de mostrar y describir convenientemente la secuencia de la instalación.

SELECCION DEL TIPO DE BOMBA

En el capítulo de bombas se mencionaron los diferentes tipos que existen y sus características principales de operación, ventajas y desventajas. Para nuestro caso particular se ha seleccionado una del tipo de engranes externos rectos, por motivos prácticos de operación y funcionamiento.

El tipo de bomba se ha seleccionado por las siguientes razones :

- Es la más común en el mercado
- Su costo es menor que las demás
- No se requiere de cuidado al desarmarla
- Acoplamiento rápido al motor eléctrico.

SELECCION DE LA VALVULA REGULADORA DE PRESION

En el capítulo de las válvulas reguladoras de presión, se dijo que estas alivian la presión cuando está llega a cierto límite previamente calibrado, protegen a la instalación por los incrementos de presión que se podrán tener en determinado proceso.

Para requerimientos del sistema es necesario colocarla después de la bomba y antes de la válvula distribuidora, para que permita aliviar la presión que se pudiera crear en los actuadores o en la válvula reguladora de caudal.

Esta válvula se selecciono por las siguientes razones:

- Por ser idéntica a las que se encuentran en los libros de texto
- Fácil de montar e intercambiar el resorte por otro con diferente índice
- Por tener la perilla de calibración a la vista

SELECCION DE LA VALVULA DISTRIBUIDORA

Se dijo anteriormente que podemos cambiar la dirección al fluido con una válvula distribuidora, en este caso particular tenemos la necesidad de hacer que los dos elementos de trabajo (actuadores) funcionen con la misma válvula, así ocupamos una válvula de cuatro vías y tres posiciones con accionamiento manual y con válvula reguladora de presión incorporada.

Su selección se debe a las siguientes consideraciones:

- Gran versatilidad en intercambiar las palancas de accionamiento
- Válvula de tipo múltiple ya que podemos hacer con ella dos funciones
- Podemos aun más regular la presión del sistema.

SELECCION DE LA VALVULA REGULADORA DE CAUDAL CON CHECK

El objeto de tener esta válvula en el circuito es para poder distinguir como varían los parámetros en función del caudal que les llega a los actuadores.

El sistema de control en este caso se trata de regular el caudal a la salida del actuador, en nuestro caso la necesidad es controlar el caudal únicamente en una sola dirección por lo que en sentido contrario no hay circulación de aceite por la válvula antirretorno (check) incorporada.

Para la selección de la válvula se tomaron las siguientes consideraciones:

- Por tener una perilla con escala graduada para regular el flujo
- Por tener un seguro para un determinado caudal constante
- Por constar de dos partes, una de ellas se puede desmontar de su base para ver el funcionamiento de sus elementos.
- Por tener incorporada una válvula check.

SELECCION DE LOS ACTUADORES

El Cilindro Hidráulico:

Se ha dicho en el tema relacionado a los actuadores lineales que estos son elementos donde realmente empieza el diseño del sistema.

El tipo de trabajo a efectuar determina la característica de los actuadores que deben ser utilizados, en este caso el tema es meramente didáctico, por lo que no se consideraron las dimensiones del cilindro hidráulico.

Lo que se quiere es únicamente determinar para nuestros fines de práctica el desplazamiento, la fuerza y la velocidad para las condiciones de presión y caudal dados.

Su selección se basa en:

- Por su tipo de montaje, en este caso por soporte oscilante en un extremo y en lado del vástago para acoplar horquilla o rótula.
- Por su vástago para trabajo medio, para una aplicación futura
- Por el recubrimiento de cromo duro tanto en el cilindro como en el vástago
- Por ser de doble efecto
- Por tener alrededor de 5000 Kg. de fuerza con el sistema motor, bomba, válvula de presión .

El Motor Hidráulico:

En este caso el motor es un actuador rotatorio, es impulsado por el aceite y desarrolla un par y un movimiento continuo de rotación . Como se trata para fines didácticos no se necesitó de un análisis muy completo ya que no se tiene una carga considerable.

Para los fines de practica únicamente basta determinar la velocidad angular en base al caudal y el desplazamiento y el par desarrollado por este en base a la presión y el desplazamiento.

