

GUÍA DE ESTUDIO DE ASIGNATURA

# **ELECTROHIDRÁULICA**

---

MATERIAL DESARROLLADO Y RECOPIADO PARA USO DIDÁCTICO  
AUTOR ING. JOVANNY RAFAEL DUQUE  
2007

# Tabla de Contenido

## UNIDAD 1.

<b>FUNDAMENTOS DE LA HIDRÁULICA</b>	4
Competencias.....	4
1.1 Definición de hidráulica.....	4
1.2 Campos de aplicación de la hidráulica.....	4
1.3 Ventajas y desventajas de la hidráulica.....	6
1.4 Presión .....	6
1.5 Presión absoluta y presión manométrica.....	7
1.6 Ley de Pascal.....	8
1.7 La presión atmosférica carga la bomba .....	10
1.8 Las bombas de desplazamiento positivo	11
1.9 Como se crea la presión en un circuito	12
1.10 Circulación de caudal en paralelo .....	12
1.11 Circulación de caudal en serie .....	13
1.12 Caída de presión a través de un orificio .....	13
1.13 Cálculo de la velocidad de un líquido que fluye por una tubería.....	14
1.14 Velocidad en las tuberías .....	14
1.15 Cálculo de la velocidad de un actuador. ....	15
1.16 Cálculo de fuerzas en cilindros .....	17
1.17 Trabajo y potencia .....	18
1.18 Transformación de la potencia en un sistema hidráulico.....	19
1.19 Eficiencia y pérdidas de potencia en un sistema hidráulico.....	21
1.20 Diseño de un sistema hidráulico sencillo	22

## UNIDAD 2.

<b>COMPONENTES DE UN SISTEMA HIDRÁULICO.....</b>	28
Competencias.....	28
2.1 Representación esquemática de la cadena de mando.....	29

2.2	Líquido a presión.....	26
2.3	Depósito .....	27
2.4	Filtro .....	28
2.5	Grupo de accionamiento.....	30
2.6	Bomba de engranajes .....	32
2.7	Válvula limitadora de presión .....	35
2.8	Válvulas distribuidoras.....	38
2.9	Válvula antirretorno.....	52
2.10	Válvula de estrangulación fija .....	54
2.11	Válvula de estrangulación regulable.....	55
2.12	Válvula de estrangulación y antirretorno.....	56
2.13	Regulador de caudal, de dos vías Tipo de construcción A .....	58
2.14	Regulador de presión, de dos vías (regulador sin orificio de escape) .....	64
2.15	Regulador de presión, de tres vías (con orificio de escape) .....	67
2.16	Válvula de secuencia (mando en función de la presión) .....	68
2.17	Válvula antirretorno, desbloqueable hidráulicamente.....	71
2.18	Cilindro de simple efecto .....	74
2.19	Cilindro de doble efecto .....	76
2.20	Motor hidráulico .....	77
2.21	Acumulador hidráulico.....	83
<b>UNIDAD 3.</b>		
<b>CIRCUITOS HIDRÁULICOS .....</b>		<b>86</b>
Competencias.....		86
3.1	Simbología de los componentes hidráulicos según norma ISO 1219.	86
3.2	Introducción a la técnica de mando hidráulico.....	88
3.3	Diseño cinemático de sistemas hidráulicos.....	95
3.4	Diseño de circuito (dimensionamiento de elementos).....	102
<b>UNIDAD 4.</b>		
<b>ELECTROHIDRÁULICA .....</b>		<b>110</b>
Competencias .....		110
4.1.	Elementos eléctricos para la entrada de señal.....	111
4.2	Elementos eléctricos para el procesamiento de señales.....	114
4.3	Relés de tiempo o temporizadores .....	116
4.4	Sistemas convertidores hidráulicos (Válvulas electrohidráulicas).....	118

## UNIDAD 5.

<b>CIRCUITOS ELECTROHIDRÁULICOS .....</b>	120
Competencias.....	120
Indicaciones generales para el uso de Fluid Sim	121
5.1 Mando de un cilindro de doble efecto con válvula 4/2 monoestable ...	127
5.2 Mando de un cilindro de doble efecto con válvula 4/3. ....	128
5.3 Mando de un cilindro de doble efecto con válvula 4/2 monoestable	128
5.4 Mando de un cilindro de doble efecto con válvula 4/3 (circuito de	129
5.5 Ciclo único de un cilindro de doble efecto con válvula 4/2.....	130
5.6 Ciclo único con temporizador de un cilindro de doble efecto con válvula	130
5.7 Ciclo único de un cilindro de doble efecto con válvula 4/3 .....	131
5.8 Ciclo continuo de un cilindro de doble efecto con válvula 4/3.....	132
5.9 Circuitos Electrohidráulicos con Dos Cilindros .....	132
5.10 Método abreviado para la elaboración de circuitos electrohidráulicos	145
<b>ANEXOS MATERIAL DE APOYO Y LECTURAS RECOMENDADAS</b>	164
Application of Hydraulics in Mining Equipmen .....	165
Large hydraulic Liebherr excavator R995 Litronic	166
KOMATSU Excavators PC600LC-8	167
CATERPILLAR 789C Mining Truck (195 tons)	170

# FUNDAMENTOS DE LA HIDRÁULICA

Definición, aplicaciones, ventajas y desventajas de la hidráulica. Presión y sus factores de conversión. La ley de Pascal y su aplicación a la palanca hidráulica. Transmisión de la potencia hidráulica y ventajas respecto a sistemas eléctricos. Derivaciones del caudal. Diseño de un sistema hidráulico sencillo. Principios de hidrostática y de hidrodinámica. Propiedades características de un fluido hidráulico. (8 Horas).

Al finalizar esta unidad el estudiante desarrollará las siguientes competencias y estará en capacidad de:

- Comprender los principios físicos que explican la transmisión de potencia a través de fluidos comprimidos.
- Inculcar el respeto por los compañeros de trabajo, superiores y personas con las que trata continuamente, como punto de partida para llevar buenas relaciones personales.
- Manejar con propiedad el lenguaje técnico relacionado con el campo de los sistemas hidráulicos en el idioma español y el idioma inglés.
- Actuar de acuerdo con los principios éticos, morales y de seguridad necesarios para el correcto desempeño profesional en la empresa.

**1.1 Definición de Hidráulica:** La palabra "Hidráulica" proviene del griego "hydor" que significa "agua". Hidráulica<sup>1</sup> es la tecnología que se emplea para la transmisión y control de fuerzas y movimientos por medio de líquidos comprimidos, los líquidos que mejor prestan este servicio son los aceites minerales pero también pueden emplearse otros fluidos, como aceites sintéticos, o una emulsión agua-aceite.

**1.2 Campos de aplicación de la hidráulica:** En la actualidad las aplicaciones de la oleohidráulica son muy variadas, esta amplitud en los usos se debe principalmente al diseño y fabricación de elementos de mayor precisión y con materiales de mejor calidad, acompañado además de estudios mas acabados de las materias y principios que rigen la hidráulica .Todo lo anterior se ha visto reflejado en equipos que permiten trabajos cada vez con mayor precisión y con mayores niveles de energía, lo que

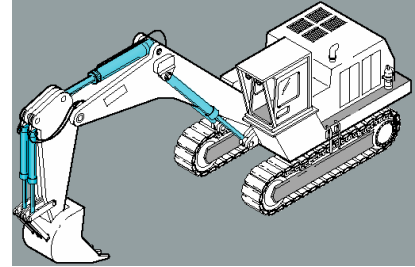
---

<sup>1</sup> VICKERS. Manual de Oleohidráulica Industrial, Vickers Systems.

sin duda ha permitido un creciente desarrollo de la industria en general. Dentro de las aplicaciones se pueden distinguir dos, móviles e industriales:

**Aplicaciones Móviles** El empleo de la energía proporcionada a presión, puede aplicarse para transportar, excavar, levantar, perforar, manipular materiales, controlar e impulsar vehículos móviles tales como:

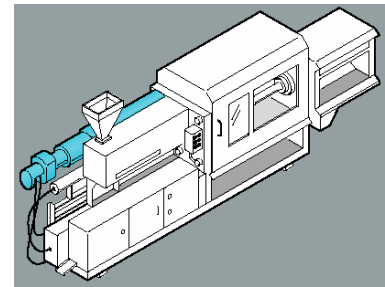
- Maquinaria para la minería
- Tractores
- Grúas
- Retroexcavadoras
- Camiones recolectores de basura
- Cargadores frontales
- Frenos y suspensiones de camiones
- Vehículos para la construcción y manutención de carreteras



### Aplicaciones Industriales

En la industria, es de primera importancia contar con maquinaria especializada para controlar, impulsar, posicionar y mecanizar elementos o materiales propios de la línea de producción, para estos efectos se utiliza con regularidad la energía proporcionada por fluidos comprimidos. Se tiene entre otros:

- Maquinaria para la industria plástica
- Máquinas herramientas
- Maquinaria para la elaboración de alimentos
- Equipamiento para robótica y manipulación automatizada
- Equipo para montaje industrial
- Maquinaria para la industria siderúrgica



Otras aplicaciones se pueden dar en sistemas propios de vehículos automotores, como automóviles, aplicaciones aeroespaciales y aplicaciones navales, por otro lado se pueden tener aplicaciones en el campo de la medicina y en general en todas aquellas áreas en que se requiere movimientos muy controlados y de alta precisión, así se tiene:

- Aplicación automotriz: suspensión, frenos, dirección, refrigeración, etc.
- Aplicación Aeronáutica: timones, alerones, trenes de aterrizaje, frenos, simuladores, equipos de mantenimiento aeronáutico, etc.
- Aplicación Naval: timón, mecanismos de transmisión, sistemas de mandos, sistemas especializados de embarcaciones o buques militares
- Medicina: Instrumental quirúrgico, mesas de operaciones, camas de hospital, sillas e instrumental odontológico, etc.

La hidráulica tiene aplicaciones tan variadas, que pueden ser empleadas incluso en controles escénicos (teatro), cinematografía, parques de entretenimientos, represas,

puentes levadizos, plataformas de perforación submarina, ascensores, mesas de levante de automóviles, etc.

**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics "AVSEQ15 ESQUEMA Y APLICACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS"

**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics "AVSEQ01 FUNDAMENTOS DE HIDRÁULICA"

### 1.3 Ventajas de la hidráulica

La hidráulica presenta una serie de ventajas principalmente frente a otras tecnologías como la eléctrica ya que frente a esta:

Permite trabajar con elevados niveles de fuerza o momentos de giro, incluso puede arrancar con el actuador bloqueado

Velocidad de actuación fácilmente controlable con solo regular una válvula de estrangulación.

Cambios rápidos de sentido con solo conmutar una válvula distribuidora.

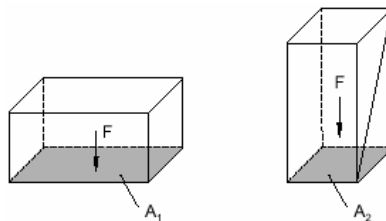
Protección simple contra sobrecargas ya que cuenta con válvula limitadora de presión a la descarga de la bomba.

Instalaciones compactas, pues con tamaños muy pequeños se puede transmitir grandes potencias.

- El aceite empleado en el sistema es fácilmente recuperable
- Desventajas de la hidráulica
- No obstante, también tienen desventajas. En muchos casos se encuentran en el medio de transmisión, en el mismo líquido a presión.
- En las altas presión del líquido hidráulico hay peligros inherentes. Por esta razón, hay que prestar atención a que todas las conexiones estén firmemente apretadas y estancas.
- El fluido es más caro y muy sensible a la contaminación.
- Perdidas de carga debidos al rozamiento y las fugas de aceite reducen el rendimiento.
- Personal especializado para la manutención

**1.4 Presión:** Se define como la cantidad de fuerza total ejercida sobre una superficie. Generalmente expresamos esta presión en  $\text{Kgf/cm}^2$ . Conociendo la presión y el número de  $\text{cm}^2$  de la superficie sobre la cual se ejerce, se puede determinar fácilmente la fuerza total. (Fuerza en  $\text{Kgf} = \text{presión en } \text{Kgf/cm}^2 \times \text{superficie en } \text{cm}^2$ ).

$$P = F/A$$



El esquema anterior se muestra dos cuerpos rectangulares que tienen la misma masa y por ende el mismo peso (Fuerza – F) y se encuentran apoyados sobre dos superficies A1 y A2. Según la fórmula anterior se ejercerá mayor presión sobre la superficie A2 ya que en ella la fuerza se encuentra mas concentrada.

Las unidades más comunes para expresar la presión son: Pa ( $\text{N/m}^2$ ),  $\text{Kgf/cm}^2$ , PSI ( $\text{Lbf/pulg}^2$ ), Atm, etc.

Los factores de conversión de presión, fuerza, longitud y área mas usados son:

**PRESIÓN** 1 bar = 1 Atm =  $1.03 \text{ Kgf/cm}^2 = 100000 \text{ Pa (N/m}^2) = 14.63 \text{ PSI (Lbf/pulg}^2) = 760 \text{ mm de Hg}$

**FUERZA** 1 Kgf = 9.8 N = 2.2 Lbf

**TIEMPO** 1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3600s 1 día = 24 h 1 año = 365 días

**LONGITUD** 1 mt = 3.28 ft = 39.36 pulg = 1000 mm 1 ft = 12 pulg

**AREA** 1  $\text{mt}^2 = 10.76 \text{ ft}^2 = 1550 \text{ pulg}^2 = 10000 \text{ cm}^2$

**Ejemplo resuelto:** Si a un cilindro cuya área de pistón es de  $7.85 \text{ cm}^2$  se le aplican 100 bar de presión, ¿Cuanta es la fuerza máxima que se puede obtener en N?

$$P = 100 \text{ bar} = 1000 \text{ N/cm}^2$$

$$A = 7.85 \text{ cm}^2$$

$$F = P \times A = 1000 \text{ N/cm}^2 \times 7.85 \text{ cm}^2 = \mathbf{7850 \text{ N}}$$

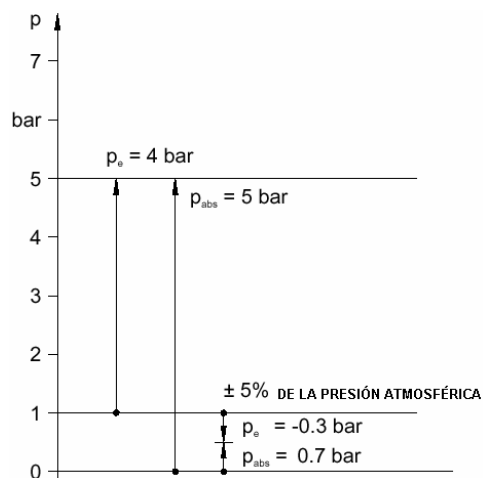
**Ejemplo propuesto:** Una plataforma elevadora debe levantar una carga de 15000N, si el sistema suministra una presión máxima de 75 bar. ¿Cuál debe ser el área ( $\text{cm}^2$ ) del pistón para que pueda hacer este trabajo?

**Ejemplo propuesto:** Si un pistón es sometido a una presión de 750 PSI y ejerce una fuerza de 100000 N, ¿De que diámetro (mm) debe ser su pistón?.

## 1.5 Presión absoluta y presión manométrica

La presión absoluta es aquella cuya referencia es el cero absoluto o el vacío completo, las medidas de presión en unidades absolutas siempre serán positivas, mientras que las presiones relativas o manométricas son tomadas con referencia a la presión atmosférica por tanto estas presiones pueden ser positivas (arriba de la presión atmosférica) o negativas (por debajo de la presión atmosférica).

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{manométrica}} + P_{\text{atm}}$$

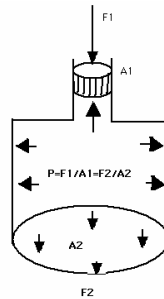


Una presión manométrica de 4bar equivale a una presión absoluta de 5 bar, una presión manométrica de  $-0.3 \text{ bar}$  equivale a una presión absoluta de 0.7 bar.



## 1.6 Ley de Pascal

La Ley de Pascal, enunciada sencillamente, dice: “la presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente en todas las direcciones y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales, actuando estas fuerzas normalmente en las paredes del recipiente”. Esto explica por que una botella llena de agua se rompe si introducimos un tapón en la cámara ya completamente llena, el líquido es prácticamente incomprensible y transmite la fuerza aplicada al tapón a todo el recipiente. El resultado es una fuerza considerablemente mayor sobre un área superior a la del tapón. Así, es posible romper el fondo de la botella empujando el tapón con una fuerza moderada.

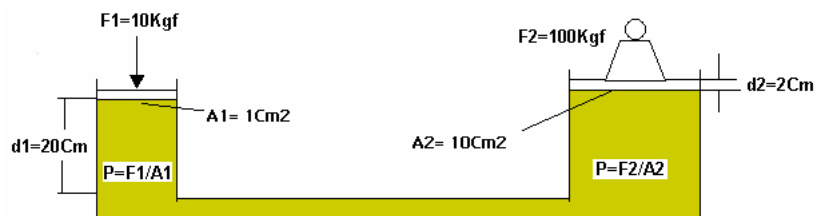


**Aplicación de la Ley de Pascal por Bramah:** En los primeros años de la revolución industrial, un mecánico británico llamado Joseph Bramah utilizó el descubrimiento de Pascal para desarrollar una prensa hidráulica.

Bramah pensó que si una pequeña fuerza, actuando sobre un área pequeña, crea una fuerza proporcionalmente más grande sobre un área mayor, el único límite a la fuerza que puede ejercer una máquina es el área a la cual se aplica la presión.

Bramah aplicó el principio de Pascal a la prensa hidráulica. La fuerza aplicada es la misma que en el tapón (10Kgf) y el pequeño pistón tiene el área de 1 cm<sup>2</sup>. El pistón grande, sin embargo tiene un área de 10 cm<sup>2</sup>. El pistón pequeño es empujado con 10 Kgf /cm<sup>2</sup> de forma que puede soportar un peso total o fuerza de 100Kgf

Puede verse fácilmente que las fuerzas o pesos que equilibran este aparato son proporcionales a las áreas de los pistones. Así pues, si el área del pistón de salida es de 200 cm<sup>2</sup>, la fuerza de salida será de 2000 Kgf (suponiendo el mismo empuje de 10 Kgf/cm<sup>2</sup>). Este es el principio del funcionamiento de un gato y de la prensa hidráulica.



Es interesante notar la similitud entre esta prensa simple y una palanca mecánica. Como Pascal ya había indicado, en este caso, también la fuerza es a la fuerza como la distancia es a la distancia.

En la figura siguiente vemos un método de multiplicar la fuerza en un sistema hidráulico. Una fuerza de 70 Kg es aplicada sobre el pistón A (10 cm<sup>2</sup>). Mediante el cálculo que hemos descrito, se origina una presión disponible de 7 Kg/cm<sup>2</sup>.

Esta presión actúa sobre la superficie del pistón B de 20 cm<sup>2</sup> produciendo una fuerza de empuje de 140 Kgf.

Es decir que la fuerza aplicada sobre el pistón A es multiplicada en la misma relación, que la existente entre las áreas de los dos pistones.

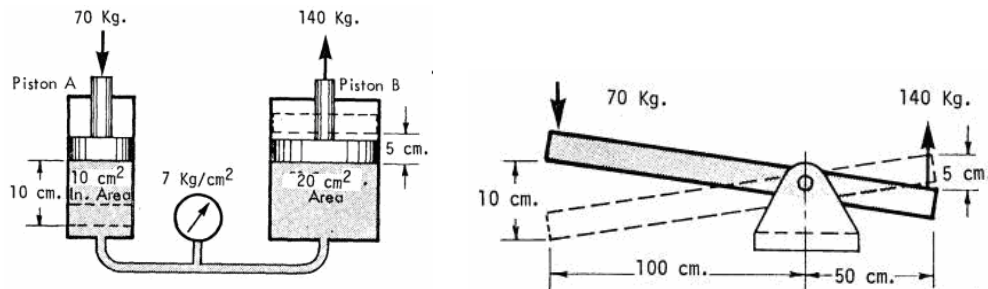
Este principio, de multiplicación de fuerza es empleado en el freno de los automóviles y en las prensas hidráulicas.

Refiriéndonos nuevamente a la figura vemos que la multiplicación de fuerzas se hace a expensas de sacrificar la carrera del cilindro B. El pistón A se mueve una distancia de 10 cm desplazando  $100 \text{ cm}^3$  ( $10 \times 10$ ).

Esta cantidad de aceite mueve el pistón B solo 5 cm.

La velocidad de la carrera se ha sacrificado. El pistón B se mueve 5 cm, en el mismo tiempo que el pistón A recorre 10 cm.

En la figura vemos una analogía mecánica al sistema hidráulico descrito. El producto de las fuerzas por las distancias debe ser igual en ambos sistemas de acuerdo a las leyes de la mecánica. En el extremo izquierdo  $70 \text{ Kgf} \times 0,10 \text{ m} = 0,700 \text{ Kgf}\cdot\text{m}$ ., en el extremo derecho  $140 \text{ Kgf} \times 0,5 \text{ m} = 0,700 \text{ Kgf}\cdot\text{m}$ .