Su elección se basa en:

- Por su sencillez, debido a que es de engranes externos rectos
- Por una tolerancia bastante elevada a la suciedad
- Por su tamaño; ideal para nuestras prácticas

Nota: Estas ventajas, sin embargo se ven contrarrestadas por un rendimiento más bajo.

SELECCION DEL MOTOR ELECTRICO

En el tema de la potencia de las bombas se dedujo la fórmula para calcular su potencia hidráulica, esta potencia es a la salida de la bomba, pero la potencia requerida para accionar a la bomba será mayor puesto que el rendimiento del sistema no es del 100%.

También se ha dicho como se protege al motor eléctrico en el tema de las válvulas controladoras de presión.

Debido a las dimensiones de la instalación del banco hidráulico en general se debe contar con un motor que me pueda proporcionar una potencia de 1.5 H.P. para que se pueda lograr una considerable fuerza y potencia en los actuadores, sus valores nominales de operación son los siguientes:

Voltaje = 220 Volts

Corriente = 3.8 Amp.

Frecuencia = 60 Hz

Potencia = 1.5 HP

Por otro lado el motor eléctrico es puesto en marcha por un arrancador termomagnético con su estación de botones de arranque y paro al alcance del operario.

CONSTRUCCION DEL BANCO ELECTROHIDRAULICO

Construcción de la Mesa

La estructura de la mesa donde se van a colocar los elementos hidráulicos se construirá de acuerdo a las dimensiones establecidas para que los operarios de este equipo tengan a la vista dichos elementos y puedan trabajar con seguridad con ellos. A continuación se enlistan el material y las dimensiones requeridas:

Material: Acero tubular "PTR" y cubierta de placa A36 de 1/4" de espesor

Altura: 1 mt

Ancho: 1 mt

Largo: 1.30 mts

Peso aprox: 180 Kg.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Nota: Está mesa en una de sus esquinas va a tener un depósito de aceite para ahorrarse espacio en la colocación del sistema motor bomba, las dimensiones de este depósito son de 50 x 30 x 25 Cm.

Para la construcción de la mesa se necesita de soplete oxi-acetileno u oxi-butano para el corte de la placa y el tubular cuadrado, en el caso del tubular cuadrado se deben hacer cortes a 45° para las uniones de la estructura principal, todo ello con el máximo de exactitud para no hacer trabajo extraordinario posteriormente. En el caso de la placa los cortes se deben hacer apoyándose con una regla como guía lo suficiente larga para que no exista discontinuidad en las rectas perimetrales de la cubierta.

Para la unión de la estructura principal y la cubierta de placa sobre la estructura se requiere de soldadura eléctrica, es suficiente aplicarle correctamente electrodo 6013 a todo el conjunto, ya que no va a estar sometido a grandes esfuerzos ni vibraciones gracias a su peso.

CONSTRUCCION DEL DEPOSITO

El depósito en hidráulica es de mucha importancia ya que de ahí depende en gran parte la contaminación del aceite. Para la fabricación del depósito se requiere lamina número 10, la cual debe ser doblada en prensa hidráulica con dados de 90°, también debe tener cortes exactos para su fácil ensamblaje, estos se deben hacer con cizalla tipo cortina para evitar su deformación.

Posteriormente se procede a unir estas piezas mediante soldadura eléctrica, es suficiente hacerlo con el tipo 6013 dado que únicamente va a contener el peso del aceite y el sistema motor-bomba, en la parte interna debe llevar una placa desviadora para que el líquido que retorna repose antes de ser succionado nuevamente, y un filtro donde se acopla la admisión de la bomba.

En la parte superior debe tener una tapa para que el mantenimiento del fluido sea fácil, pero también esta tapa debe hacer la función de bancada para el sistema motor-bomba, además de tener la facilidad de acoplar la línea de retorno. Una observación importante es que el depósito debe tener también un orificio de vaciado para el caso en que se deseará cambiar el aceite.

En un costado del depósito debe llevar una mirilla de nivel para determinar el nivel mínimo permitido en donde la bomba no succionara aire, también este nivel llevara incorporado un termómetro para checar la temperatura de aceite después de un largo tiempo de funcionamiento.