**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics "AVSEQ03 LEY PASCAL Y VELOCIDAD"

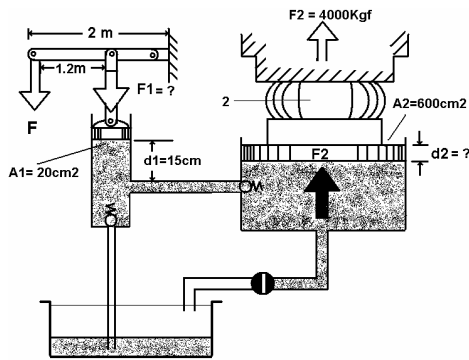
**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics "AVSEQ04 PRENSA HIDRÁULICA"

**Conservación de la energía:** Una ley fundamental de la física afirma que la energía no puede crearse ni destruirse. En este sentido también se cumple que el mismo trabajo que el operador ejerce sobre el pistón pequeño es el mismo trabajo que el pistón grande ejerce sobre la carga.

Para los dos casos anteriores se cumple que  $F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$  siendo  $d_1$  el desplazamiento del pistón pequeño y  $d_2$  el desplazamiento del pistón grande.

Otra forma de determinar el desplazamiento de los cilindros es a través de la relación  $A_1 \times d_1 = A_2 \times d_2$  la cual indica que el volumen desplazado por el pistón pequeño es el mismo volumen que desplaza el pistón grande.

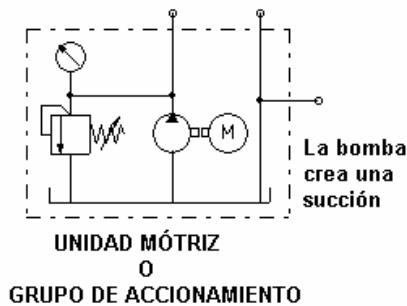
**Ejercicio propuesto:** Para fabricar la pieza (2) ha de montarse en la prensa hidráulica, con el fin de someterla a una fuerza de 4000 Kgf. A) determine la fuerza  $F_1$  necesaria para lograr el objetivo, si  $A_1 = 20 \text{ cm}^2$  y  $A_2 = 200 \text{ cm}^2$ . b) determine la fuerza  $F$  aplicada al extremo de la palanca necesaria para alcanzar la fuerza  $F_1$ . c) determine el desplazamiento del embolo de trabajo  $d_2$  si el embolo de apriete se desplaza  $d_1 = 15 \text{ cm}$ .



## 1.7 La presión atmosférica carga la bomba

Normalmente la entrada de una bomba está cargada con aceite, debido a la diferencia de presiones entre el depósito y la entrada de la bomba. Generalmente la presión en el depósito es la presión atmosférica, que es de  $1,03 \text{ Kgf/cm}^2$ . Es, pues necesario tener un vacío parcial o una presión reducida a la entrada de la bomba, para que ésta pueda aspirar aceite.

La presión atmosférica actúa sobre el nivel del aceite en el depósito



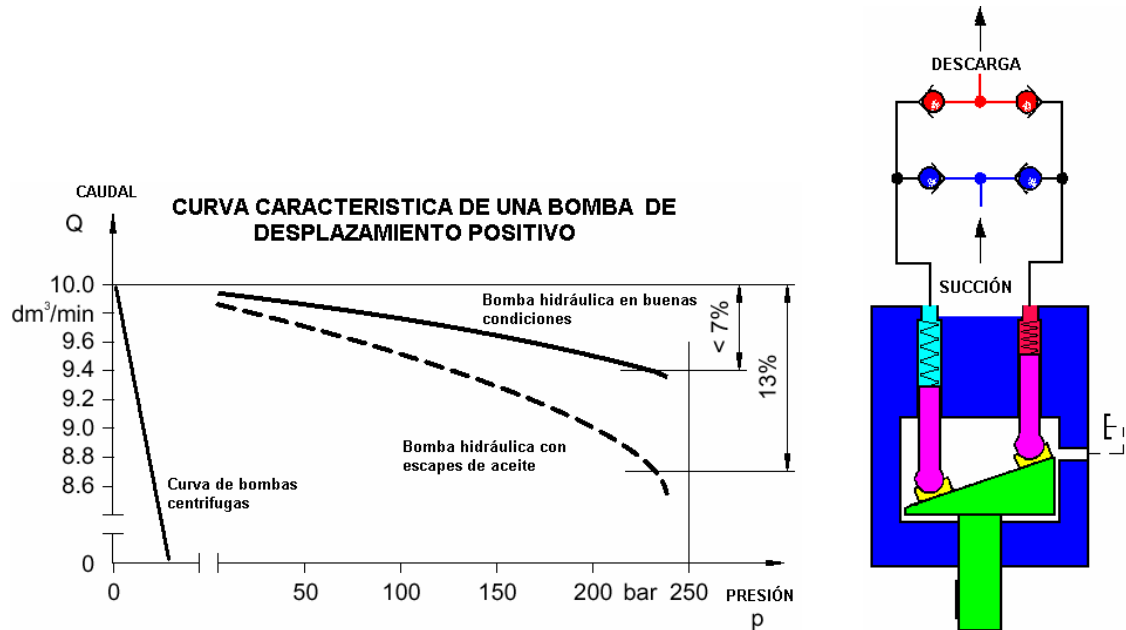
Situación típica de una bomba manual, que es simplemente un pistón recíproco. En la carrera de aspiración, el pistón crea un vacío parcial en la cámara de bombeo. La presión atmosférica en el depósito impulsa al aceite hacia la cámara para llenar el vacío. (En una bomba rotativa las cámaras de bombeo sucesivas aumentan de tamaño a medida que pasan por la entrada creando, efectivamente, una condición de vacío).

Si fuese posible crear un vacío completo a la entrada de la bomba, se dispondría de  $1,03 \text{ Kgf/cm}^2$  para impulsar al aceite. Sin embargo, prácticamente la diferencia de presión disponible es mucho menor. Uno de los motivos es que los líquidos se evaporan en un vacío. Esto introduce burbujas de gas en el aceite. Las burbujas son arrastradas a través de la bomba, desaparecen con fuerza considerable cuando se ven expuestas a la presión en la salida y causan daños que pueden perjudicar al funcionamiento de la bomba y reducir su vida útil.

La mayoría de los fabricantes de bombas recomiendan un vacío, que no exceda de 127 mm de mercurio, el equivalente de aproximadamente  $0,83 \text{ Kgf/cm}^2$  en la entrada de la bomba. Con una presión atmosférica de  $1,03 \text{ Kgf/cm}^2$  disponible en el depósito esto deja solamente una diferencia de presión de  $0,20 \text{ Kgf/cm}^2$  para impulsar al aceite hacia la bomba. Debe evitarse una elevación excesiva y las líneas de entrada de la bomba deben permitir que el aceite circule con un mínimo de resistencia.

## 1.8 Las bombas de desplazamiento positivo

Las bombas utilizadas en los sistemas hidráulicos se clasifican como de desplazamiento positivo. Esto significa que, exceptuando los cambios de rendimiento, la salida de la bomba es constante, aislada de la entrada, de forma que cualquier cosa que entre se ve forzada a salir por el orificio de salida.



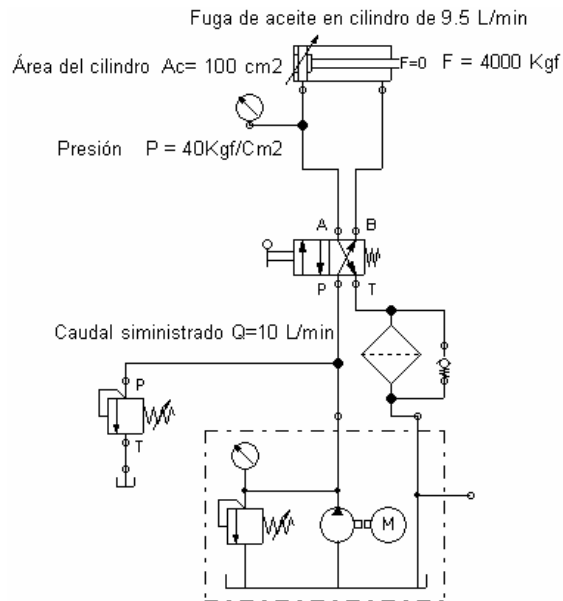
Como puede observarse en la gráfica, las bombas de desplazamiento positivo tienden a suministrar el mismo caudal a medida que aumenta la presión del sistema, incluso cuando la bomba ha perdido rendimiento volumétrico.

El único objeto de una bomba es dar caudal; la presión es originada por la resistencia al caudal. Aunque existe la tendencia de culpar a la bomba por la pérdida de presión, con pocas excepciones, la presión puede perderse solamente cuando hay fugas que desvían todo el caudal procedente de la bomba.

Como ejemplo supongamos que una bomba de 10 (Lt/min) litros por minuto se utiliza para alimentar un cilindro de  $100 \text{ cm}^2$  y para levantar una carga de 4000 Kgf. Mientras la carga sea elevada o soportada por el aceite hidráulico, la presión debe ser  $40 \text{ Kgf/cm}^2$ .

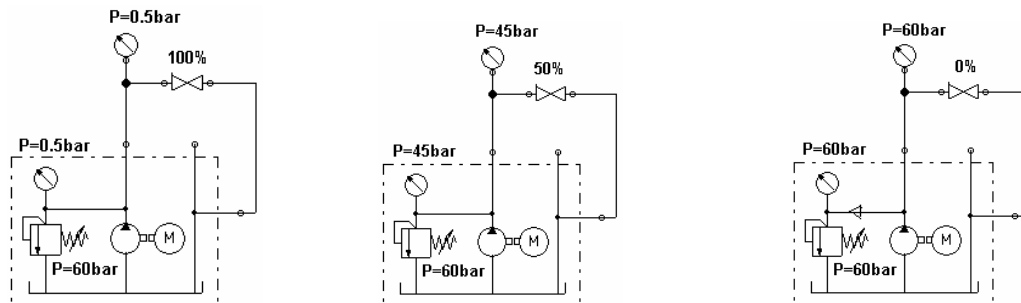
Incluso si hay un agujero en el pistón y 9,5 Lt/min se fugan a  $40 \text{ Kgf/cm}^2$ , la presión se seguirá manteniendo. Con solamente 0,5 Lt/min disponibles para mover la carga, ésta, naturalmente, se levantará muy despacio, pero la presión requerida para moverla seguirá siendo la misma.

Ahora imaginemos que la fuga de 9,5 Lt/min estuviese en la bomba en vez de en el cilindro. Todavía habría 0,5 Lt/min para mover la carga y todavía habría presión. Así pues, una bomba puede estar muy desgastada, perdiendo casi todo su rendimiento, y la presión todavía puede mantenerse. El mantenimiento de la presión no indica el estado de la bomba. Es necesario medir el caudal a una presión determinada para comprobar si una bomba está en buenas o malas condiciones.



## 1.9 Como se crea la presión en un circuito hidráulico

La presión se origina cuando el caudal encuentra resistencia. La resistencia puede ser debida a la carga del actuador o a una restricción (u orificio) en las tuberías. La tendencia a suministrar caudal (o empuje) puede originarse mediante una bomba mecánica o simplemente por el peso del fluido.

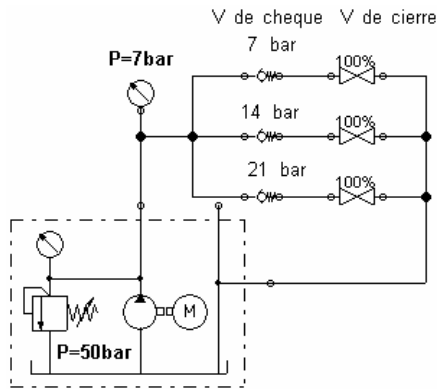


Elevación de la presión en un sistema hidráulico

Los tres esquemas anteriores muestran como se puede elevar la presión en un sistema hidráulico, en el primero se puede notar que cuando la válvula está 100% abierta, solo es necesario 0.5 bar de presión para hacer fluir el aceite al tanque. A medida que se cierra la válvula a un 50% se nota un incremento de la presión ya que al aumentar la resistencia el fluido debe subir la presión para atravesar la válvula y retornar el aceite al tanque. En el tercer caso la válvula se cierra completamente y el aceite no puede pasar a través de ella, debiendo pasar por la válvula limitadora de presión que está regulada a 60 bar. Es decir que la presión del sistema es directamente proporcional a la carga que esta manejando.

## 1.10 Circulación de caudal en paralelo

Una característica inherente a los líquidos, es que siempre toman el camino de menor resistencia. Así pues, cuando las derivaciones ofrecen resistencias diferentes, la presión aumenta solamente en la cantidad requerida para circular por el camino de menos resistencia.

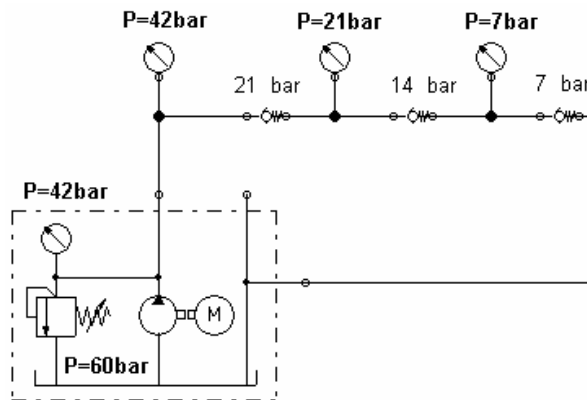


El esquema muestra un circuito hidráulico con tres vías en paralelo, en su posición inicial, al activar la bomba esta solo deberá vencer la resistencia que le proporciona la válvula de cheque del primer tramo, que es de 7 bar, si la válvula de cierre este tramo es cerrada, el aceite se verá forzado a pasar por el segundo tramo, elevando la presión en 14 bar, si la válvula de cierre del segundo tramo se cierra, el aceite deberá pasar por el tercer tramo, a una presión mínima de 21 bar, si por último son cerradas todas las válvula de cierre, el aceite tendrá que subir la presión justo para vencer la resistencia de la válvula limitadora de presión que está regulada a 50 bar.

Cuando el caudal de salida de una bomba se dirige hacia dos actuadores, el actuador que necesita menos presión es el primero en moverse. Como es difícil equilibrar las cargas exactas, los cilindros que deben moverse juntos se suelen conectar mecánicamente.

### 1.11 Circulación de caudal en serie

Cuando las resistencias al caudal están conectadas en serie, las presiones se suman.



### 1.12 Caída de presión a través de un orificio

Un orificio es un paso restringido en una línea hidráulica o componente, usado para controlar el caudal o crear una diferencia de presión (caída de presión) Para que el aceite fluya a través de un orificio, tiene que haber una diferencia de presión a través del orificio (el término caída" procede del hecho de que la presión inferior siempre está más abajo en el sentido de la corriente). Inversamente, si no hay caudal no hay diferencia de presión a través del orificio.



**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics "AVSEQ06 CAVITACIÓN Y CAIDA DE PRESIÓN"

### 1.13 Cálculo de la velocidad de un líquido que fluye por una tubería

**Velocidad.** Es la velocidad media de las partículas del líquido en un punto determinado a la distancia media que las partículas recorren por unidad de tiempo. Se mide en metros por segundo o en metros por minuto.

**Caudal.** Es la cantidad de líquido que pasa por un punto, por unidad de tiempo. Los caudales grandes se miden en litros por minuto. Los caudales pequeños pueden expresarse en cm<sup>3</sup>/minuto.

Los factores de conversión más usados para el caudal, el volumen y el tiempo son:

**CAUDAL**      1 Ltr/min = 1 dm<sup>3</sup>/min = 1000 cm<sup>3</sup>/min

**VOLUMEN**    1Ltr = 1000 Cm<sup>3</sup> = 1dm<sup>3</sup> = 0.001mt<sup>3</sup>                      1Galon = 3.785 Ltr  
1m<sup>3</sup> = 1000 Ltr

**Flujo laminar y turbulento** Idealmente, cuando las partículas de un líquido circulan por una tubería se mueven según trayectorias rectas y paralelas. Este régimen se denomina laminar y se produce a baja velocidad, en tuberías rectas. Con régimen laminar el rozamiento es menor lo mismo que las pérdidas hidráulicas.



Cuando las trayectorias de las partículas no son paralelas y se cruzan, el régimen se denomina turbulento. El régimen turbulento se origina por cambios bruscos en la dirección o en la sección, o por una velocidad demasiado elevada. El resultado es un rozamiento mucho mayor que origina calentamiento, aumenta la presión de trabajo y malgasta potencia.

### 1.14 Velocidad en las tuberías

La velocidad a la que circula el fluido hidráulico a través de las líneas es una consideración de diseño importante, debido al efecto de la velocidad sobre el rozamiento generalmente las velocidades recomendadas son:

Línea de aspiración de la bomba: de 0,6 a 1,2 metros por segundo.

Línea de trabajo: de 2 a 5 metros por segundo.

A este respecto, hay que observar que:

1- La velocidad del aceite varía inversamente al cuadrado del diámetro interior del tubo.

2- Generalmente el rozamiento de un líquido que circula por una línea es proporcional a la velocidad. Sin embargo, si el régimen fuese turbulento, el rozamiento variaría con el cuadrado de la velocidad.

El rozamiento origina turbulencia en la corriente de aceite y opone resistencia al caudal, lo que da como resultado un aumento de presión en la línea. Se recomienda una velocidad muy baja para la línea de aspiración de la bomba porque allí la caída de presión admisible es muy pequeña.

La relación entre el caudal (Q), la velocidad del fluido (V) y el Área de la sección transversal de la tubería (A) es:

$$Q = V * A \quad \text{Ecuación de continuidad}$$



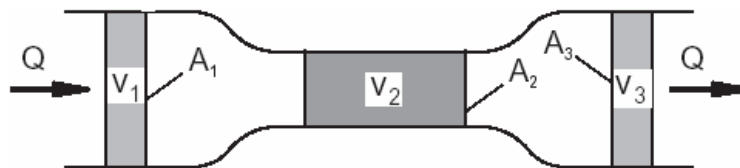
### Ejemplo resuelto:

Si por una tubería fluye un caudal de 5 Lt/s a una velocidad de 4 m/s, ¿Cuál debe ser el área de la sección interna de la tubería?

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{5000 \frac{cm^3}{s}}{400 \frac{cm}{s}} = 12,5 cm^2$$

El caudal volumétrico de un líquido que fluye por un tubo de varios diámetros es igual en cualquier parte del tubo. Ello significa que el fluido atraviesa los segmentos más pequeños con mayor velocidad. Se aplican la ecuación de continuidad a cada tramo.

$$Q = A_1 * V_1 = A_2 * V_2 = A_3 * V_3$$



### 1.15 Cálculo de la velocidad de un actuador.

La velocidad de desplazamiento del vástago de un cilindro o de giro de un motor depende de su tamaño y del caudal que se le envía. Para relacionar el caudal con la velocidad, consideremos el volumen que requiere el actuador para obtener un desplazamiento determinado.

La relación entre estas magnitudes puede expresarse como sigue:

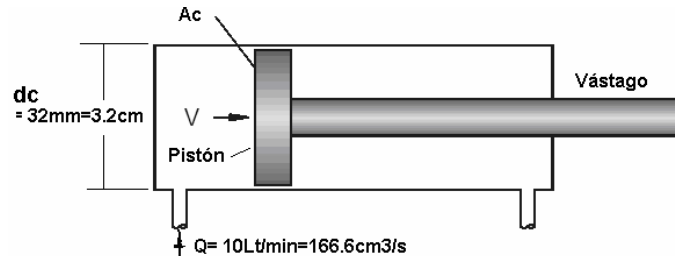
$$\text{Caudal (Q)} = \text{Velocidad (V)} * \text{Área (A)}$$

$$V(\text{velocidad}) \left( \frac{cm}{s} \right) = \frac{Q(\text{caudal}) \left( \frac{cm^3}{s} \right)}{A(\text{área}) (cm^2)} = \frac{\text{volumen} / \text{tiempo}}{\text{sup. erficie}}$$



$$A(\text{área})(\text{cm}^2) = \frac{Q(\text{caudal})\left(\frac{\text{cm}^3}{\text{s}}\right)}{V(\text{velocidad})\left(\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right)} = \text{Superficie} = \frac{\text{volumen / tiempo}}{\text{velocidad}}$$

Si el cilindro mostrado es alimentado del lado del pistón con un caudal de 10 lt/min y actúa sobre el embolo de 32mm de diámetro. ¿A que velocidad se moverá el cilindro?



### Velocidad de avance de un cilindro

Lo más conveniente es expresar el caudal en  $\text{cm}^3/\text{s}$

$$Q = 10 \frac{\text{Lt}}{\text{min}} \left( \frac{1000 \text{cm}^3}{1 \text{Ltr}} \right) \left( \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} \right) = 166.66 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

El área de una sección circular se expresa como  $A = \frac{\Pi * d^2}{4}$  donde el diámetro del cilindro

$$d = 32 \text{mm} \left( \frac{1 \text{cm}}{10 \text{mm}} \right) = 3.2 \text{cm}$$

Luego el área de la sección circular del cilindro es  $A = \frac{\Pi * (3.2 \text{cm})^2}{4} = 8 \text{cm}^2$

La velocidad 
$$V(\text{velocidad})\left(\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right) = \frac{Q(\text{caudal})\left(\frac{\text{cm}^3}{\text{s}}\right)}{A(\text{área})(\text{cm}^2)} = \frac{\left(166.66 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}\right)}{(8 \text{cm}^2)} = 20.8 \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right)$$

El cilindro avanzará a 20.8 cm/s

Si al mismo cilindro es alimentado con el caudal de 10 Lt/min del lado del vástago cuyo diámetro es de 15 mm ¿Cuál será la velocidad con la que retorna el pistón?