Aquí cabe hacer la observación que las líneas tanto de succión como de descarga deben ir lo más profundo que se pueda dentro del tanque, además de que la línea de descarga debe tener un ángulo de abertura que debe situarse de tal forma que el aceite se dirija hacia las paredes y se aleje de la línea de entrada.

CONSTRUCCION DE LA BASE DE LA VALVULA REGULADORA DE CAUDAL

Esta válvula en un principio no se pudo adquirir completa, debido a las condiciones económicas, por lo que se tiene que hacer la base para ensamblarla con el cuerpo principal.

Su construcción se debe hacer en hierro colado, pero al ser difícil conseguir este material se puede construir con placa de acero dulce A36 de 1 1/2".

Para su preparación se requiere de maquinado en sus seis caras, la cara superior donde no hay contacto con el cuerpo principal debe tener un acabado rectificado, para evitar las fugas de aceite. Esta base en su interior debe tener los barrenos del diámetro correcto para que circule el aceite; en la parte inferior llega el aceite procedente de la bomba, sigue su curso al cuerpo principal, pasa por estrangulamiento regulable y se va hacia la salida (regulada). Por lo tanto tenemos que hacer barrenos para entrada y salida en la base.

El ensamble de la base con el cuerpo principal se hace con tornillos y juntas tóricas para eliminar las fugas. Una consideración importante es que en los puertos de entrada y salida deben llevar cuerda para el acoplamiento de tubos de 3/8" y 1/2". Estas se deben hacer con machuelos NPT.

La válvula completa se monta sobre la cubierta de la mesa con tornillos de 3/8", por lo que también se deben hacer 4 barrenos y hacerles cuerda con machuelo recto, ya colocado sobre la mesa se procede a conectar la tubería.

ENSAMBLE

Después de haber trabajado todas las partes por separado que integran en su conjunto el banco electrohidráulico didáctico, el paso final será el de ensamblar cada una de las partes al lugar que ocuparan dentro del dispositivo.

La secuencia de montaje se realizó de la siguiente manera:

El conjunto motor-bomba se colocó sobre el depósito de aceite mediante tornillos y soldadura, cada elemento en sus respectivas bases, el conjunto es acoplado mediante un cople para absorber ligeros desalineamientos, la bomba se conecta al tubo de succión mediante una tuerca unión. Posteriormente a esto se conecta la bomba mediante tubo de 3/8" cédula 80 y tuerca unión a la válvula limitadora de presión, el puerto de escape de esta válvula se conecta al tanque mediante tubo de 1/2" cédula 40 y tuerca unión. Siguiendo la trayectoria del fluido conectamos la válvula distribuidora de forma que se encuentre al alcance del operario con la válvula limitadora de presión mediante tuerca unión y tubo de 3/8" cédula 80. Después se conecta la válvulas reguladora de caudal con la de distribución por medio de tubo de 3/8" cédula 80 y tuerca unión.

Al final se conecta la válvula reguladora con el tanque mediante tuerca unión y tubo de 1/2" cédula 40.

Los actuadores se conectan a la válvula distribuidora mediante manguera flexible y conexiones propias de instalación, los actuadores se colocan en su respectiva base sobre la mesa de modo que se pueda ver su funcionamiento.

Cabe hacer notar que los elementos participantes están colocados de tal forma que es muy fácil quitarlos sin necesidad de desmontar a los demás.

El siguiente paso es llenar el depósito de aceite hasta cierta altura para que no exista fuga cuando el líquido retorna y crea turbulencia dentro del tanque.

El siguiente paso es conectar el arrancador al motor mediante alambre eléctrico calibre 10 y colocar los elementos térmicos correctos, el arrancador se acopló a la mesa de trabajo en forma lateral a ella y al alcance del operario junto a la válvula distribuidora para comodidad y seguridad en caso de una emergencia.

Una vez teniendo el conjunto completo se pone en marcha para verificar las posibles fugas de aceite, dando al sistema una presión máxima de tal forma que falle algún elemento y sea momento de sustituirlo o repararlo.

Se tuvo la fortuna de que el equipo funcionó correctamente, no hubo necesidad de reparaciones mayores, únicamente fugas en las conexiones y para ello hubo la tarea de apretar la tubería y en algunos casos soldar con autógena partes que previamente se habían soldado.

El trabajo final concluyó con un recubrimiento de pintura de todo el equipo, empleando colores en los componentes y en las líneas hidráulicas para caudal y presión normalizadas.