Es necesario hacer la diferenciación entre el área del lado del embolo y el área del lado del pistón donde actúa la presión de aceite, es claro como lo muestra la gráfica que el área del lado del vástago es mucho menor que el área del lado del pistón.

Según la siguiente relación:

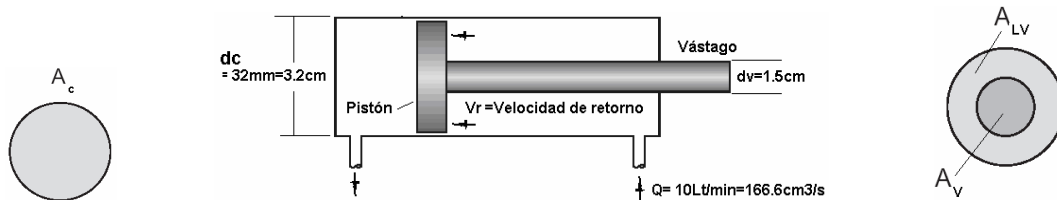
$A_c = \text{Área del cilindro}$   $A_c = \frac{\Pi * d_c^2}{4}$  donde  $d_c = 3.2 \text{ cm.}$  es el diámetro del cilindro

$A_v = \text{Área del vástago}$   $A_v = \frac{\Pi * d_v^2}{4}$  donde  $d_v = 1.5 \text{ cm.}$  es el diámetro del vástago

$A_{LV} = A_{LV} = A_c - A_v = \frac{\Pi * (d_c^2 - d_v^2)}{4} = 6.28 \text{ cm}^2$  es el área del lado del vástago

Igual se cumple que  $Q = A_{LV} * V_R$  y que la velocidad de retorno

$$V_R = \frac{Q}{A_{LV}} = \frac{166.6 \frac{cm^3}{s}}{6.28 cm^2} = 26.5 \frac{cm}{s}$$



Es decir que para un mismo caudal se obtiene una velocidad de retorno mucho mayor que la de avance.

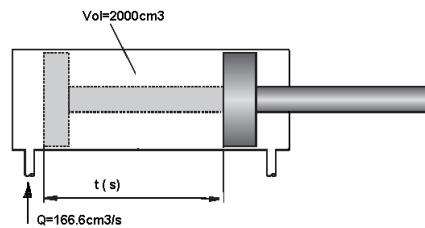
**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics “AVSEQ03 LEY PASCAL Y VELOCIDAD”

Una forma para determinar el tiempo (t) que tarda en llenarse un cilindro de volumen (Vol) que es alimentado con un caudal (Q) se puede obtener usando la expresión.

Caudal (Q) = Volumen (Vol) / t (tiempo).

$$Q(\text{caudal}) \left( \frac{cm^3}{s} \right) = \frac{Vol(\text{Volumen})(cm^3)}{t(\text{tiempo})(s)}$$

Para llenar completamente el cilindro anterior se necesita un volumen de aceite de 2000 cm<sup>3</sup>, si se alimenta con el mismo caudal de 166 cm<sup>3</sup>/s. ¿Cuanto tiempo tardaría en llenarse?



$$t(\text{tiempo})(s) = \frac{Vol(\text{Volumen})(cm^3)}{Q(\text{caudal}) \left( \frac{cm^3}{s} \right)} = \frac{(2000 cm^3)}{\left( 166.66 \frac{cm^3}{s} \right)} = 12s$$

Según esto, podemos sacar las siguientes conclusiones:

Que la fuerza o par de un actuador es directamente proporcional a la presión e independiente del caudal

Que su velocidad depende del caudal que reciba, con independencia de la presión.

**Problema propuesto :** si la bomba suministra un caudal constante de 10 Lt/min y el actuador (cilindro) se desplaza a una velocidad de 10 cm/s, determine el área del cilindro (cm<sup>2</sup>).

## 1.16 Cálculo de fuerzas en cilindros

La fuerza con la que se desplaza un cilindro depende directamente de la presión y del área sobre la cual actúa dicha presión.

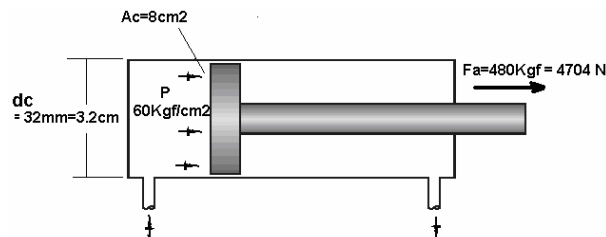
Para la fuerza de avance y retorno se cumplen las siguientes expresiones:

$$F \text{ (fuerza)}(N) = P(\text{presión})\left(\frac{N}{m^2}\right) * A(\text{área})(m^2)$$

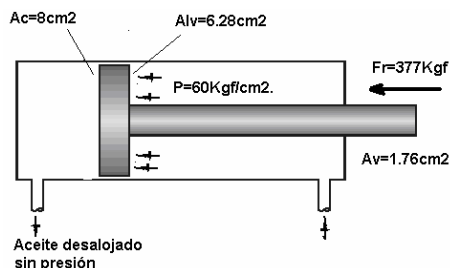
La fuerza de avance  $F_A \text{ (fuerza)}(N) = P(\text{presión})\left(\frac{N}{m^2}\right) * A_C(\text{área})(m^2)$  donde  $A_C$  es el área del cilindro

La fuerza de retorno  $F_R \text{ (fuerza)}(N) = P(\text{presión})\left(\frac{N}{m^2}\right) * A_{LV}(\text{área})(m^2)$  donde  $A_{LV}$  es el área del lado del vástago.

De tal forma que al aplicarle una presión de 60 Kgf/cm<sup>2</sup> a un pistón de 8cm<sup>2</sup> se puede alcanzar una fuerza de 480 Kgf en el avance.



Para determinar la fuerza que se logra con un cilindro al retornar es necesario tener en cuenta que en este caso, el aceite ejerce la presión sobre un área más pequeña, que es el área del lado del vástago  $A_{LV}$ .



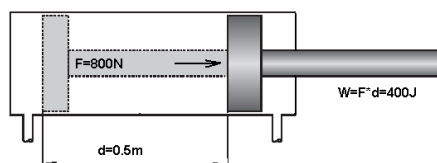
**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics "AVSEQ05 PRESIÓN EN CILINDROS"

**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics "AVSEQ09 CILINDROS Y MOTORES"

## 1.17 Trabajo y potencia:

Cuando se ejerce una fuerza a lo largo de una distancia, se realiza un trabajo: Trabajo = fuerza x distancia

El trabajo se expresa generalmente en Kgfm. Por ejemplo, si un peso de 10Kgf se eleva a 10 metros, el trabajo es 10 Kgf x 10 m, o sea 100 Kgfm.



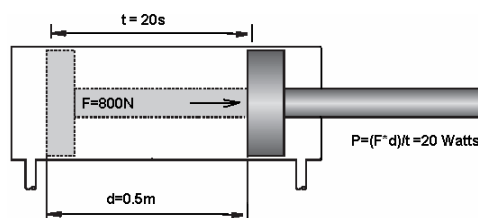
Cuando un cilindro avanza 0.5 m aplicando una fuerza de 800 N, se puede decir que ha realizado un trabajo de 400 Nm = 400J, el cilindro realiza un trabajo debido a que el ejerce una fuerza a lo largo de una distancia.

La fórmula precedente para el trabajo no toma en consideración con que velocidad se realiza dicho trabajo. El trabajo realizado por unidad de tiempo se denomina potencia.

Para visualizar la potencia pensemos en la operación de subir unas escaleras. El trabajo realizado es el peso del cuerpo multiplicado por la altura de las escaleras. Pero es más difícil correr por las escaleras que andar. Cuando se corre se hace el mismo trabajo pero a mayor velocidad.

$$Potencia = \frac{Fuerza(N) * distancia(m)}{tiempo(s)} = \frac{N * m}{s} = \frac{J}{s} = Watts$$

Si el cilindro del ejemplo anterior realiza el trabajo en 20s ¿Qué potencia está transmitiendo?



La unidad de potencia es el caballo de potencia, en abreviatura HP (Horse Power). Es equivalente a 75 Kgf·m/s. También tiene equivalencias en potencias eléctrica y calorífica.

Los factores de conversión mas usados para la conversión de las unidades de potencia son:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ Watt (potencia eléctrica)}$$

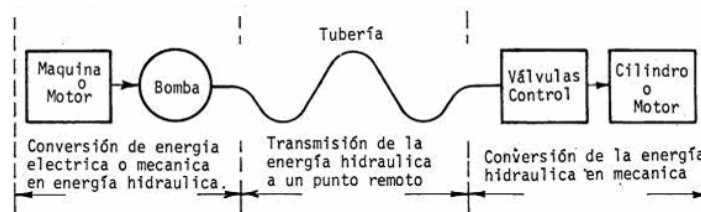
$$1 \text{ HP} = 176,6 \text{ Cal/s (potencia calorífica)}$$

Evidentemente es deseable poder transformar la potencia hidráulica en potencia mecánica y conocer su equivalente mecánico, eléctrico y calorífico.

**Problema propuesto:** si la bomba suministra un caudal de 20 GPM (gal/min) a una presión de 87 PSI. Determine la potencia hidráulica del fluido a la descarga (HP).

## 1.18 Transformación de la potencia en un sistema hidráulico

El sistema hidráulico es un sistema en el cual se genera, transmite y controla la aplicación de potencia a través de la circulación de aceite comprimido en un circuito. El sistema puede dividirse en tres grandes grupos que observamos en el diagrama de bloques.



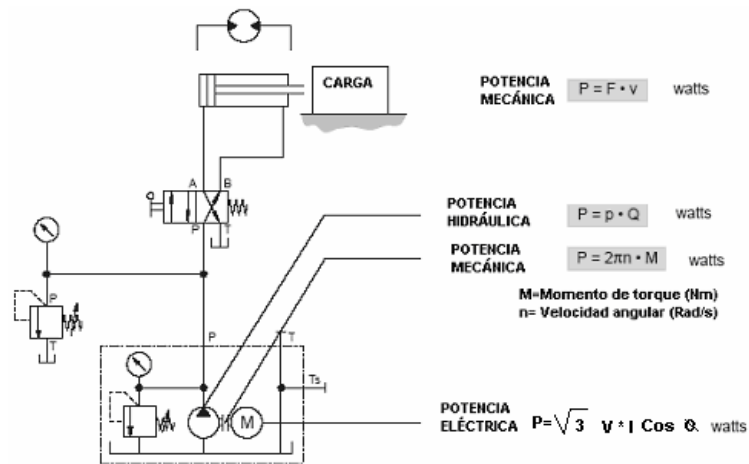
Comenzando desde la izquierda del diagrama, la primera sección corresponde a la conversión de Energía Eléctrica y/o Mecánica en un sistema de energía hidráulica.

Un motor eléctrico, de explosión o de otra naturaleza está vinculado a una bomba, a cuya salida se obtiene un cierto caudal a una determinada presión.

En la parte central del diagrama, el fluido es conducido a través de tubería al lugar de utilización.

A la derecha en el diagrama, el aceite en movimiento produce una reconversión en energía mecánica mediante su acción sobre un cilindro o un motor hidráulico. Con las válvulas se controla la dirección del movimiento, la velocidad y el nivel de potencia a la salida del motor o cilindro.

En instalaciones hidráulicas es necesario hacer una distinción entre potencia eléctrica, mecánica e hidráulica, la potencia mecánica es convertida en potencia hidráulica, transportada y controlada y vuelta a convertir en energía mecánica, como puede verse en la figura.



La potencia eléctrica de un motor trifásico depende de la corriente de línea  $I$  (Amperios), del Voltaje entre línea y línea  $V$  (Voltios) y del Factor de potencia  $\cos\theta$  que depende del ángulo de desfase  $\theta$ .

Así un motor trifásico alimentado a 220 V que consume una corriente de 30 A con un factor de potencia  $\cos\theta$  de 0.8, estará desarrollando una potencia de 9145 Watt = 9.14 Kw, atendiendo a la ecuación  $P_{elec} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\theta$ .

En un sistema hidráulico la velocidad queda indicada por el caudal, en litros por minuto o metros cúbicos por hora, la fuerza, en Kgf o N y la presión, en Kgf/cm<sup>2</sup>, bar o N/mt<sup>2</sup>. De esta forma podemos expresar la potencia hidráulica que se transporta por una tubería como sigue:

$$P_{hidráulica} = \frac{F(\text{fuerza}) \cdot d(\text{distancia})}{t(\text{tiempo})} = F(\text{fuerza}) \cdot v(\text{velocidad}) = P(\text{presión}) \cdot Q(\text{caudal})$$



**Problema resuelto:** Si por una tubería fluye un caudal de aceite de 4.2 Lt/min a una presión de 60bar, ¿Qué potencia hidráulica se está transportando por la tubería?

$$p = 60 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$Q = 4.2 \text{ l/min} = 4.2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$$

$$= \frac{4.2}{60} 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 0.07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_{\text{hidráulica}} = p \cdot Q = 60 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0.07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_{\text{hidráulica}} = 4.2 \cdot 10^2 \frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = 420 \text{ W}$$

**Problema resuelto:** ¿Qué presión debe tener una tubería que transmite 315 W con un caudal de 4.2 Lt/min?

$$P_{\text{hidráulica}} = 315 \text{ W}$$

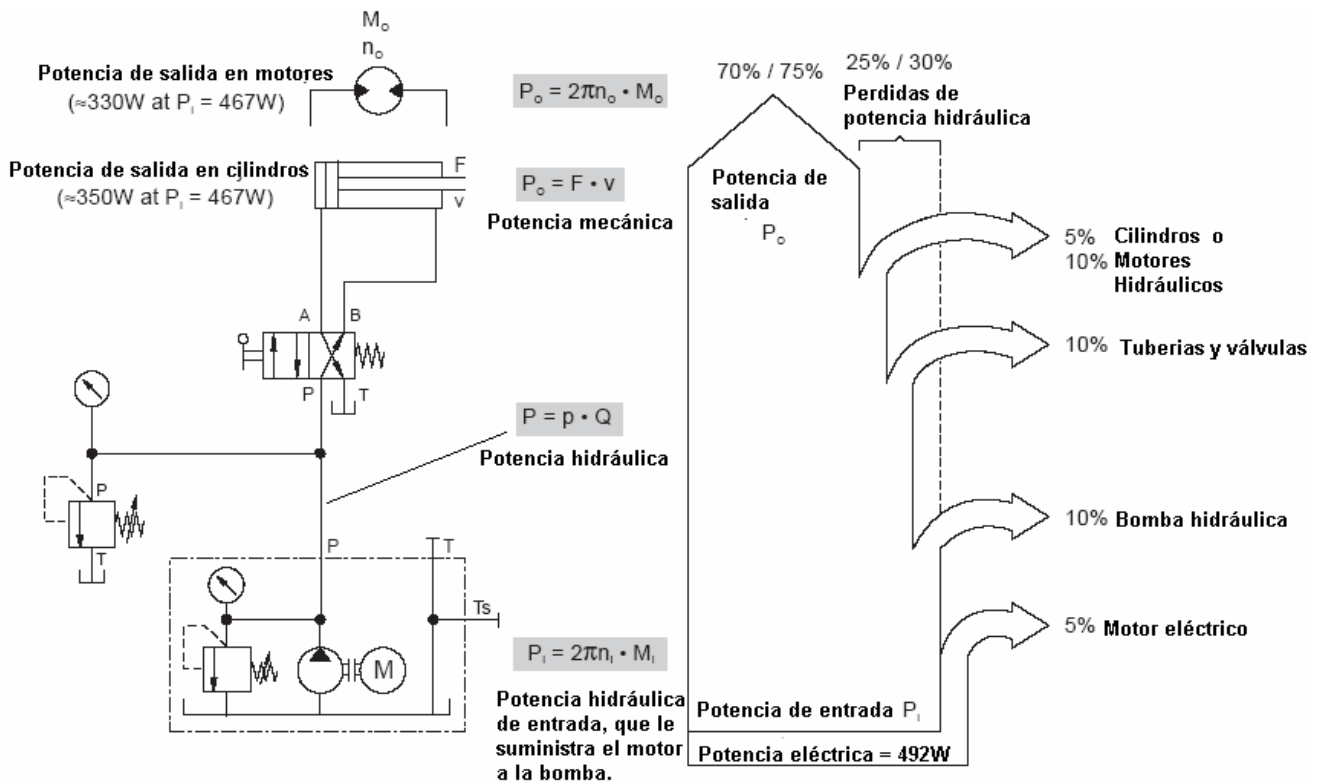
$$Q = 4.2 \text{ l/min} = \frac{4.2}{60} \text{ dm}^3/\text{s} = 0.07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$p = \frac{P_{\text{hidráulica}}}{Q} = \frac{315}{0.07 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{Nm} \cdot \text{s}}{\text{s} \cdot \text{m}^3} = 4500 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2 \text{ (Pa)}$$

$$p = 45 \cdot 10^5 \text{ Pa (45 bar)}$$

**Problema propuesto:** ¿Qué potencia hidráulica transmite un aceite que fluye a una rata de 20 m<sup>3</sup>/h con una presión de 350 PSI?

## 1.19 Eficiencia y pérdidas de potencia en un sistema hidráulico.



El esquema muestra como los diferentes tipos de eficiencia deben ser tenidos en cuenta para la determinación de las potencias de entrada y salida en un sistema hidráulico, a manera experimental se observa el porcentaje de perdidas en los diferentes dispositivos, dando como resultado que en promedio se pierde entre un 25 y 30% de potencia debido a la fricción o perdidas volumétricas en la bomba.

Por lo tanto el sistema hidráulico tiene una eficiencia promedio del 75% a 70%, definiendo la eficiencia como la relación entre la potencia mecánica útil de salida y la potencia eléctrica de entrada.

$$\eta_H = \frac{\text{Potencia}_{\text{mecánica de salida}} (\text{Watt})}{\text{Potencia}_{\text{eléctrica de entrada}} (\text{Watt})} = \frac{350\text{Watt}}{492\text{Watt}} = 0.71 = 71\%$$

## 1.20 Diseño de un sistema hidráulico sencillo

A partir de la información dada es posible diseñar un circuito hidráulico sencillo. Se indica a continuación la forma en que se debe proceder para hacerlo

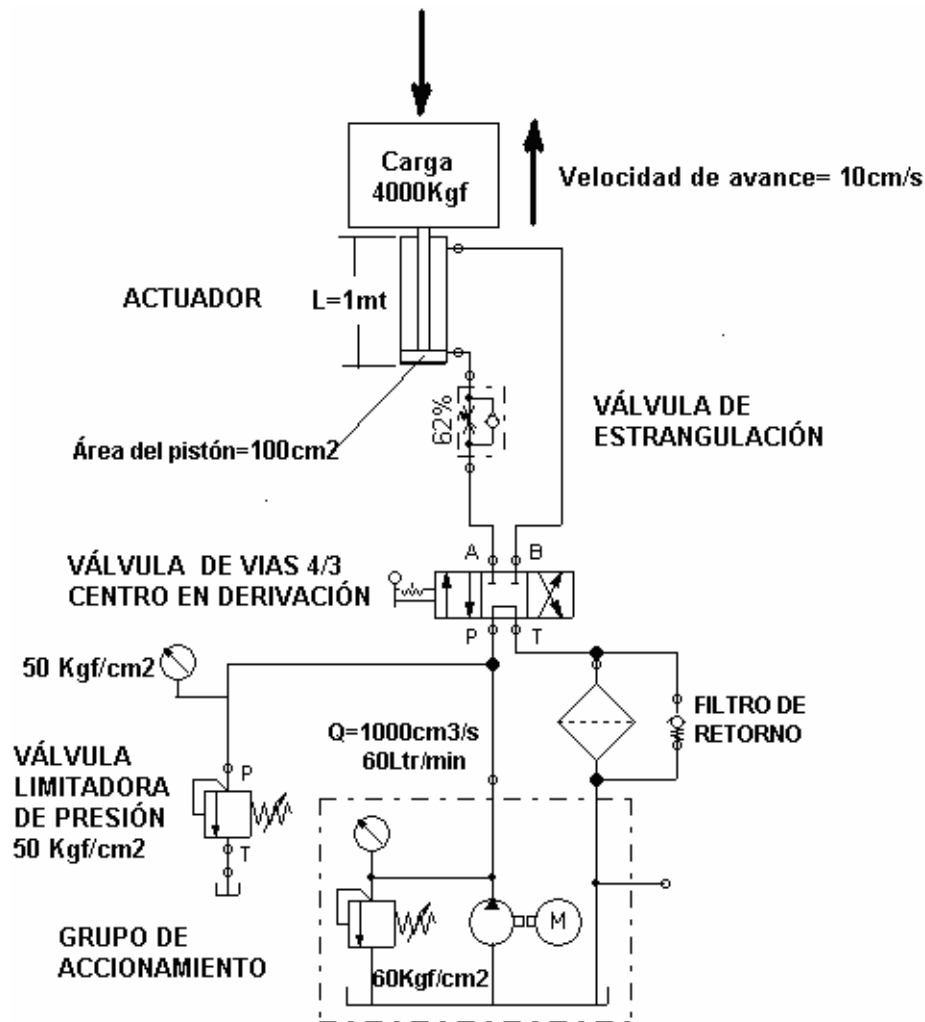
Para diseñar un circuito, la primera consideración es sobre el trabajo que se debe realizar. Este trabajo puede ser levantar un peso, girar una herramienta o bloquear algún elemento. El trabajo determina el tipo de actuador que hay que utilizar.

Probablemente el primer paso será la selección del actuador. Si los requerimientos fuesen simplemente el levantar una carga, un cilindro hidráulico colocado bajo ella haría el trabajo, la longitud de carrera del cilindro sería, por lo menos, igual a la distancia de desplazamiento de la carga. Su superficie se determinaría mediante la fuerza requerida para elevar la carga y la presión de funcionamiento deseada. Supongamos que un peso de 4000 Kgf ha de elevarse a una altura de 1 m y que la presión máxima de funcionamiento debe limitarse a 50 Kgf/cm<sup>2</sup>. El cilindro seleccionado tendría una longitud de carrera de, por lo menos, 1 m, y con una superficie de pistón de 80 cm<sup>2</sup> proporcionaría una fuerza máxima de 4000 Kgf. Esto, sin embargo, no prevé ningún margen de error. Una mejor selección sería un cilindro de 100 cm<sup>2</sup> que permitiría levantar la carga a 50 Kgf/cm<sup>2</sup> proporcionando una capacidad de elevación de hasta 5000 Kgf.

El desplazamiento hacia arriba y hacia abajo del cilindro sería controlado mediante una válvula direccional. Si la carga debe detenerse en puntos intermedios de su trayecto, la válvula direccional deber tener una posición neutral en la cual el caudal de aceite del lado inferior del pistón quede bloqueado, para soportar el peso sobre el cilindro. La velocidad a la cual debe desplazarse la carga determina el tamaño de la bomba. El pistón de 100 cm<sup>2</sup> desplaza 100 cm<sup>3</sup> por cada cm que se levanta. El mover el cilindro 10 cm requerirá 1000 cm<sup>3</sup> de aceite. Si hay que moverlo a razón de 10 cm por segundo, requerirá 1000 cm<sup>3</sup> de aceite por segundo o 60 Lt/min. Como las bombas generalmente se dimensionan en galones por minuto, será necesario dividir 60/3,785 para obtener el valor en galones por minuto; 60/3,785 = 16 GPM.

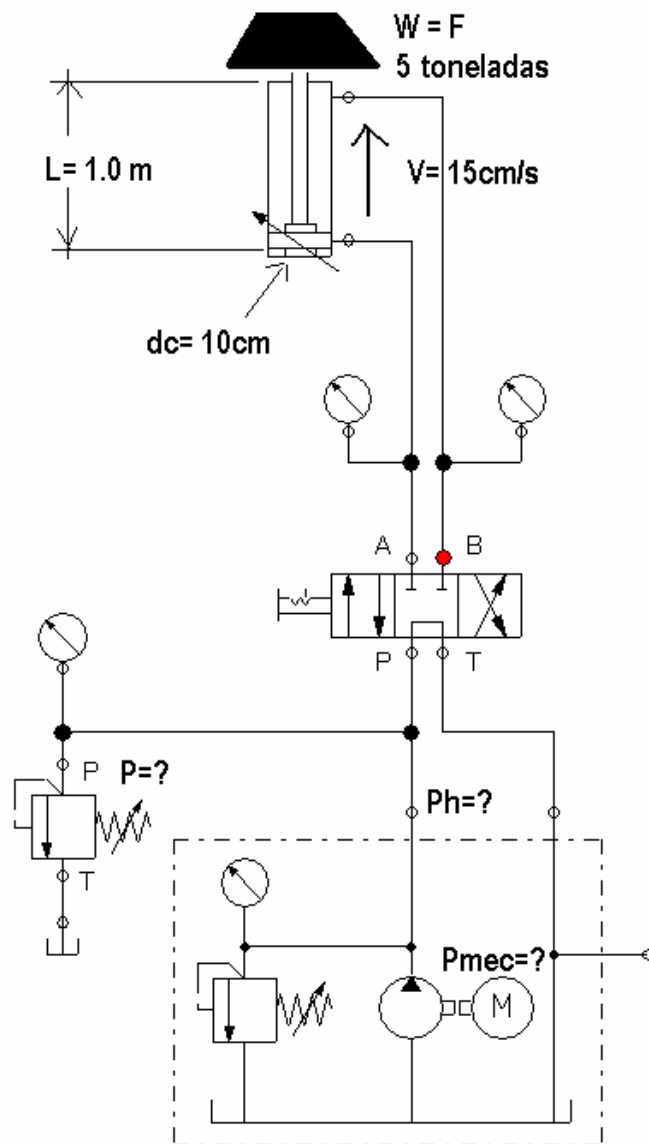
Para impedir la sobrecarga del motor eléctrico y para proteger la bomba y otros componentes contra una presión excesiva, debida a sobrecargas o bloqueo, se monta una válvula de seguridad para limitar la presión máxima del sistema, en la línea, entre la salida de la bomba y la entrada de la válvula direccional, calibrada a 1.1 veces la presión máxima

de trabajo. Un depósito dimensionado para contener aproximadamente de 2 a 3 veces la capacidad de la bomba en galones por minuto y tuberías de interconexión adecuadas completarán el sistema.



**Ejercicio propuesto:** El cilindro hidráulico mostrado corresponde al de un cargador YALE capaz de levantar 1.0 m una carga total de 5 toneladas, el sistema consta de un cilindro de doble efecto accionado por una válvula 4/3, dicho cilindro tiene un diámetro de  $d_c = 10\text{ cm}$ . a) Determine la presión mínima para levantar la carga total en (bar), (b) Si la velocidad máxima de levante es de  $15\text{ cm/s}$ , determine el caudal de la bomba en (Gal/min). C) Determine la potencia hidráulica a la salida de la bomba en (Watt). D) Si la eficiencia de la bomba es de 0.9, ¿Qué potencia en (HP) requiere la bomba del motor diesel? E) si la velocidad del aceite por las tuberías es de  $3\text{ m/s}$  ¿de que diámetro interno (pulg) deben ser las mismas?. F) ¿de que capacidad debe ser el depósito en (galones)?. G) ¿A que presión se debe calibrar la válvula limitadora de presión (bar)?.





**Actividad:** Instalar y estudiar el curso virtual de hidráulica “Curso Virtual EH y EN “

# **COMPONENTES DE UN SISTEMA HIDRÁULICO**

Representación esquemática de la cadena de mando. Grupo de accionamiento. Líquido a presión, Deposito. Filtro Tipos y criterios para selección de bombas. Bombas de engranajes, bombas de paletas. Construcción, funcionamiento y simbología de los elementos de mando. Válvulas de vías. Construcción, funcionamiento y simbología de los elementos de control: Objeto, descripción de funcionamiento, aplicación y simbología. Válvula antirretorno y antirretorno desbloqueable hidráulicamente. Válvula reguladora de caudal en una vía y de dos vías. Válvula de estrangulación y antirretorno. Válvula reguladora de presión. Válvula de secuencia. Construcción, funcionamiento y selección de cilindros y motores hidráulicos. Cilindros lineales. Motores hidráulicos. Símbolos de elementos hidráulicos según ISO 1219. Criterios para localizar fallas en los sistemas hidráulicos. (8 Horas).

Al finalizar esta unidad<sup>2</sup> el estudiante estará en capacidad de:

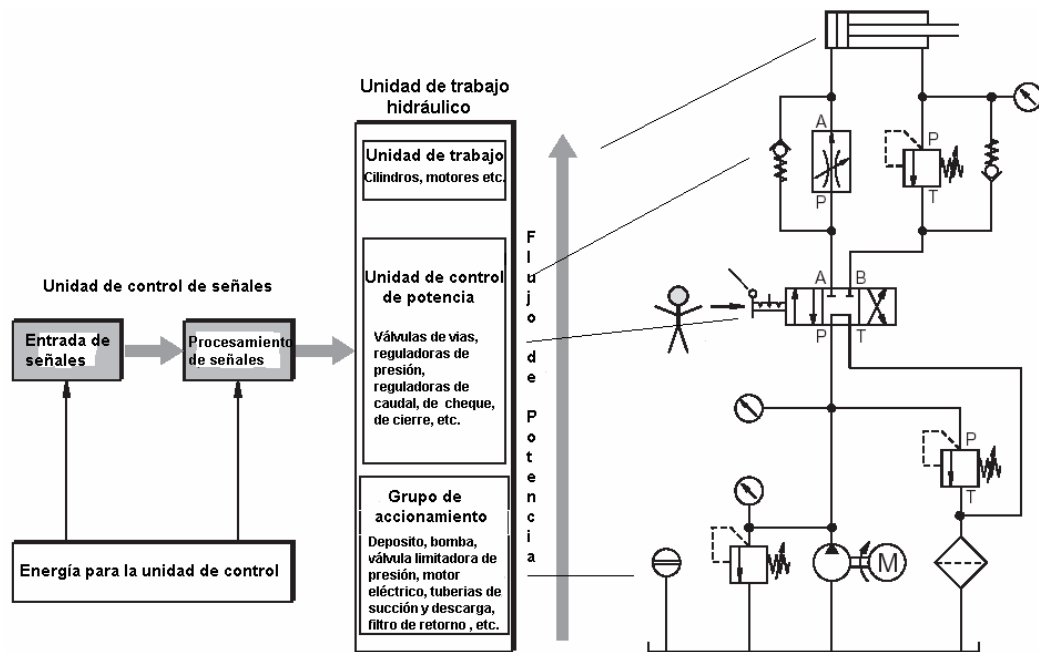
- Identificar cada uno de los componentes de los sistemas hidráulicos, conociendo su principio de funcionamiento, simbología y aplicación.
- Comprender los fundamentos de diseño, criterios de selección y operación de los sistemas hidráulicos con aplicación en la industria.
- Montar y diseñar sistemas de control hidráulico, seleccionando técnicamente los componentes y siguiendo las normas de seguridad en el campo eléctrico.
- Actuar de acuerdo con los principios éticos, morales y de seguridad necesarios para el correcto desempeño profesional en la empresa.

## **2.1 Representación esquemática de la cadena de mando**

En los sistemas hidráulicos se genera un caudal constante de aceite en el grupo de accionamiento el cual es controlado por válvulas de vías, reguladoras de presión o de caudal para por fin ser llevado al actuador que es quien realiza el trabajo requerido.

---

<sup>2</sup> FESTO DIDACTIC. Curso de Hidráulica para la Formación Profesional. Manual de estudio.



**Actividad:** Observar detenidamente de FESTO Hydraulics “AVSEQ07 ESTRUCTURA SISTEMA HIDRÁULICO”

**Actividad:** Observar detenidamente de FESTO Hydraulics “AVSEQ10 REGULACIÓN Y ACCIONAMIENTOS”

**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics “AVSEQ15 ESQUEMA Y APLICACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS”

## 2.2 Líquido a presión

El líquido a presión tiene que satisfacer diversas tareas en una instalación hidráulica:

- Debe transmitir la energía hidráulica
- Se genera en la bomba hidráulica; Se transforma en el cilindro o motor
- Debe lubricar todas las piezas de una instalación hidráulica (cojinetes, superficies de deslizamiento, etc.).
- Debe evitar que las piezas interiores móviles sean atacadas por la corrosión
- Debe evacuar suciedades, abrasión, etc.
- Debe evacuar el calor

El líquido a presión debe satisfacer diversas exigencias mínimas. Estas ya están fijadas en la mayoría de los casos.

Una selección adecuada del aceite asegura una vida y funcionamiento satisfactorios de los componentes del sistema, principalmente de las bombas y motores hidráulicos y en general de los actuadores.

Algunos de los factores especialmente importantes en la selección del aceite para el uso en un sistema hidráulico industrial, son los siguientes:

1. El aceite debe contener aditivos que permitan asegurar una buena característica antidesgaste. No todos los aceites presentan estas características de manera notoria.
2. El aceite debe tener una viscosidad adecuada para mantener las características de lubricante y limitante de fugas a la temperatura esperada de trabajo del sistema hidráulico.
3. El aceite debe ser inhibidor de oxidación y corrosión.
4. El aceite debe presentar características antiespumantes.

Para obtener una óptima vida de funcionamiento, tanto del aceite como del sistema hidráulico; se recomienda una temperatura máxima de trabajo de 65°C.

**Actividad:** realizar la lectura del capítulo 3 del manual de estudio TP501 sobre fluidos hidráulicos y estudiar su clasificación, inflamabilidad y límites de viscosidad.

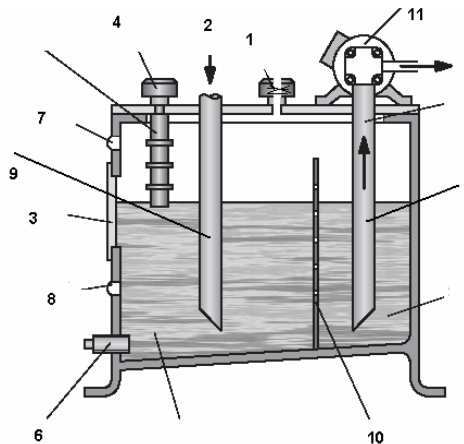
**Actividad:** Observar video de FESTO Hydraulics “AVSEQ02 LIQUÍDO HIDRÁULICO”

## 2.3 Depósito

Toda instalación hidráulica tiene un depósito que ha de satisfacer diversas tareas:

Depósito de reserva, separador de líquido a presión y aire, evacuador de calor, portador de una bomba incorporada o montada encima y del motor de accionamiento, así como placa base para diversas piezas de mando.

1) Filtro de aire, 2) Empalme de retorno, 3) Tapa desmontable, 4) Tornillo de la abertura de llenado, con varilla indicadora de nivel y cesta de tamiz, 5) Tubo de aspiración, 6) Tornillo de purga de líquido, 7) Mirilla de control (nivel máximo), 8) Mirilla de control (nivel mínimo), 9) Tubo de retorno, 10) Chapa tranquilizadora, 11) Bomba.



### Racor de llenado (4)

Debería tener siempre un tamiz de malla, a fin de cribar sustancias ajenas al rellenar el depósito.

### Tornillo de purga (6)

Debería hallarse en el lugar más bajo del depósito. En caso de sustituir el líquido, limpiar el depósito y el filtro.

### Verificación del nivel del líquido (7 y 8)

El nivel del líquido se verifica continuamente por medio de la varilla indicadora o por la mirilla de control. Los niveles mínimo y máximo deberían estar marcados.

### Purga de aire (1)

Todo depósito debe disponer de un sistema suficiente de aireación y desaireación, provisto de un filtro de aire. Es necesario airearlo y desairearlo, para que la presión atmosférica pueda actuar sin ningún impedimento sobre el nivel del líquido, con el objeto de que la bomba pueda aspirar y el aceite se mantenga sin burbujas de aire.

### Chapas tranquilizadoras (10)

Dividen el depósito en una cámara de aspiración y otra de retorno. En ésta última,

el líquido puede tranquilizarse y los cuerpos ajenos pueden depositarse.

**Símbolos** según ISO 1219 Depósito, ventilado, con una tubería por debajo del nivel del líquido



## 2.4 Filtro

El filtraje del líquido a presión en las instalaciones tiene gran importancia para conservar las funciones y la duración de los equipos hidráulicos. La abrasión metálica, la abrasión de los elementos de estanqueidad, el polvo y la suciedad del aire se entremezclan con el líquido a presión, especialmente durante el rodaje. Estas partículas, más o menos grandes, deben ser filtradas continuamente, pues de lo contrario obstruirán poco a poco los conductos y las aberturas importantes de la instalación. Las perturbaciones producidas pueden ser grandes. Las impurezas producen un desgaste muy grande en las piezas móviles de la instalación hidráulica. Los filtros de tamiz imantado garantizan un filtraje suficiente con el montaje de un elemento filtrante consistente en un tejido de alambre de malla estrecha preimantado y un fuerte imán.

El propósito de la filtración no es solo prolongar la vida útil de los componentes hidráulicos, si no también evitar paradas producidas por la acumulación de impurezas en las estrechas holguras y orificios de las modernas válvulas y servoválvulas. Para prolongar la vida útil de los aparatos hidráulicos es de vital importancia emplear aceites limpios, de buena calidad y no contaminado. La limpieza de los aceites se puede lograr reteniendo las partículas nocivas o dañinas y efectuando los cambios de aceite en las fechas y periodos que establecen los fabricantes o que determinan las especificaciones técnicas del aceite y/o elementos del circuito.

Los elementos que constituyen contaminantes para el aceite pueden ser entre otros:

- Agua
- Ácidos
- Hilos y fibras
- Polvo, partículas de junta y pintura

El elemento que debe retener estos contaminantes es el filtro.

Para evitar que los aceites entren en contacto con elementos contaminantes; puede procurarse lo siguiente:

- 1. En reparaciones, limpiar profusamente
- 2. Limpiar el aceite antes de hacerlo ingresar al sistema
- 3. Cambiar el aceite contaminado periódicamente
- 4. Contar con un programa de mantenimiento del sistema hidráulico
- 5. Cambiar o limpiar los filtros cuando sea necesario

El filtro mostrado al lado está previsto para ser montado en la tubería de retorno,

Se diferencia entre:

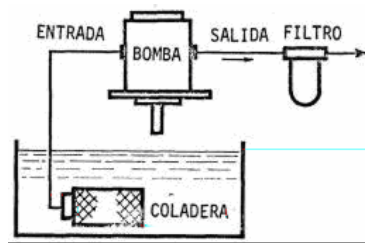
### Filtraje por aspiración

El filtro se monta en la tubería de aspiración, se emplea para proteger la bomba de daños producidos por cuerpos ajenos se pueden producir daños por cavitación, (véase el ejercicio: Motor hidráulico) cuando los filtros están sucios. En muchos casos se opta por usar una coladera que es una malla metálica que evita solo que partículas metálicas ó sólidas ingresen a la bomba sin causar mucha restricción.

### Filtraje de presión

El filtro se monta en la tubería de presión para proteger los elementos hidráulicos (p. ej., válvulas servopilotadas) contra cuerpos ajenos, (se utiliza poco).

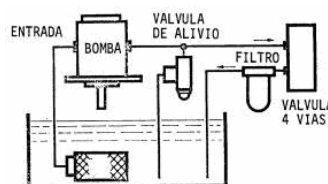
En la figura vemos un filtro instalado a la salida de la bomba y delante de la válvula reguladora de presión y alivio. Estos filtros deben poseer una estructura que permite resistir la máxima presión del sistema. Por seguridad deben poseer una válvula de retención interna. La máxima pérdida de carga recomendada con el elemento limpio es de 5 PSI.



Filtro en línea

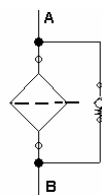
### Filtraje de retorno

El filtro se monta en la tubería de retorno (es el más empleado)

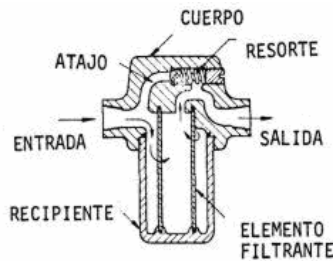


Filtro de retorno

### Símbolo según ISO 1219



La válvula abre el paso por el cheque cuando el filtro está sucio



Filtro de retorno

**Actividad:** Observar detenidamente de FESTO Hydraulics “AVSEQ08 BOMBA, VLP Y FILTRO”

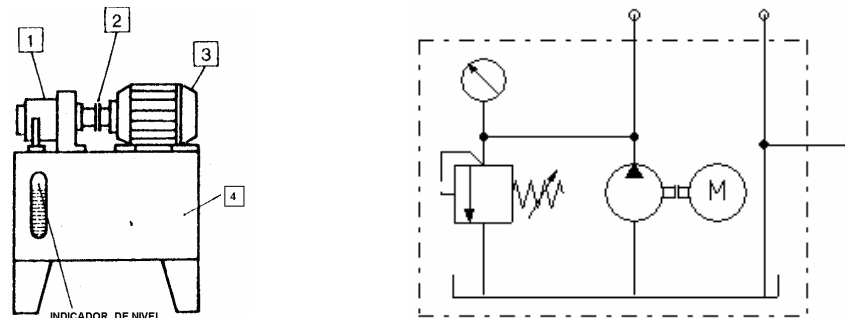
## 2.5 Grupo de accionamiento

El grupo de accionamiento comprende:

La bomba hidráulica (de engranajes u otro tipo), el motor eléctrico, el depósito, La válvula limitadora de presión (válvula de seguridad) y las tuberías rígidas y los racores.

La bomba de engranajes (1) está unida al motor eléctrico (3) por medio de un embrague (2). La bomba de engranajes, el depósito y a válvula de seguridad están unidos entre sí mediante tuberías rígidas. El extremo de las tuberías que penetra en el depósito se encuentra por debajo del nivel del líquido, para que en ellas no pueda entrar aire.