Los colores empleados son:

Rojo - Presión

Azul - Caudal de retorno

Verde - Aspiración o drenaje

Amarillo - Caudal controlado.

Nota: Para conectar la tubería a los diferentes elementos fue necesario hacer cuerda en ella mediante dados apropiados.

SIMBOLOGIA

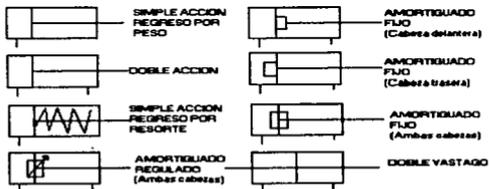
SIMBOLOGIA EQUIPO HIDRAULICO

SECCIONES DE UNA VALVULA

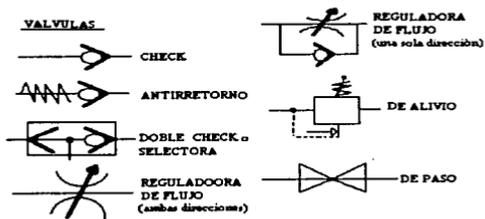
ACTUADOR | CUERPO | RETORNO



CILINDROS



VALVULAS



SEMIOLOGIA EQUIPO HIDRAULICO

VALVULAS DIRECCIONALES Y SUS ACTUADORES



DOS VIAS
NORMALMENTE ABIERTA



DOS VIAS
NORMALMENTE CERRADA



DOS VIAS DOS POSICIONES



TRES VIAS
DOS POSICIONES



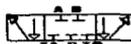
CUATRO VIAS
DOS POSICIONES



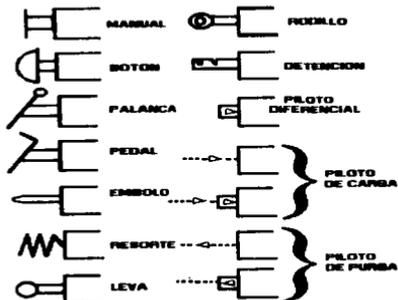
CINCO VIAS
DOS POSICIONES

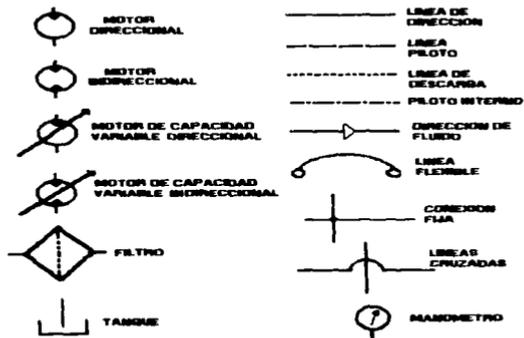
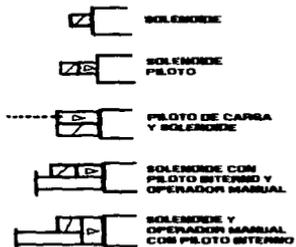


CUATRO VIAS
TRES POSICIONES



CINCO VIAS
TRES POSICIONES





CIRCUITOS DEL BANCO ELECTROHIDRAULICO

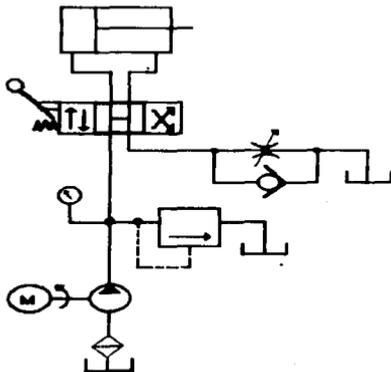
Con los elementos disponibles para su construcción tenemos dos formas de regular la velocidad de los actuadores; variando el caudal a la entrada (Meter-in) o a la salida (Meter-out). En nuestro caso la regulación de caudal se encuentra a la salida del cilindro y el motor.

Como el caudal de salida y el cilindro esta controlado por el regulador, la velocidad del cilindro es constante e independiente de la dirección de las fuerzas impuestas por la carga.