### Símbolo



Grupo de accionamiento

Para simplificar la representación gráfica de los elementos y tuberías en los sistemas hidráulicos se emplean símbolos. Cada símbolo muestra un elemento y su función, pero no el tipo de construcción. Para estandarizar su empleo, estos símbolos están normalizados

La norma ISO 1219 estandariza los elementos y símbolos para los sistemas fluido – técnicos (como son los hidráulicos y neumáticos).

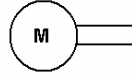
### Bomba hidráulica (bomba de engranajes)

Elemento para transformar la energía mecánica en energía hidráulica

Bomba hidráulica con un sentido de flujo de impulsión.



**Motor eléctrico** (Con velocidad casi constante)



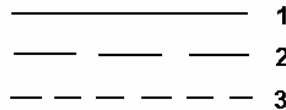
### Depósito

Ventilado; aquí, con dos tuberías debajo del nivel del líquido

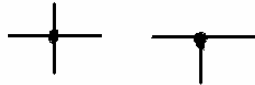


### Tuberías

Los elementos hidráulicos se unen mediante tuberías: Tubería de trabajo (1) (para transmitir energía) o tubería de retorno, Tubería de pilotaje (2) (para accionar elementos hidráulicos) y tubería de fuga (3) (para la salida de las fugas de líquido que se producen)

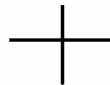


**Uniones de tuberías** desmontables (p. ej, por rosca), fijas (p. ej, soldadas)



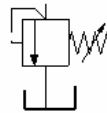
### Cruce de tuberías

Tuberías cruzadas que no están unidas



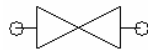
### Válvula limitadora de presión

Válvula para limitar la presión de trabajo (será tratada en el siguiente ejercicio)



### Válvula de cierre

Bloquea el paso del líquido en el sistema hidráulico

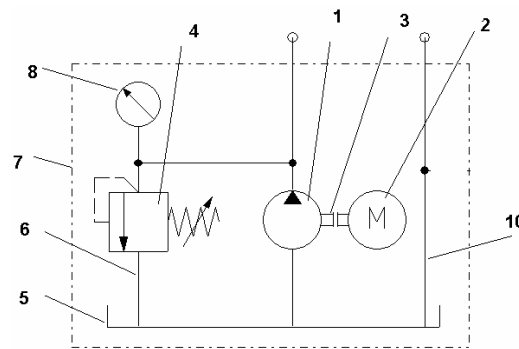


### Grupo de accionamiento

Bomba hidráulica (1) y motor eléctrico (2) sobre un eje (3); Válvula limitadora de presión (4) (válvula de seguridad);

Depósito (5); tuberías; (6) debajo del nivel del líquido. Se distingue como unidad por el marco de puntos y trazos (7), el manómetro y la tubería de succión.





## 2.6 Bomba de engranajes

### Objeto

Una bomba hidráulica es un dispositivo tal que recibiendo energía mecánica de una fuente exterior la transforma en una energía de presión transmisible de un lugar a otro de un sistema hidráulico a través de un líquido cuyas moléculas estén sometidas precisamente a esa presión. Las bombas hidráulicas son los elementos encargados de impulsar el aceite o líquido hidráulico, transformando la energía mecánica rotatoria en energía hidráulica.

En la bomba de engranajes, la energía mecánica del motor de accionamiento se transforma en energía hidráulica. La bomba tiene por objeto producir una corriente del líquido (un flujo de impulsión).

La bomba de engranajes consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento:

- Cuerpo con brida
- Dos ruedas dentadas
- Juntas

Las ruedas dentadas están bien ajustadas axialmente y en su periferia con respecto al cuerpo, con el objeto de mantener las pérdidas por fugas lo más pequeñas posible. La estructura de la bomba de engranajes es sencilla.

### Funcionamiento

La bomba de engranajes funciona según el principio del desplazamiento. La rueda dentada A, impulsada en el sentido de la flecha, arrastra la rueda B con su dentado, haciéndola girar en sentido opuesto.

La cámara S tiene comunicación con el depósito. Al girar las ruedas y separarse los dientes quedan vacíos los entredientes (cámaras de los dientes). Por la depresión originada, se aspira líquido del depósito. Este líquido llena las cámaras de los dientes. Estas transportan el líquido a lo largo de las paredes del cuerpo hasta la cámara P.

Los dientes engranados impelen el líquido de sus cámaras al espacio P y evitan que regrese de ésta a la S. Como consecuencia, el líquido enviado a la cámara P ha de salir forzosamente de la cámara del cuerpo, para dirigirse hacia el consumidor. Como en una revolución de la rueda, la cantidad de cámaras que transportan el líquido (desplazándolo) es una determinada, el volumen de líquido impulsado por

revolución es constante. Se denomina volumen de extracción  $V$  (centímetros cúbicos por revolución;  $\text{cm}^3/\text{rev}$ ). El caudal  $Q$  en  $\text{Lt}/\text{min}$  resulta del volumen de extracción  $V$  multiplicado por el número de revoluciones ( $n$ ) por minuto.

En los entredientes entre las cámaras de aspiración y de presión se encuentra líquido aplastado. Este se conduce a la cámara de presión por una ranura practicada en la cara frontal del cuerpo.

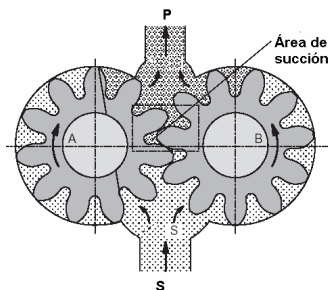
$$Q = v * n \quad \text{en Lt/min}$$

**Actividad:** Observar detenidamente de FESTO Hydraulics “AVSEQ08 BOMBA, VLP Y FILTRO”

### Aplicación

Se utiliza para producir una corriente de líquido en instalaciones hidráulicas y para producir una corriente de lubricación.

Bomba hidráulica con un solo sentido de impulsión.



Bomba de engranajes

### Clasificación de las bombas hidráulicas

Las bombas hidráulica redesplazamiento positivo se clasifican según el caudal:

- Bombas de caudal constante (cilindrada constante)
- Bombas de caudal variable (cilindrada variable)

Las bombas hidráulicas de desplazamiento positivo se clasifican según su construcción:

- Bombas de engranajes (Externos, internos, de lóbulos etc.)
- Bomba de paletas (Desequilibradas y equilibradas).
- Bomba de pistones (Axiales y radiales).

### Cilindrada:

Se refiere al volumen de aceite que la bomba puede entregar en cada revolución, para una bomba de engranajes externos

$$v = \frac{\pi * (D^2 - d^2) * l}{4} \quad \text{en cm}^3/\text{rev}$$

Donde:

$D$  = Diámetro mayor del engranaje

$d$  = Diámetro menor del engranaje

$l$  = Ancho del engranaje

### Caudal Teórico:

Es el caudal que de acuerdo al diseño, debiera entregar la bomba (caudal Ideal)

$$Q_T = V * n$$

Donde:

V = Cilindrada ( desplazamiento) (cm<sup>3</sup>/rev)

n = velocidad angular (rev/min) es decir en RPM

### Rendimiento volumétrico:

$$\eta_V = \frac{Q_R}{Q_T} * 100$$

Donde:

Q<sub>R</sub> = Caudal Real

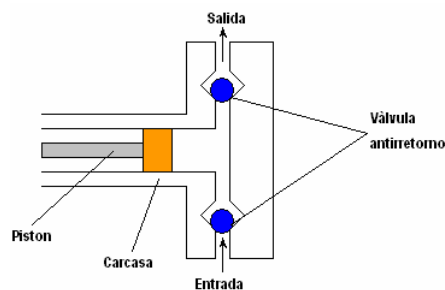
Q<sub>T</sub> = Caudal Teórico

#### 2.6.1 Bombas de desplazamiento positivo:

Gracias al movimiento cíclico constante de su parte móvil, una bomba de desplazamiento positivo es capaz de entregar un caudal constante de líquido y soportar (dentro de sus límites) cualquier presión que se requiera.

En otras palabras, una bomba de desplazamiento positivo genera caudal, pero a alta presión.

Una bomba de desplazamiento positivo consiste básicamente de una parte móvil alojada dentro de una carcasa. La bomba mostrada en la figura tiene un émbolo como parte móvil. El eje del émbolo está conectado a una máquina de potencia motriz capaz de producir un movimiento alternativo constante del émbolo. El puerto de entrada está conectado al depósito, en los puertos de entrada y salida, una bola permite que el líquido fluya en un solo sentido a través de la carcasa. Estas bombas las constituyen las del tipo oleohidráulico, es decir, bombas que además de generar el caudal, lo desplazan al sistema obligándolo a trabajar, este fenómeno se mantiene aún a elevadas presiones de funcionamiento. Pistón



Las bombas pueden clasificarse además dependiendo de la forma en que se desplaza la parte móvil de éstas; si el desplazamiento es rectilíneo y alternado, entonces se llamarán oscilantes, y si el elemento móvil gira se llamarán rotativas.

Se dice que una bomba es de desplazamiento no positivo cuando su órgano propulsor no contiene elementos móviles; es decir, que es de una sola pieza, o de varias ensambladas en una sola.

A este caso pertenecen las bombas centrífugas, cuyo elemento propulsor es el rodete giratorio. En este tipo de bombas, se transforma la energía mecánica recibida en energía hidro-cinética imprimiendo a las partículas cambios en la proyección de sus trayectorias y en la dirección de sus velocidades. Es muy importante en este tipo de bombas que la descarga de las mismas no tenga contrapresión pues si la hubiera, dado que la misma regula la descarga, en el caso límite que la descarga de la bomba estuviera totalmente cerrada, la misma seguiría en movimiento NO generando caudal alguno trabajando no obstante a plena carga con el máximo consumo de fuerza motriz.

Por las características señaladas, en los sistemas hidráulicos de transmisión hidrostática de potencia hidráulica, NUNCA se emplean bombas de desplazamiento NO positivo.

Se dice que una bomba es de desplazamiento positivo, cuando su órgano propulsor contiene elementos móviles de modo tal que por cada revolución se genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, independientemente de la contrapresión a la salida. En este tipo de bombas la energía mecánica recibida se transforma directamente en energía de presión que se transmite hidrostáticamente en el sistema hidráulico.

En las bombas de desplazamiento positivo siempre debe permanecer la descarga abierta, pues a medida que la misma se obstruya, aumenta la presión en el circuito hasta alcanzar valores que pueden ocasionar la rotura de la bomba; por tal causal siempre se debe colocar inmediatamente a la salida de la bomba una válvula de alivio o de seguridad con una descarga a tanque y con registro de presión.

## 2.7 Válvula limitadora de presión

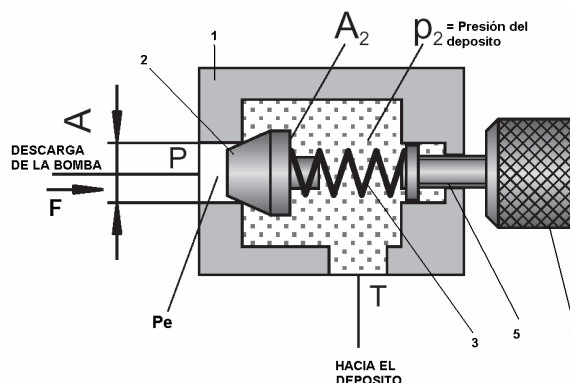
La válvula limitadora de presión sirve:

- para limitar la presión de trabajo a un determinado valor ajustable
- para ajustar la presión máxima en el sistema hidráulico
- para proteger la instalación de una carga excesiva por demasiada presión

### Construcción

La válvula limitadora de presión consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento

- (1) Cuerpo, (2) Cono, (3) Muelle de compresión, (4) Tornillo de ajuste, (5) tuerca



## Funcionamiento

En la posición inicial, el cono es empujado por el muelle de compresión contra la abertura del taladro. El líquido que entra con la presión  $P_e$  actúa sobre el cono.

Sobre dicha superficie actúa una fuerza

$$F = P_e * A$$

Siendo  $P_e$  = presión delante del cono en Kpa y  $A$  = superficie circular del cono en  $\text{cm}^2$

La fuerza del muelle que actúa sobre el cono puede ajustarse por medio del tornillo de ajuste y del muelle de compresión. Al sobrepasar la fuerza  $F$  lentamente la fuerza del muelle ajustada (presión de apertura), el cono se levanta de su asiento. Por el intersticio anular producido, el líquido sale sin presión en dirección hacia el depósito.

Al aumentar repentinamente la presión, en la abertura de entrada, por la inercia del cono y del muelle se producen puntas de presión que sobrepasan el valor máximo admisible.

En la válvula limitadora de presión, de mando directo, también hay que tener en cuenta que la presión del sistema varía independientemente de la presión máxima ajustada junto con el caudal que sale.

## Aplicación

En todos los sistemas hidráulicos hay que montar una válvula limitadora de presión de la bomba con el objeto de evitar accidentes y daños por una presión excesiva.

Las válvulas limitadoras de presión cerradas por muelles se utilizan para ajustar la presión de trabajo y limitar la presión de servicio o como válvulas de seguridad para finalidades secundarias. Esta ejecución sencilla es económica y dentro de grandes límites insensible a líquidos sucios sometidos a presión. Para caudales grandes se emplean válvulas limitadoras de presión con mando indirecto (servopilotadas).

## Representación mediante símbolos

Para representar las válvulas en esquemas de circuitos se emplean símbolos. Estos símbolos muestran solamente las funciones de las válvulas, pero no los distintos tipos de construcción.

Los símbolos están normalizados según ISO 1219. Las válvulas durante su funcionamiento pueden ocupar dos a más posiciones finales fijas o pueden ocupar posiciones intermedias conforme al valor de ajuste de una variable (aquí presión), clasificándose estas como válvulas sin posiciones de conmutación fija. La válvula limitadora de presión es una válvula de este tipo.

Las válvulas se representan por medio de cuadrados.



Dentro de los cuadrados los conductos se representan mediante líneas y las direcciones de flujo mediante puntas de flechas.

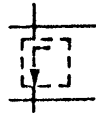


Si al conmutar la posición se une la entrada (1) o la salida (2) con un empalme, la línea de la flecha recibe en este extremo una línea transversal que se entiende unida a la flecha al

desplazar el cuadrado.

Las válvulas se deben representar en la posición de reposo. Por posición de reposo se entiende la posición en que las piezas móviles ocupan una posición determinada si no se acciona la válvula. En válvulas con dispositivo de reposición (p, ej mediante muelle) la posición de reposo corresponde al cuadrado que tiene a su lado el muelle.

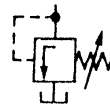
El cambio de posición hay que imaginarlo esquemáticamente con un desplazamiento del cuadrado con todas sus líneas y flechas hasta los empalmes. Para facilitar la comprensión se representa aquí la posición final.



La válvula es accionada por presión hidráulica. Simbólicamente se representa con una línea de pilotaje 2 que actúa en sentido opuesto al de la presión del muelle de reposición 1.



Símbolo según ISO 1219 Válvula limitadora de presión



Válvula para limitar la presión en la entrada; se abre venciendo la fuerza del muelle recuperador.

La flecha diagonal significa que la fuerza del muelle puede regularse.

**Actividad:** Observar detenidamente de FESTO Hydraulics "AVSEQ08 BOMBA, VLP Y FILTRO"

**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics "AVSEQ13 VLP Y VRP"

## **Práctica N° 1 Banco de Pruebas Hidráulico**

### **Ajuste de la válvula limitadora de presión, de accionamiento directo**

#### **Problema:**

Establecer un sistema hidráulico conforme al esquema de circuito siguiente.

Las mediciones han de mostrar las propiedades de la válvula limitadora de presión.

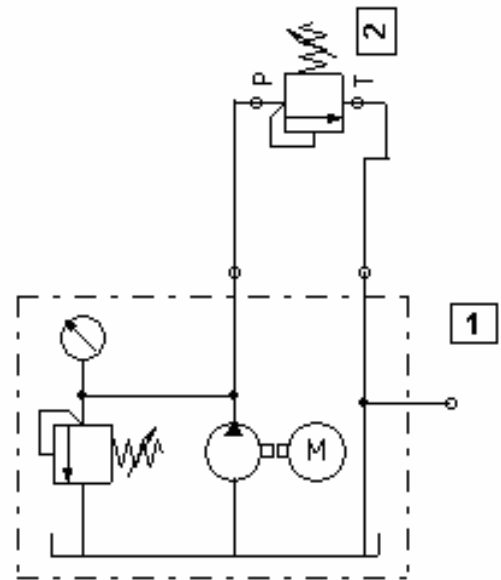
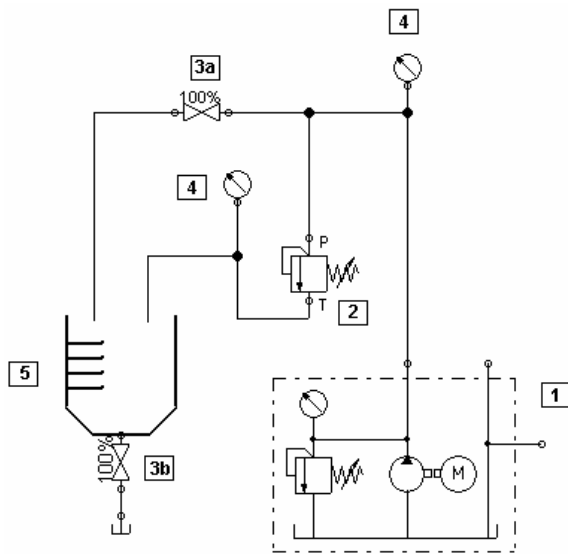
#### **Fases de trabajo**

- Preparar el material didáctico (válvulas, mangueras, uniones, etc.)
- Colocar los elementos según el esquema de circuito
- Pedir al profesor que examine el circuito
- Analizar el ejercicio y verificar el comportamiento del componente hidráulico.
- Desmontar el circuito y evaluar el ejercicio

## Esquema de circuito I

y

## II (Banco FESTO)



### Nota

Para ajustar la presión máxima en el sistema, todos los elementos hidráulicos deben estar cerrados, a fin de que todo el caudal de extracción pueda evacuar por la válvula limitadora de presión y pueda ajustarse así la presión máxima.

### Material didáctico

(1) Grupo de accionamiento ,(2) Válvula limitadora de la presión ,(3) 2 válvulas de cierre ,(4) 2 manómetros ,(5) Depósito de medición ,(6) Tuberías rígidas con racores y Herramientas ,(7) Hoja de protocolo ,(8) Examen de conocimientos

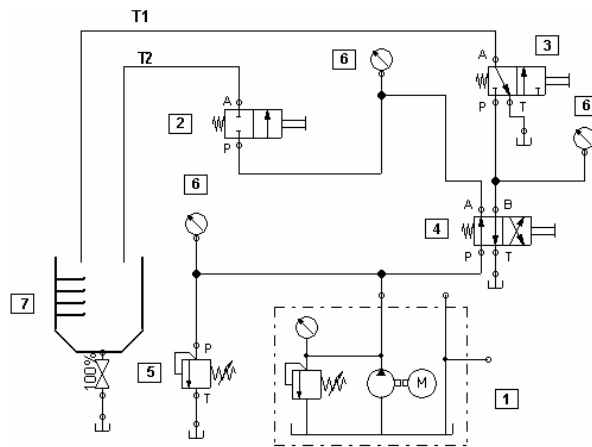
### Seguridad en el trabajo

Conectar el grupo de accionamiento únicamente si lo indica el profesor. Cuidar de estar firmemente parado y no derrame aceite. No trabaje con las manos manchadas de aceite (peligro de resbalar). Efectuar la localización de averías, el armado y el desarmado únicamente cuando la instalación esté sin presión. No hacer funcionar el sistema hidráulico sin válvula limitadora de presión. Hay que montarla directamente después del grupo de accionamiento.

## 2.8 Válvulas distribuidoras

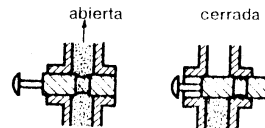
Las válvulas distribuidoras gobiernan los conductos de la corriente del líquido en determinadas direcciones.

Como lo muestra el sistema hidráulico del esquema siguiente, las válvulas de vías o distribuidoras solo cumplen la función de gobernar la corriente de líquido. Manipulando las válvulas distribuidoras se puede llevar el aceite al depósito 7 ya sea por la tubería T1 o por la tubería T2.



**Posiciones de conmutación según ISO 1219** Para representar las válvulas en los esquemas de circuito se utilizan símbolos. Estos muestran solamente las funciones de las válvulas, pero NO los distintos tipos de construcción.

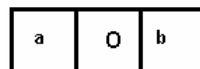
Las piezas móviles de las válvulas pueden ocupar diversas posiciones de conmutación por ejemplo, abierta – cerrada.



Cada posición de conmutación se representa mediante un cuadrado



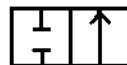
Las posiciones de conmutación pueden señalarse con letras. La representación muestra una válvula de tres posiciones de conmutación (a-O-b). La posición media está señalada con la O.



Dentro de los cuadrados, los conductos se representan mediante líneas, y las direcciones de flujo, mediante puntas de flechas.



Los cierres se señalan mediante líneas transversales dentro de los cuadrados. .



Los empalmes se marcan en el cuadrado de la «posición de reposo».



Los empalmes pilotados pueden señalarse con letras mayúsculas:

Conductos de trabajo y de alimentación hacia los cilindros A, B, C

Entrada, presión

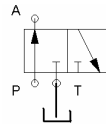
P

Escape, salida

R. S. T

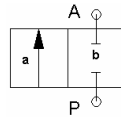


El escape y la corriente de retorno a los depósitos se señalan acoplando el símbolo del depósito.

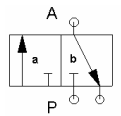


Ejemplos de empalmes pilotados (empalmes principales)

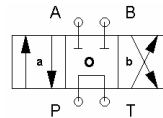
2 empalmes pilotados dos empalmes principales



3 empalmes pilotados - tres empalmes principales



4 empalmes pilotados cuatro empalmes principales



El líquido de fuga se evacua, por la tubería de fuga. Para simplificar la representación, ésta ya no se dibuja en los símbolos ni en los esquemas de circuito.

Los empalmes de fuga y de los conductos de pilotaje no son empalmes principales.

La conmutación se efectúa desplazando los cuadrados, hasta que los empalmes coincidan con las líneas del otro cuadrado (los empalmes no varían).

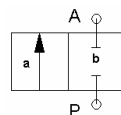


Las válvulas distribuidoras van acompañadas de cifras. La primera indica el número de empalmes (conductos) y la segunda, el número de las posiciones de conmutación. Las dos cifras se separan por medio de una barra oblicua.

### Ejemplos:

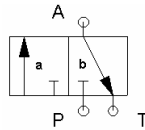
La válvula más sencilla: válvula de cierre 2 empalmes

2 posiciones de conmutación (cuadrados) se obtiene una válvula distribuidora 2/2 (Se habla de una válvula distribuidora dos - dos).

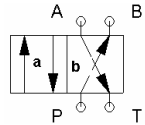


3 empalmes y 2 posiciones de conmutación (cuadrados) se obtiene una válvula

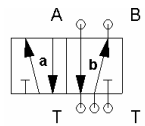
distribuidora 3/2. (Se habla de una válvula distribuidora tres - dos)



4 empalmes y 2 posiciones de conmutación (cuadrados) se obtiene una válvula distribuidora 4/2. (Se habla de una válvula distribuidora cuatro - dos)



5 empalmes y 2 posiciones de conmutación (cuadrados) se obtiene una válvula distribuidora 5/2. (Se habla de una válvula distribuidora cinco - dos). Poco usada en hidráulica.



### Tipos de accionamiento

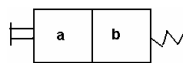
El accionamiento de una válvula es el medio físico usado para conmutarla y se representa también mediante un símbolo. Puede ser por pulsador, rodillo, eléctrico, pedal, etc.

Estos elementos de accionamiento se aplican lateralmente a los cuadrados de los símbolos de las posiciones de conmutación.

**Actividad:** Observar detenidamente de FESTO Hydraulics “AVSEQ10 REGULACIÓN Y ACCIONAMIENTOS”

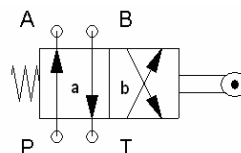
### Posiciones de conmutación

En las válvulas con dispositivo de reposición (p. *Ej.*, mediante muelle), se califica de **posición de reposo** aquella en que las piezas móviles de la válvula se encuentran si no se acciona la válvula. En válvulas de dos posiciones de conmutación con retorno por muelle corresponde a la posición b.

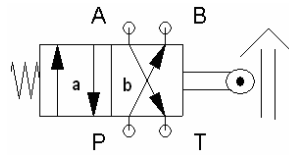


**Posición inicial:** es la posición que toman las piezas *móviles* de una válvula después de montar esta en un equipo. La presión del sistema actúa entonces sobre las piezas móviles de la válvula.

En la válvula a continuación descrita se distingue que la posición de reposo (a) es idéntica a la inicial (a).



La figura siguiente representa la misma válvula anterior solo que en su posición inicial se encuentra accionada y por tanto su posición inicial no es la misma posición de reposo.



En los planos hidráulicos las válvulas de vías deben aparecer en su posición inicial (como están en el montaje de la máquina o equipo).

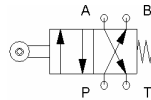
### 2.8.1 Designación completa de las válvulas de vías

La denominación completamente de las válvulas de vías (distribuidoras) debe en general contener los siguientes aspectos:

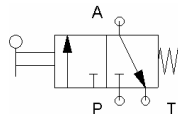
1. Un número fraccionario cuyo numerador indica el número de empalmes o vías y un denominador que indica el número de posiciones de conmutación, ejemplo 2/2, 3/2, 4/3 etc.
2. Si es normalmente abierta o normalmente cerrada. (si es el caso)
3. El tipo de accionamiento. Ejemplo, rodillo, eléctrico, pedal, palanca etc.
4. Si tiene retorno o centrado por resorte.
5. en caso de una válvula 4/3 indicar el tipo de centro, ejemplo, tandem, cerrado, abierto etc.

A continuación se presentan ejemplo de designación de algunas válvulas distribuidoras.

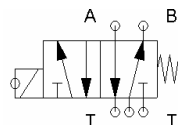
- Válvula 4/2 flujo cruzado en posición de reposo, accionamiento por rodillo y retorno por muelle.



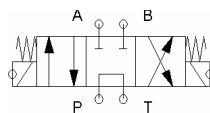
- Válvula 3/2 normalmente cerrada (NC), accionamiento por palanca y retorno por muelle.



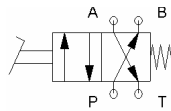
- Válvula 5/2 (monoestable) accionamiento eléctrico y retorno por muelle.



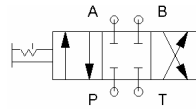
- Válvula 4/3 centro tandem con doble accionamiento eléctrico y centrado por resortes.



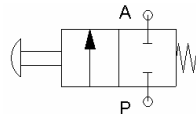
- Válvula 4/2 flujo cruzado en posición de reposo accionamiento por palanca y retorno por muelle.



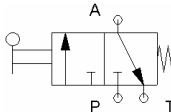
- Válvula 4/3 centro cerrado, accionamiento por enclavamiento mecánico (clavija).



- Válvula 2/2 normalmente cerrada (NC), accionamiento por pulsador y retorno por muelle.



- Válvula 3/2 normalmente cerrada (NC), accionamiento por palanca y retorno por muelle.



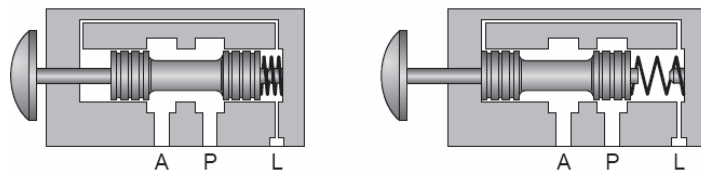
**Actividad:** Observar detenidamente de FESTO Hydraulics “AVSEQ11 VÁLVULAS DE VIAS”

### 2.8.2 Válvula distribuidora 2/2

Las válvulas distribuidoras 2/2 gobiernan el paso de la corriente de líquido, bloqueando o abriendo el paso.

#### Construcción

La válvula distribuidora 2/2 consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: Cuerpo, émbolo de mando, muelle de compresión y empaques.

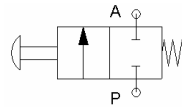


#### Funcionamiento

El émbolo de mando de la válvula distribuidora 2/2 (dos empalmes, dos posiciones de conmutación) en la posición de reposo bloquea el paso de P-A. Al accionar la palanca, el émbolo de mando abre el paso de P-A. Al soltar la palanca de accionamiento, el muelle de compresión conmuta la válvula de nuevo a la posición de reposo (se bloquea la entrada P) El líquido de fuga se evacua por una tubería de fuga.

**Aplicación** Se emplea para abrir y cerrar conductos

**Símbolo** según ISO 1219 Válvula distribuidora 2/2 (NC) en posición de reposo, accionada por pulsador y reposición por resorte.



### 2.8.3 Válvula distribuidora 3/2

#### Objeto

Las válvulas distribuidoras 3/2 deben gobernar el paso de la corriente del líquido, de modo que permitan la circulación en una dirección y corten al mismo tiempo el paso en la otra dirección.

#### Construcción

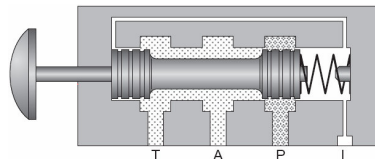
La válvula distribuidora 3/2 consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: Cuerpo, embolo de mando, muelle de compresión y juntas.

#### Funcionamiento

El émbolo de mando de la válvula distribuidora 3/2 (3 empalmes, 2 posiciones de conmutación) cierra en posición de reposo la entrada P y abre el paso para el retorno A a T. Al accionar la palanca, uno de los bordes de reglaje cierra primeramente la salida T y el otro abre luego el paso de P a A.

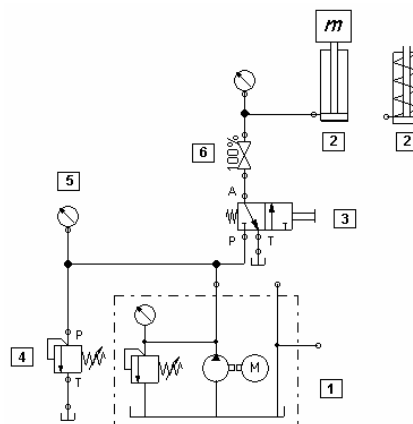
Al soltar la palanca de accionamiento, el muelle empuja de nuevo el émbolo de mando a la posición de reposo se cierra nuevamente la entrada P y, al mismo tiempo, se abre el paso para el retorno de A a T.

El líquido de fuga se evacua por las tuberías de fuga.



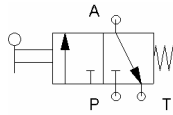
#### Aplicación

Las válvulas distribuidoras 3/2 se utilizan para mandar cilindros de simple efecto (véase el ejercicio: Cilindro de simple efecto).



**Símbolo** según ISO 1219  
Válvula distribuidora 3/2 (NC) en posición de reposo (paso de P a A, cerrado)

Válvula distribuidora 3/2 (NC) en posición de reposo (paso de P a A, cerrado)



## 2.8.4 Válvula distribuidora 4/2

### Objeto

Las válvulas distribuidoras 4/2 deben gobernar el paso de la corriente de líquido permitiendo la circulación en ambas direcciones.

### Construcción

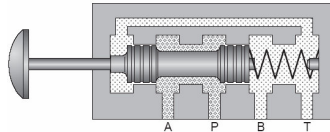
La válvula distribuidora 4/2 consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: Cuerpo, embolo de mando, muelle de compresión y juntas.

### Funcionamiento

El émbolo de mando de la válvula distribuidora 4/2 (4 empalmes, 2 posiciones de conmutación) en posición de reposo abre el paso P a A y de B a T.

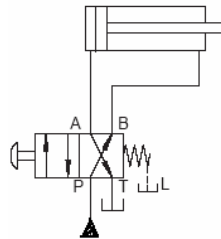
Al accionar la palanca, se abre el paso de P a B y de A a T, la corriente de líquido proveniente de A pasa a T por un conducto existente en la válvula.

Al soltar la palanca de accionamiento, el muelle de compresión conmuta de nuevo la válvula a la posición de reposo.



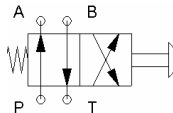
### Aplicación

La válvula distribuidora 4/2 se emplea para mandar cilindros de doble efecto: para sujetar, aflojar, adelantar y retroceder piezas.



**Símbolo** según ISO 1219  
retorno por muelle

Válvula distribuidora 4/2 accionada por pulsador,  
retorno por muelle



## 2.8.5 Válvula distribuidora 4/3

### Objeto

Las válvulas distribuidoras 4/3 deben gobernar el flujo de caudal cuando se emplean cilindros de doble efecto. Dependiendo del tipo de centro es posible maniobrar de diversas formas un cilindro o motor hidráulico.

## Construcción

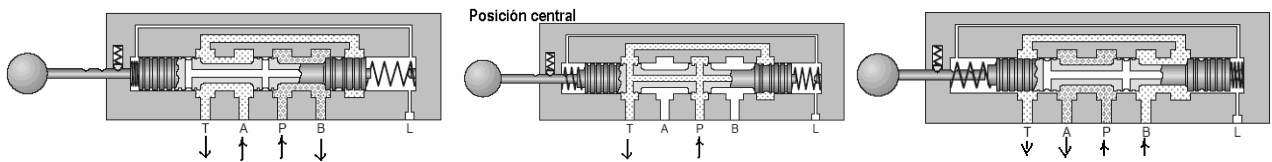
La válvula distribuidora 4/3 consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: Cuerpo, embolo de mando, muescas de enclavamiento y juntas.

## Funcionamiento

El émbolo de mando de la válvula distribuidora 4/3 (4 empalmes, 3 posiciones de conmutación) estando en posición media de circunvalación deja pasar el líquido de P a T y cierra el paso de A y de B.

Al accionar la palanca hacia fuera, se abre el paso de P a B y de A a T, La corriente de líquido proveniente de A pasa a T por un conducto existente en la válvula.

Al soltar la palanca de accionamiento, el muelle de compresión conmuta de nuevo la válvula a la posición de reposo.



## Aplicación

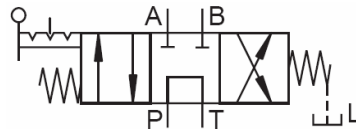
La válvula distribuidora 4/3 se emplea para mandar cilindros de doble efecto o motores hidráulicos: para sujetar, aflojar, adelantar y retroceder piezas.

Tiene también las siguientes ventajas dependiendo el tipo de centro que tenga:

- En la posición media de circunvalación tandem), el caudal puede fluir sin ningún obstáculo, es decir, sin calentarse, hasta el depósito.
- Con el centro cerrado, el embolo de trabajo puede detenerse en cualquier posición, aunque actúen sobre el fuerzas externas.

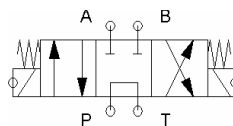
**Símbolo** según ISO 1219  
accionamiento por enclavamiento.

Válvula distribuidora 4/3 centro tandem,



### 2.8.6 Válvulas de cuatro vías, tres posiciones: tipos de centros constructivos

Este es el tipo más popular y más conocido de válvulas de cuatro vías, aquí, la corredera, aparte de tener dos posiciones extremas, también puede permanecer detenida en el centro mismo del cuerpo de la válvula, mediante un sistema de centrado por resorte o retención de bolilla u otro medio de retención mecánica.



Símbolo gráfico completo de una válvula de cuatro vías tres posiciones, accionada a doble solenoide y centrada por medio de resortes.

En este tipo de válvula, cuando la misma NO ESTA ACCIONADA, la corredera se encuentra situada en su posición central. Al actuarse sobre la válvula el mando correspondiente a un extremo y al otro, la corredera se deslizará en un sentido o en el otro.

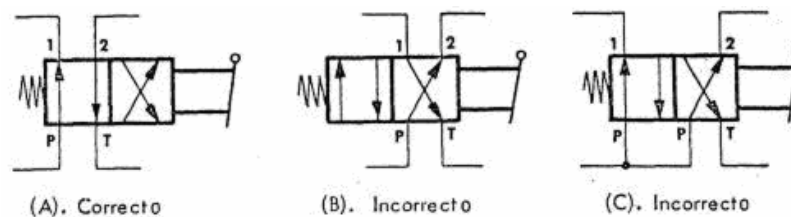
Es necesario destacar que el sistema de conexionado de las bocas o "puertas" de la válvula de cuatro vías en, el cuerpo de la misma es SIEMPRE EL MISMO cualquiera sea el fabricante que la manufactura, las puertas vienen marcadas SIEMPRE P, T, A y B. El símbolo de esta válvula es esencialmente idéntico al símbolo de una válvula de cuatro vías, dos posiciones con la salvedad que se ha adicionado un tercer cuadrado entre los otros dos, y por tal razón al encontrarse en una posición central simboliza la posición central de la corredera, que es la TERCERA posición.

Además, el símbolo se completa adicionando en ambos extremos los rectángulos correspondientes para señalar que tipo de accionamiento se emplea para gobernar la válvula, de acuerdo a lo visto anteriormente.

Es conveniente llamar la atención sobre algunos pequeños detalles con referencia a la mejor manera de atender a la simbología de la representación esquemática de las válvulas de distribución de dos y tres posiciones, en relación con tanto en las válvulas de CUATRO VÍAS.

1) Todas las conexiones de un bloque hacia el circuito externo deberá ser hecha de manera que solamente uno de ellos esté conectado al circuito, como se ve en la Fig. A. Es incorrecto dibujar algunas de las líneas a un bloque y otras en el otro, como se indica en la Fig. C.

Es incorrecto conectar las líneas hidráulicas a un bloque que no corresponde a la posición de reposo, como se indica en la Fig. B.

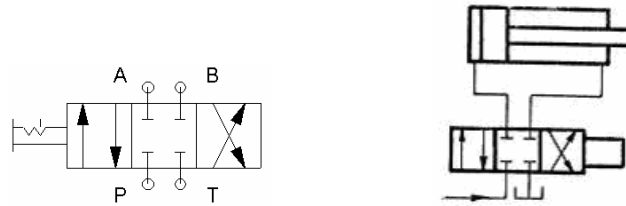


2) Se observará que un bloque de flechas, que indican los conexionados internos de la válvula son dos rectas paralelas, ese bloque indica el conexionado de la válvula NO ACTUADA o si es de solenoide, con el mismo DESENERGIZADO. Por tal razón, el otro bloque muestra las flechas cruzadas y representa las conexiones internas de la válvula cuando la misma ha sido energizada o está actuada. Esto es absolutamente valido tanto para las válvulas de tres y cuatro vías, que sean de DOS POSICIONES,

3) Cuando se trata de una válvula de cuatro vías, tres posiciones, o sea que tiene la corredera deslizante una posición central, que corresponde a la válvula NO ACTUADA, el bloque central muestra el conexionado interno del cuerpo de la válvula. ESTE CONEXIONADO ES FUNCIÓN DEL TIPO DE CORREDERA, y sobre este asunto volveremos más adelante.



- 4) En una válvula de dos posiciones las líneas de conexión deberán ir al bloque más alejado del accionamiento, para mostrar la condición que no ESTA ACTUADA, El uso correcto está dibujado en la Fig. A, mientras que la incorrecto se muestra en la Fig. B Y C.
- 5) La válvula puede dibujarse con las conexiones de línea cuando la misma se encuentra actuada, PERO SOLAMENTE EN CASO QUE HAYA UNA CONDICIÓN ESPECIAL PARA ELLO.

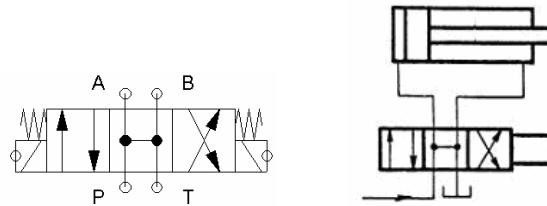


Centro cerrado

La figura corresponde al símbolo completo de una válvula de cuatro vías, tres posiciones, y en el corte esquemático de la válvula, la corredera o husillo dibujado por su geometría, cuando se encuentra en la posición central clausura completamente las cuatro puertas de la válvula o sea P, T, A y B, bloqueándolas completamente unas a otras.

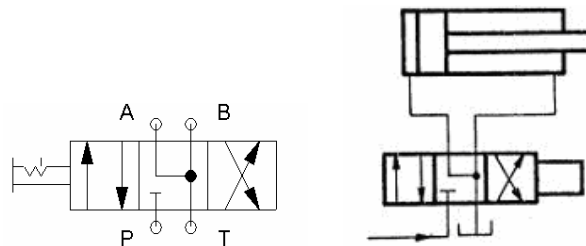
Esta válvula se llama de CENTRO CERRADO (Closed Center).

En cambio en la figura otro tipo muy popular de válvula es la de CENTRO ABIERTO (Open Center) en la cual cuando la corredera se encuentra detenida en su posición central, intercomunica todas las puertas de la válvula, y permite así descargar no solamente ambas caras A y B del pistón al tanque, SINO QUE PERMITE LA DESCARGA LIBRE DE LA BOMBA al tanque, mientras la válvula se encuentra NO ACTUADA.



Centro abierto

En cambio, si al encontrarse la corredera en posición central permite la intercomunicación de ambas caras del pistón A y B con la descarga al tanque T, pero mantiene cerrada la presión de la bomba, la válvula se llama CENTRO FLOTANTE (Floating Center).



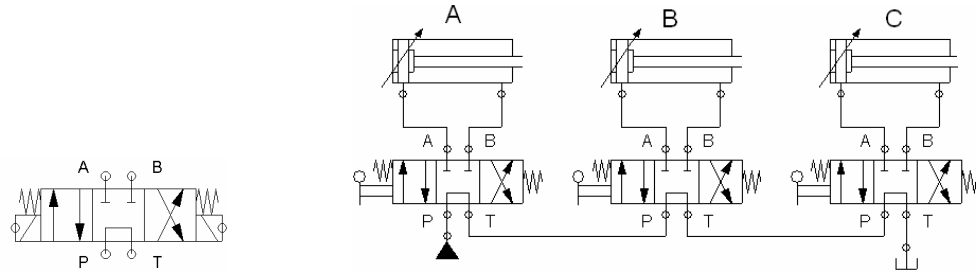
Centro flotante

Esto es debido a que cuando la válvula se encuentra NO ACTUADA en su posición central, ambas caras del pistón, como ya se dijo están descargadas al tanque y, si la fricción de la empaquetadura no lo impide, el pistón se puede desplazar manualmente o

accionando los órganos de movimiento de tal cilindro accionando la máquina donde el está montado .