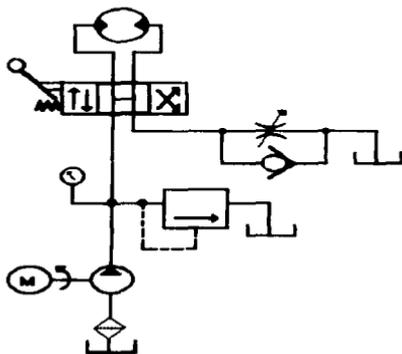
Teóricamente si la bomba y el motor hidráulico tienen el mismo desplazamiento, la velocidad y el par de salida deberán ser idénticos a la velocidad y el par de entrada. Si el motor tuviese un desplazamiento doble de la bomba, la velocidad de salida sería la mitad de la entrada, pero el par de salida sería el doble. La transmisión funciona simplemente como un eje de accionamiento líquido.

Esta transmisión lleva incorporado un control de velocidad a la salida en forma de una válvula reguladora de caudal. El par máximo viene limitado por la calibración de la válvula de seguridad.

CIRCUITO PARA REGULACION DE VELOCIDAD LINEAL



CIRCUITO PARA REGULACION DE VELOCIDAD ANGULAR



CONCLUSION

En este momento se puede afirmar que se conocen los elementos básicos de cualquier circuito hidráulico, y demás componentes que desempeñan una actividad específica en el sistema. También se está en condiciones de diseñar y modificar un circuito incorporando nuevos elementos de trabajo para satisfacer nuevas demandas de utilización de cierta máquina.

Una meta de este trabajo es que los alumnos interesados en el tema de la hidráulica, puedan hacer prácticas para reafirmar sus conocimientos teóricos con un equipo que realmente contiene elementos existentes en la industria. El equipo queda abierto para que el alumno interesado en el tema pueda aprovechar la fuerza y potencia (variables) de los actuadores para un trabajo futuro.

Para la construcción del banco electrohidráulico se tuvieron muchas dificultades, dentro de ellas y la más importante es que en el laboratorio de termofluidos no se cuenta con herramienta ni las instalaciones propias para la construcción, la corrección y la modificación de los equipos. También es importante que faltó coordinación del personal encargado del laboratorio para la agilización del trabajo.

Casi en su totalidad, los elementos que componen el banco electrohidráulico se modificarán y construyeron en el laboratorio de manufactura y en empresas privadas fuera de la facultad, cuando no había la herramienta para hacer un trabajo.

La idea inicialmente para la construcción del banco fue hacerlo más didáctico o sea conectar los elementos para hacer circuitos variados mediante conexión rápida. Pero por el costo tan elevado de la manguera flexible y sus accesorios no fué posible, por lo que se tuvo que hacer con tubería de acero y de esta forma es ahora un circuito fijo.

Dentro de las prácticas que se pueden hacer son :

- La presión es proporcional a la carga
- La fuerza es proporcional a la presión y a la superficie
- Velocidad de un actuador
- Potencia hidráulica
- Determinación del caudal de la bomba
- Par del motor hidráulico

Etc.

Es una gran satisfacción ver llegado al final de este trabajo, y poder dejar algo de lo mucho que he recibido de la FES-C . Esperando que este equipo sea de utilidad para que los alumnos hagan uso de él.

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFICAS:

- 1.- **Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas**
Claudio Mataix
De. Del Castillo S.A. Madrid
- 2.- **Mecánica de los Fluidos**
Streeter/ Wylie
Mc Graw Hill
- 3.- **Tecnología de los Circuitos Hidráulicos**
J.P. de Grootte
CEAC Barcelona - España
- 4.- **Hydraulic and Pneumatic Power for Production**
Stewart
Industrial Press Inc.
- 5.- **Manual de Oleohidráulica Industrial**
Vickers
Blume S.A.
- 6.- **Mecanismos Hidráulicos**
Pedro Egca Gil
Gustavo Gilli S.A.
- 7.- **Engeneering Mechanics Vol. II**
Higdon and Stiles
Prentice Hall
- 8.- **Introduction to solid Mechanics**
Irving H. Shames
Prentice Hall

PRACTICAS:

- 1.- **Centro de Asistencia y Servicios Tecnológicos (C.A.S.T.)**
Av. Dr. Jorge Jiménez Cantú S/N
Cuamatla Cuautitlán Izcalli, Edo, México.