En todas las válvulas de cuatro vías y tres posiciones vistas hasta ahora, sean Centro Cerrado, Centro Abierto y Centro Flotante, la corredera es maciza, sin ninguna clase de hueco interior. En cambio, en la válvula que a continuación veremos la corredera es interiormente HUECA.

En esta válvula, cuando la misma NO se encuentra actuada, la corredera bloquea las conexiones al cilindro A y B, pero permite que la bomba descargue libremente al tanque



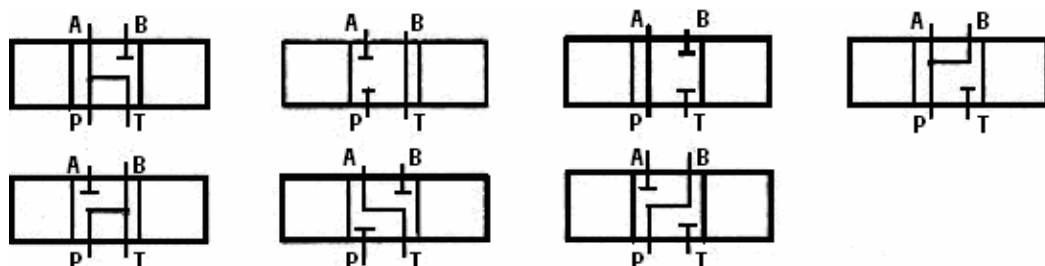
Centro tandem o en circunvalación

Esta particularidad permite conectar una serie de estas válvulas formando un paquete, donde las válvulas van formando una serie de tandem. Las válvulas así agrupadas se conectan de tal manera que la descarga a tanque de la presión de la primera válvula va conectada a la entrada de presión de la segunda válvula, y así sucesivamente.

Esta agrupación " serie" de válvulas tandem permite accionar un grupo de cilindros hidráulicos cada uno de los cuales comanda una maniobra determinada en una cierta máquina una moto niveladora, por ejemplo de modo tal que el manejo se realice operando una sola válvula por vez que acciona su cilindro correspondiente mientras que los otros permanecen sin actuar

En tales condiciones, todas las válvulas aguas arriba de la válvula que se está cerrando, están abiertas, y dejan pasar libremente la presión hasta la entrada correspondiente de la válvula operada aguas abajo de la misma, en cambio, no hay entrada de presión para ninguna válvula posterior, toda vez que la presión esta impedida de continuar a partir de la válvula cerrada hacia las posteriores. CUANDO TODAS LAS VÁLVULAS ESTA INACTIVAS o sea, cuando todas las correderas están centradas, la bomba descarga libremente todo su caudal a través de todo el tandem de la válvula hacia el tanque.

Muchas otras configuraciones de corredera con algunas veces usadas en circuitería hidráulica. Válvulas con diferentes conexiones en una posición central son a continuación mostradas. Todas ellas son de cuatro vías tres posiciones, y solamente se han dibujado las conexiones correspondientes al bloque central cuando la corredera está detenida en su posición "neutral".



Tipos de centros para válvulas 4/3

## Práctica N° 2 Banco de Pruebas Hidráulico

### Accionamiento manual y regulación de la velocidad de un cilindro de doble efecto con válvula 4/2

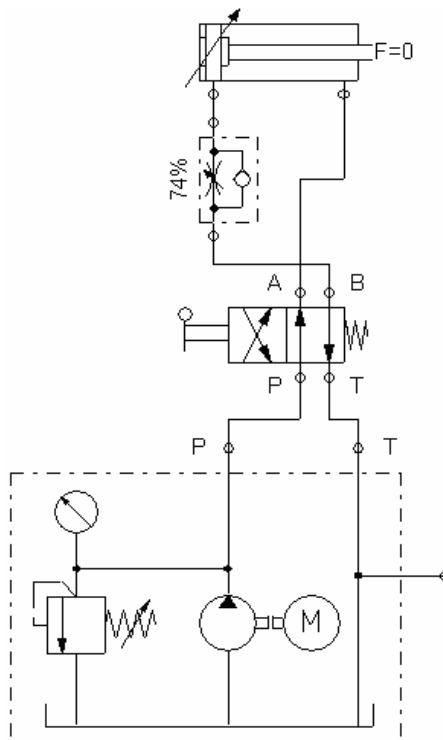
#### Problema:

Establecer un sistema hidráulico conforme al esquema de circuito siguiente. Al accionar la válvula distribuidora 4/2, debe salir el vástago del cilindro de doble efecto; al dejar de accionarla, debe volver a entrar.

#### Fases de trabajo

- Preparar el material didáctico (válvulas, mangueras, uniones, etc.)
- Colocar los elementos según el esquema de circuito
- Pedir al profesor que examine el circuito
- Analizar el ejercicio y verificar el comportamiento del componente hidráulico.
- Desmontar el circuito y evaluar el ejercicio

#### Esquema de circuito



#### Nota

Para ajustar la presión máxima en el sistema, todos los elementos hidráulicos deben estar cerrados, a fin de que todo el caudal de extracción pueda evacuar por la válvula limitadora de presión y pueda ajustarse así la presión máxima.

## **Material didáctico**

Grupo de accionamiento; válvula limitadora de la presión; manómetro; válvula distribuidora 4/3; tuberías flexibles y herramientas; examen de conocimientos.

## **Seguridad en el trabajo**

Conectar el grupo de accionamiento únicamente si lo indica el profesor. Cuidar de estar firmemente parado y no derrame aceite. No trabaje con las manos manchadas de aceite (peligro de resbalar). Efectuar la localización de averías, el armado y el desarmado únicamente cuando la instalación esté sin presión. No hacer funcionar el sistema hidráulico sin válvula limitadora de presión. Hay que montarla directamente después del grupo de accionamiento.

## **Práctica N° 3 Banco de Pruebas Hidráulico**

**Accionamiento manual y regulación de la velocidad de un cilindro de doble efecto con válvula 4/3 con posición media de circunvalación (tandem) o con (centro cerrado)**

### **Problema:**

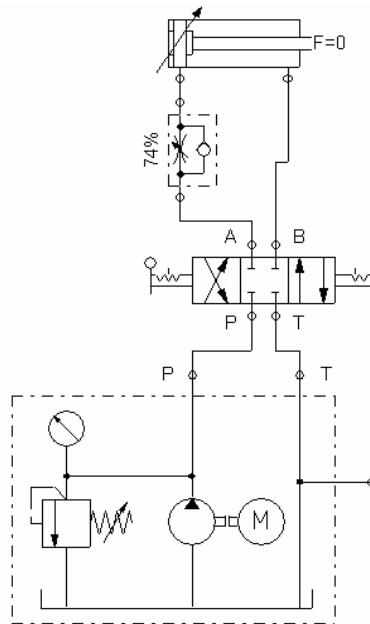
Establecer un sistema hidráulico conforme al esquema de circuito siguiente.

Al accionar la válvula distribuidora 4/2, debe salir el vástago del cilindro de doble efecto; al dejar de accionarla, quedarse el cilindro en cualquier posición intermedia.

### **Fases de trabajo**

- Preparar el material didáctico (válvulas, mangueras, uniones, etc.)
- Colocar los elementos según el esquema de circuito
- Pedir al profesor que examine el circuito
- Analizar el ejercicio y verificar el comportamiento del componente hidráulico.
- Desmontar el circuito y evaluar el ejercicio

## Esquema de circuito



### Nota

Para ajustar la presión máxima en el sistema, todos los elementos hidráulicos deben estar cerrados, a fin de que todo el caudal pueda evacuarse por la válvula limitadora de presión y pueda ajustarse así la presión máxima.

### Material didáctico

Grupo de accionamiento; válvula limitadora de la presión; válvula distribuidora 4/3; manómetro; tuberías flexibles y herramientas; examen de conocimientos

### Seguridad en el trabajo

Conectar el grupo de accionamiento únicamente si lo indica el profesor. Cuidar de estar firmemente parado y no derrame aceite. No trabaje con las manos manchadas de aceite (peligro de resbalar). Efectuar la localización de averías, el armado y el desarmado únicamente cuando la instalación esté sin presión. No hacer funcionar el sistema hidráulico sin válvula limitadora de presión. Hay que montarla directamente después del grupo de accionamiento.

## 2.9 Válvula antirretorno

### Objeto

La válvula antirretorno debe cerrar el paso del líquido a presión en un sentido y dejarlo pasar en el otro.

### Aplicación

Permite el paso del líquido en un sentido y bloquea en sentido contrario.

Se emplea para evitar el retorno del líquido del sistema hidráulico a la bomba hidráulica.

Evita que se «vacíen» las tuberías rígidas y los tubos flexibles (acoplamientos rápidos).

## Construcción

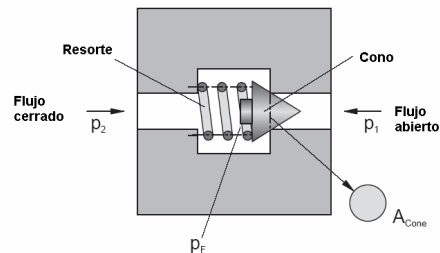
La válvula antirretorno consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: Cuerpo, cono y muelle de compresión

## Funcionamiento

Al actuar la presión  $P_{e1}$  sobre el cono, éste se levanta de su asiento y deja pasar el líquido.

La presión  $P_{e1}$  tiene que vencer la fuerza pequeña del muelle de compresión.

Al aplicar una contrapresión, el cono es empujado contra su asiento por la fuerza del muelle y adicionalmente por  $P_{e2}$ . El paso queda cerrado. Si actúan las dos presiones  $P_{e1}$  y  $P_{e2}$ , el líquido pasa cuando  $P_{e1}$  es mayor que la suma de  $P_{e2}$  y la fuerza del muelle.



**Símbolo** según ISO 1219 Válvula antirretorno con contrapresión.

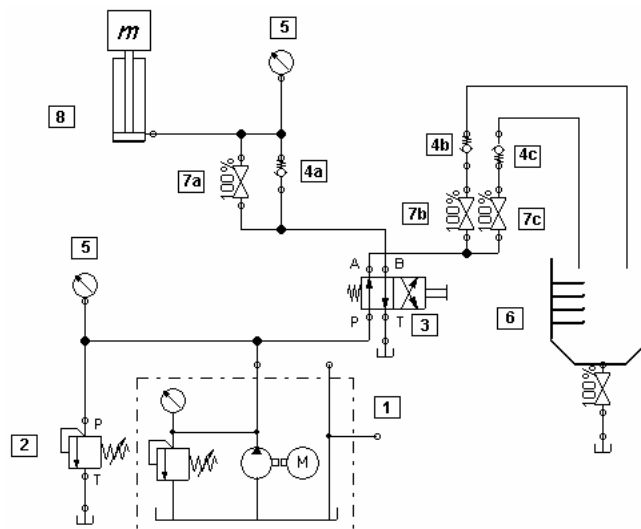


**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics "AVSEQ12 VÁLVULA DE CHEQUE"

## Actividad:

Establecer un sistema hidráulico según el esquema de circuito siguiente. Use el software Fluid Sim H 3.5 para modelarlo.

Ha de determinarse la actuación de las válvulas antirretorno en el sistema hidráulico, discútase sobre el comportamiento del fluido en el circuito hidráulico.



## 2.10 Válvula de estrangulación fija

### Objeto

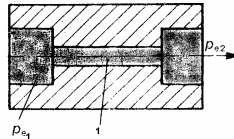
La válvula de estrangulación debe producir una resistencia hidráulica.

### Construcción

La válvula de estrangulación consta del cuerpo con los orificios de empalme y de un estrechamiento constante (taladro del estrangulador).

### Funcionamiento

El líquido que entra por A con la presión  $P_{e1}$  tiene que pasar por el estrechamiento constante (taladro). Por la fricción, este estrechamiento actúa como una resistencia. La energía hidráulica se transforma en energía térmica. Esta pérdida de energía se expresa como caída de presión.



La diferencia entre ambas presiones se denomina  $\Delta P$  (se lee delta P)

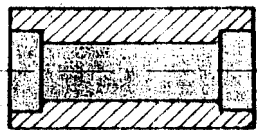
$$\Delta P = P_{e1} - P_{e2}$$

El caudal que pasa por la válvula de estrangulación depende:

- de la sección del estrechamiento
- de la diferencia de presión  $\Delta P$  es decir, de la magnitud de la contrapresión  $P_{e2}$  y de la viscosidad del líquido a presión.

Si hay secciones de diverso tamaño, tiene validez lo siguiente

- sección grande - resistencia pequeña - gran caudal
- sección pequeña - gran resistencia - pequeño caudal



### Aplicación

La válvula de estrangulación se utiliza para modificar de forma sencilla la velocidad, cuando las condiciones de presión son más o menos constantes ( $\Delta P$  constante) y no se necesitan velocidades exactas (prensas, mesas elevadoras etc.).

Además se utiliza con mucha frecuencia para amortiguar choques de presión (por ejemplo, para manómetros).

**Símbolo** según ISO 1219 Válvula de estrangulación fija.



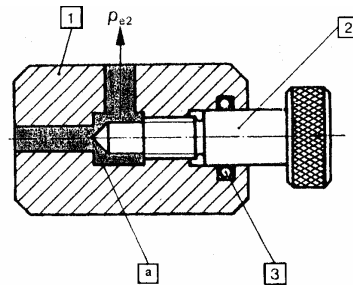
## 2.11 Válvula de estrangulación regulable

### Función

La válvula de estrangulación regulable debe producir una resistencia hidráulica ajustable.

### Construcción

La válvula de estrangulación regulable consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: (1) Cuerpo, (2) tornillo de regulación y (3) Juntas.



### Funcionamiento

La formación de la presión delante de la resistencia hidráulica permite dividir el caudal. Una parte del caudal de la bomba fluye por la válvula limitadora de presión y la otra, por el estrechamiento regulable. Así puede reducirse el caudal en esta parte de la tubería.

El líquido a presión que entra pasa por un intersticio anular y llega a la salida. Este intersticio anular es el punto de estrangulación que puede agrandarse o aminorarse girando el tornillo de regulación.

Al aumentar el tamaño del intersticio anular disminuye la estrangulación; al disminuir el tamaño de dicho intersticio, el efecto de estrangulación aumenta.'

El caudal que todavía fluye por la válvula de estrangulación regulable depende del tamaño del intersticio anular (punto de estrangulación), de la viscosidad del líquido a presión y de la diferencia de presión.

$$\Delta P = P_{e1} - P_{e2}$$

Válvula de estrangulación, regulable (posibilidad de regular, marcada con una flecha)

### Aplicación

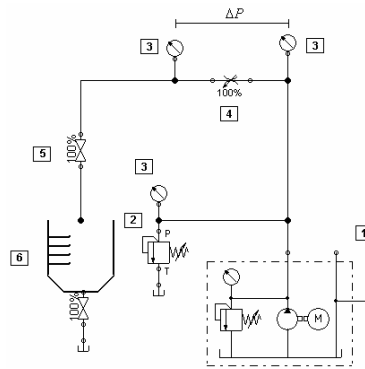
No es posible mantener el caudal a un valor exacto, porque en las válvulas de estrangulación el caudal depende del ajuste de la caída de presión y de la viscosidad del líquido. Por esta razón, se utilizan en instalaciones hidráulicas para ajustar el caudal sin escalones, por ejemplo, para plataformas elevadoras y dispositivos de fijación, cuando no es necesario mantener muy exacto el caudal.





**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics “AVSEQ14 ESTRANGULACIÓN Y V DE CAUDAL CONSTANTE”

**Actividad:** Establecer el sistema hidráulico según el esquema siguiente, a fin de comprobar el efecto de una resistencia variable. Discuta como cambia la diferencia de presión al aumentar la resistencia.



## 2.12 Válvula de estrangulación y antirretorno

La válvula de estrangulación y antirretorno debe limitar el caudal del líquido a presión en un sentido (estrangular) y en sentido contrario debe abrir toda la sección de paso (válvula antirretorno).

### Construcción

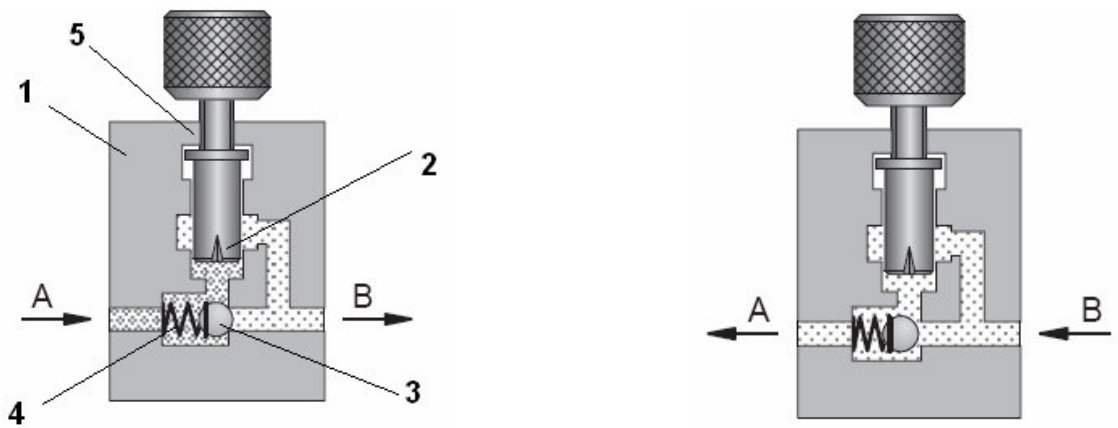
La válvula de estrangulación y antirretorno consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: (1) Cuerpo de la válvula, (2) Tornillo de estrangulación, (3) Cono (válvula antirretorno), (4) Muelle y (5) Junta anular

Es una combinación de una válvula de estrangulación regulable y de una válvula antirretorno.

### Funcionamiento

Girando el tornillo de estrangulación, se aumenta o reduce la sección anular de paso por el punto de estrangulación (a). Como consecuencia, puede variarse el caudal del líquido a presión en el sentido de A a S (estrangulación).

Al fluir el caudal de B a A, el cono estanqueizador es empujado contra el muelle débil y deja pasar el líquido. El caudal pasa sin ser estrangulado; la corriente que pasa por el punto de estrangulación es tan pequeña que se la puede despreciar.



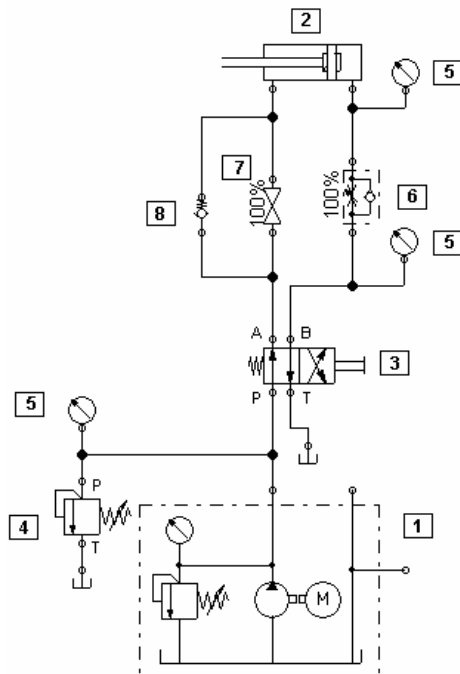
### Aplicación

Las válvulas de estrangulación y antirretorno se emplean cuando es necesario regular un caudal más o menos constante en una sola dirección, debiendo mantener libre el paso en la dirección contraria.

**Símbolo** según ISO 1219 Válvula de estrangulación y antirretorno, regulable. La posibilidad de regulación la indica la flecha.



**Actividad:** Establecer un sistema hidráulico con el uso de Fluid Sim H 3.5 conforme al esquema de circuito siguiente. La velocidad de avance del émbolo debe poderse regular; por esta razón, prestar atención a que la válvula de estrangulación y antirretorno sea empalmada correctamente. La presión  $P_{e2}$  se ajusta mediante la válvula de cierre (7) al salir el vástago del émbolo.



## 2.13 Regulador de caudal, de dos vías Tipo A

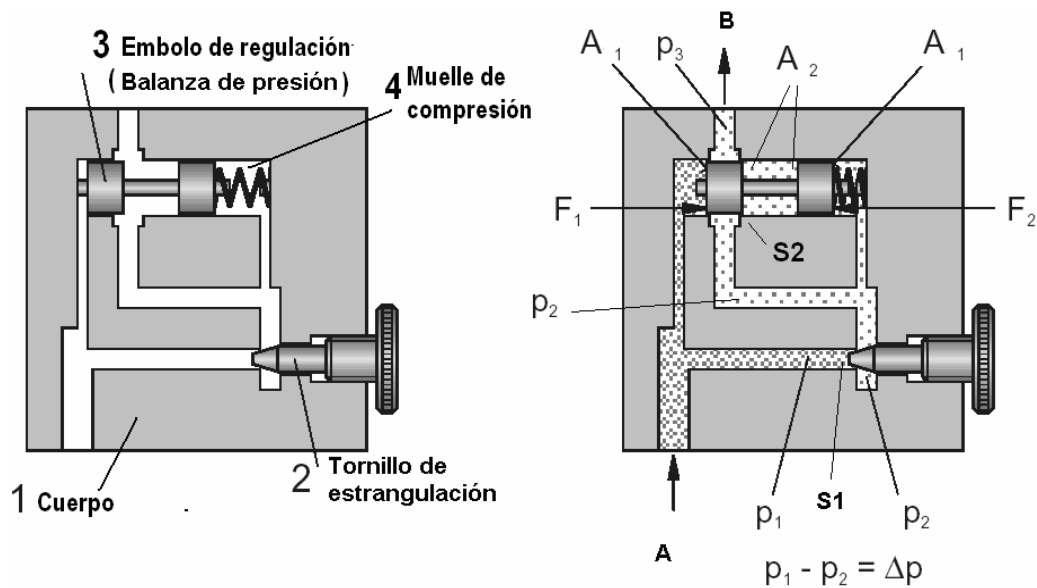
### Objeto

La válvula reguladora de caudal, de dos vías, puede mantener constante el caudal ajustado que sale  $Q$ , aunque las presiones de salida y entrada varíen.

### Construcción

Esta válvula reguladora de caudal, de dos vías, consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento (1) Cuerpo, (2) Tornillo de estrangulación, (3) embolo de regulación y (4) muelle de compresión

El émbolo de regulación y el muelle de compresión forman una balanza de presión.



### Funcionamiento

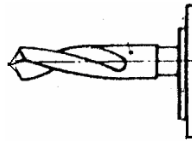
El caudal pasa por el intersticio anular S1 entre el cuerpo (1) y el tornillo de estrangulación (2) y por el intersticio S2 entre el émbolo de regulación (3) y el cuerpo (1). Al girar el tornillo de regulación aumenta o disminuye el tamaño del intersticio S1 del estrangulador. Con ello la cantidad de líquido que puede pasar es mayor ó menor.

Si el caudal  $Q$  está fijado por una determinada posición del estrangulador, el émbolo de regulación (3) junto con el muelle de compresión (4) (balanza de presión) mantiene este caudal. Aunque varíe la presión entre la entrada y la salida o en ambos conductos de la válvula.

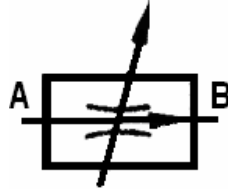
### Aplicación

Un caudal constante se requiere con cargas variables

- por ejemplo. en carros portátiles, que deben trabajar con velocidad de avance constante y ajustable con diversos esfuerzos de trabajo
- para limitar exactamente las velocidades de bajada de elevadores
- para sincronizar el movimiento de cilindros y elementos semejantes
- en herramienta con unidad de avance constante



**Símbolo** Válvula reguladora de caudal, de dos vías, se puede emplear la representación simplificada.



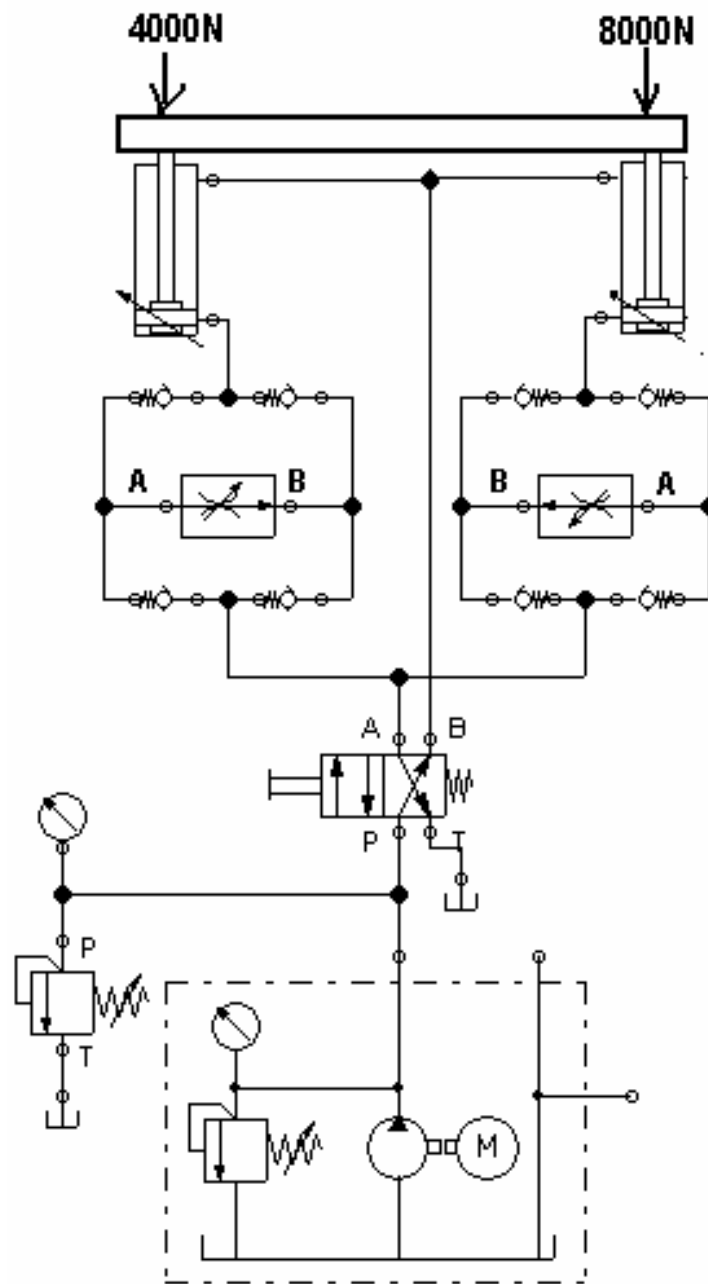
**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics “AVSEQ14 ESTRANGULACIÓN Y V DE CAUDAL CONSTANTE”

**Actividad:** Establecer con el uso de Fluid Sim H 3.5 un sistema hidráulico para el accionamiento de una plataforma elevadora.

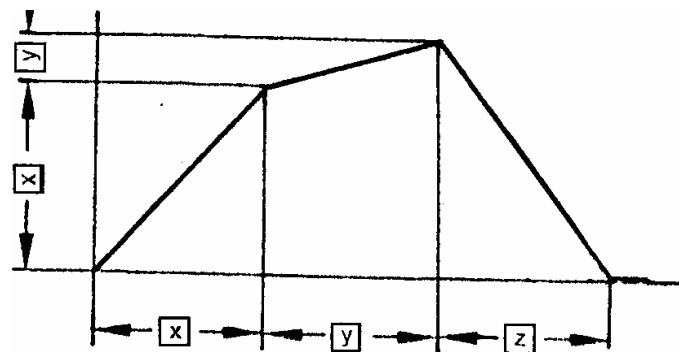
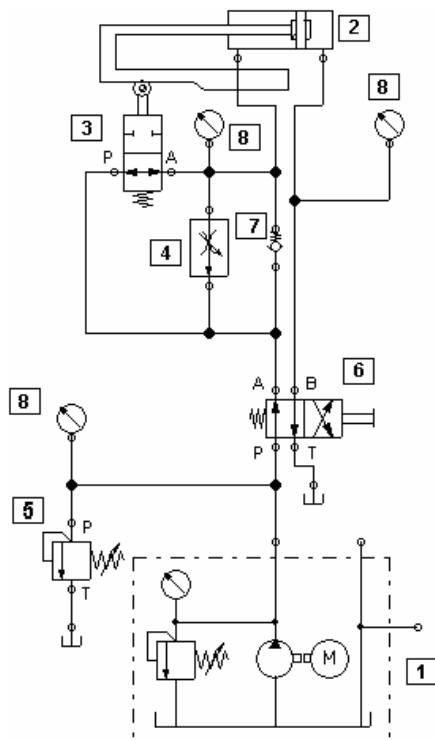
La válvula reguladora de caudal mantiene automáticamente constante el caudal de salida, independientemente de la presión de alimentación, esta válvula sólo es posible regularla en una dirección (de A hacia B).

Una placa sometida a carga no uniforme (por ejemplo, una mesa elevadora) debe ser levantada o bajada uniformemente por medio de dos cilindros. Dos válvulas reguladoras de caudal, de dos vías, ajustadas al mismo caudal aminorado, proporcionan el movimiento sincronizado. En la posición dibujada de la válvula distribuidora 4/2, la placa baja uniformemente. Con la disposición especial de las válvulas antirretorno (mando Graetz) se logra que la dirección del caudal por las válvulas reguladoras de caudal, de dos vías, sea siempre igual (de A hacia B).

Sin esta disposición, la placa podría ladearse, puesto que las válvulas reguladoras de caudal, trabajan como una estranguladora normal en la dirección contraria.



**Actividad (Circuito de avance rápido):** Ha de establecerse un sistema hidráulico conforme al esquema de circuito siguiente, de modo que se disponga de un avance rápido, un determinado movimiento de avance ajustable y de un retorno rápido, en el que se requiere de una velocidad constante en el momento del corte de la herramienta.



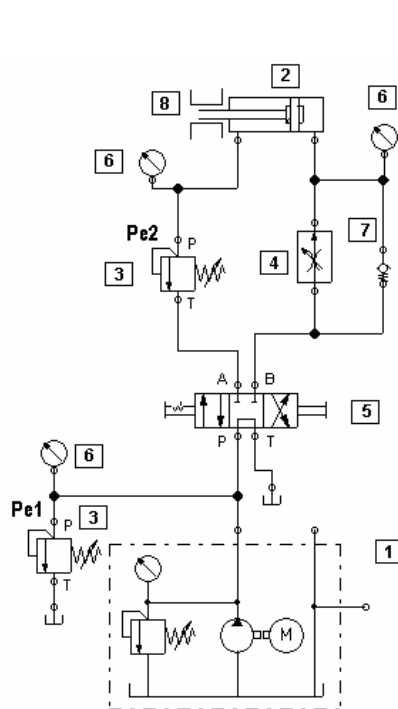
### Funcionamiento

El grupo de accionamiento suministra una corriente de líquido. En la válvula limitadora de presión (5) se ajusta la presión de servicio. Esta se lee en el manómetro (8). La válvula distribuidora 4/2 (6), no accionada todavía, deja pasar el líquido al lado del vástago del cilindro de doble efecto. Como consecuencia, el vástago entra. El líquido existente en el lado del émbolo es desplazado y regresa, por la válvula distribuidora 4/2 al depósito.

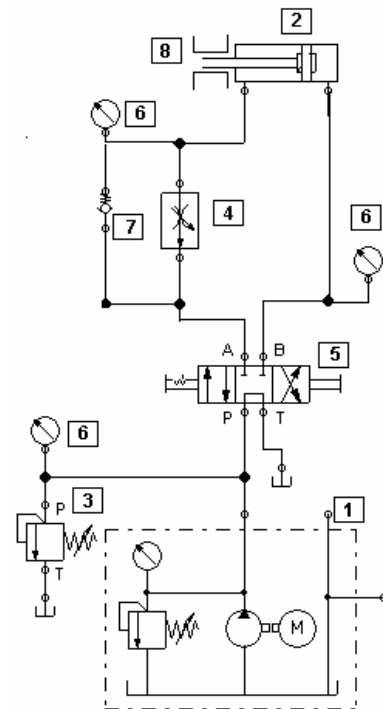
Al accionar ésta, el líquido a presión fluye al lado del émbolo del cilindro y el vástago sale. El líquido del lado del vástago fluye entonces, sin ser estrangulado, por las válvulas distribuidoras 2/2 (3) y 4/2 hacia el depósito (avance rápido **x**). Cuando el riel de mando acciona el rodillo, la válvula distribuidora 2/2 cierra el paso y, al mismo tiempo, se cierra la válvula antirretorno (7). Como la corriente es evacuada hacia el depósito únicamente por la válvula reguladora de caudal, tiene lugar una regulación del caudal en la salida. La velocidad del émbolo se ajusta (avance **y**) en la válvula reguladora de caudal. Con ello, el émbolo queda «sujeto hidráulicamente». Al conmutar la válvula distribuidora 4/2 de nuevo a su posición de reposo, la corriente pasa sin ser estrangulada por la válvula antirretorno (7) al lado del vástago (retorno rápido **z**). Durante el movimiento de retorno, la válvula distribuidora 2/2 no influye sobre el funcionamiento del circuito. Este circuito se utiliza en máquinas herramientas, cuando además del avance ajustable se necesitan también movimientos rápidos.

**Actividad (Regulación del caudal de entrada y de salida)** Han de establecerse los circuitos para la regulación del caudal de entrada y de salida conforme a los esquemas siguientes. El ejercicio debe mostrar las ventajas y desventajas de ambos tipos de regulación.

## Regulación del caudal de entrada (primario)



## Regulación del caudal de salida (secundario)



Para que el émbolo esté sujeto hidráulicamente, en la regulación del caudal de entrada, en la válvula limitadora de presión se ajusta la presión  $Pe_2$ . El ejercicio debe realizarse cargando el émbolo de trabajo y sin cargarlo.

### Regulación del caudal de entrada

En la regulación del caudal de entrada, se regula el caudal alimentado al consumidor.

El grupo de accionamiento suministra una corriente de líquido. La presión máxima  $Pe_1$  la determina la válvula limitadora de presión.

Al accionar la válvula distribuidora 4/3, el lado del émbolo recibe el caudal de la válvula reguladora de caudal correspondientemente ajustada. El émbolo se desplaza y el vástago sale a una velocidad de avance constante. El líquido desplazado de la cámara del vástago es evacuado por la válvula distribuidora 4/3 y la otra válvula limitadora de presión ajustada a la presión  $Pe_2$  regresa al depósito. Esto es necesario para sujetar el émbolo hidráulicamente y compensar fluctuaciones de la presión.

Como la válvula reguladora de caudal regula la entrada de la corriente de líquido, la superficie del émbolo se somete únicamente a la presión que exige la resistencia de trabajo respectiva. Como consecuencia el cilindro y sus juntas se someten a pequeñas cargas, no se produce un salto al comenzar el movimiento y la velocidad del émbolo permanece también constante aunque la resistencia de trabajo varíe. No es posible conmutar en vaivén rápidamente porque la presión tiene que formarse primero.

Estando la válvula distribuidora 4/3 en posición media la presión en la válvula

reguladora de caudal se desvanece por la fuga.

### **Regulación del caudal de salida**

En la regulación del caudal de salida, se regula el caudal que sale del consumidor.

El grupo de accionamiento suministra la corriente de líquido. La presión máxima la determina la válvula limitadora de presión.

Al accionar la válvula distribuidora 4/3, el lado del émbolo recibe la corriente de líquido enviada por la bomba.

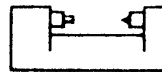
El líquido desplazado de la cámara del vástago pasa por las válvulas reguladora de caudal y distribuidora 4/3 y llega al depósito. Se regula, pues, la corriente del líquido que sale; así se sujeta hidráulicamente el émbolo y el vástago pueden salir a velocidad de avance constante.

Como se regula la corriente de líquido desplazada, en el lado del émbolo la presión actuante aumenta siempre hasta alcanzar el valor máximo ajustado en la válvula limitadora de presión. El cilindro y sus juntas están sometidos a un esfuerzo continuo grande. Al comenzar el movimiento se produce un salto, porque el émbolo se mueve durante corto tiempo sin encontrar resistencia hidráulica.

### **Aplicación**

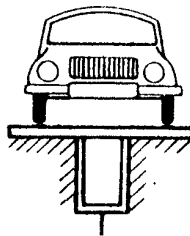
#### **Regulación del caudal de salida**

Cuando se exige que el émbolo realice un movimiento continuo, por ejemplo, en accionamientos de avance con fuerzas de corte de magnitud y dirección variables (por ejemplo, en máquinas herramientas de todo tipo).



#### **Regulación del caudal de entrada**

Se utiliza cuando en toda la carrera hay una carga más o menos constante que actúa en sentido contrario al de avance, por ejemplo, en plataformas elevadoras.





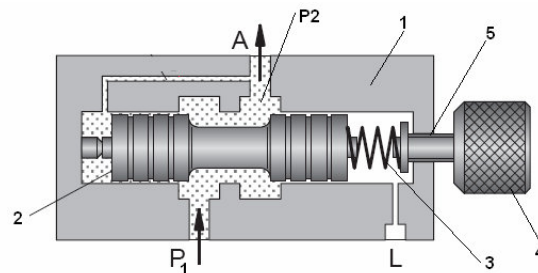
## 2.14 Regulador de presión, de dos vías (regulador sin orificio de escape)

### Objeto

El regulador de presión sirve para reducir la presión de entrada al valor de una presión de salida ajustable.

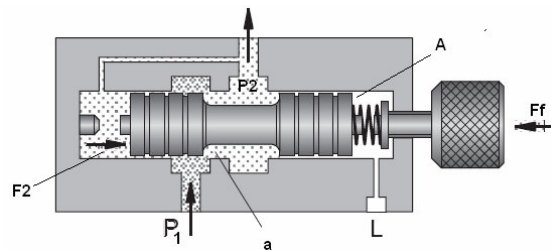
### Construcción

El regulador de presión consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: (1) Cuerpo, (2) émbolo, (3) muelle de compresión, (4) tornillo de ajuste y (5) junta.



### Funcionamiento

En la posición inicial, el émbolo es empujado por el muelle de compresión contra el fondo de la válvula. El líquido que entra con la presión  $P_1$  pasa hasta la salida con la presión que se forma aquí, pasa por el conducto a la parte inferior de la superficie A del émbolo.



Sobre el émbolo actúan las siguientes fuerzas:

$F_f$  = Fuerza del muelle, constante o ajustable (N)

$F_2 = P_2 \cdot A$  (N)

$P_2$  = Presión en el lado de salida (Pa)

$A$  = Superficie del émbolo ( $\text{cm}^2$ )

La presión  $P_1$  no genera ninguna fuerza sobre el émbolo, porque actúa sobre dos superficies en sentido opuesto, con lo que  $F_1$  es igual a cero. Como no actúan otras fuerzas sobre el émbolo, el caudal de líquido en el intersticio anular (a) se ajusta de modo que la fuerza del muelle viene a resultar igual a la fuerza de la presión del líquido.

$$F_f = F_2$$

$$F_f = P_2 \cdot A$$

$$P_2 = F_f / A$$

De la ecuación se desprende, que la presión  $P_2$  depende únicamente de la magnitud de la fuerza del muelle  $F_f$ . Si aumenta ésta, también aumentará la

presión P2; si disminuye, también disminuirá dicha presión (de modo directamente proporcional). La fuerza del muelle  $F_f$  se ajusta mediante un tornillo y es prácticamente constante ya que la deformación del muelle es muy pequeña.

La regulación puede tener lugar únicamente cuando P1 es mayor que P2.

### Aplicación

Se utiliza en máquinas herramientas, cilindros de fijación, con presión reducida en un circuito secundario.

### Desventajas

Los reguladores de presión en ejecución de dos vías tienen las siguientes desventajas:

1. Si no hay flujo hacia el consumidor, no pueden ajustarse de una presión mayor a otra más baja.
2. Se necesita una válvula limitadora de presión, adicional para los golpes de presión hacia atrás provenientes del consumidor.

### Símbolo según ISO 1219

Regulador de presión, de dos vías (llamado también válvula reductora de presión).

Es una válvula que mantiene en gran medida constante la presión de salida, aunque varíe la de entrada (ésta debe ser empuje mayor).

La posibilidad de regulación del muelle está marcada con la flecha.



**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics "AVSEQ13 VLP Y VRP"

**Actividad (Movimiento de una carga sin sacudidas):** Ha moverse una carga sin sacudidas con un cilindro de doble efecto, en la carrera de avance del émbolo. Al efecto, ha de establecerse un sistema hidráulico según los esquemas 1 y 2 y determinar su efecto.

### Material didáctico

(1) Grupo de accionamiento, (2) Válvula limitadora de presión (2) y (2a), (3) Válvula antirretorno, (4) 3 manómetros (5) Válvula distribuidora 4/2, (6) Válvula de estrangulación y antirretorno, (7) Cilindro de doble efecto, (8) Cable y lazo, (10) Herramientas, (11) Hoja de protocolo y (12) Examen de conocimientos.

### Estructura del circuito I

Al accionar la válvula distribuidora 4/2, el caudal de líquido enviado por el grupo de accionamiento pasa por la válvula reguladora de caudal al cilindro del trabajo y actúa sobre la superficie del émbolo; al mismo tiempo, el líquido de retorno del lado del vástago

sale sin presión. Según el peso de la carga, el émbolo remueve con sacudidas más o menos fuertes.

Este <<deslizamiento con sacudidas >>, llamado también <<Stick-Slip>>, se produce por el rozamiento variable producido por el deslizamiento y la adherencia. El embolo no solo es empujado por el líquido a presión, sino también <<extraído>> por el peso de la carga el << deslizamiento con sacudidas>> puede presentarse también sin que haya una carga que tire y cuando las velocidades de arranque son lentas y las resistencias de trabajo varían.

Dicho <<desplazamiento con sacudidas>> no es conveniente y se evita estructurando el circuito conforme al esquema II.

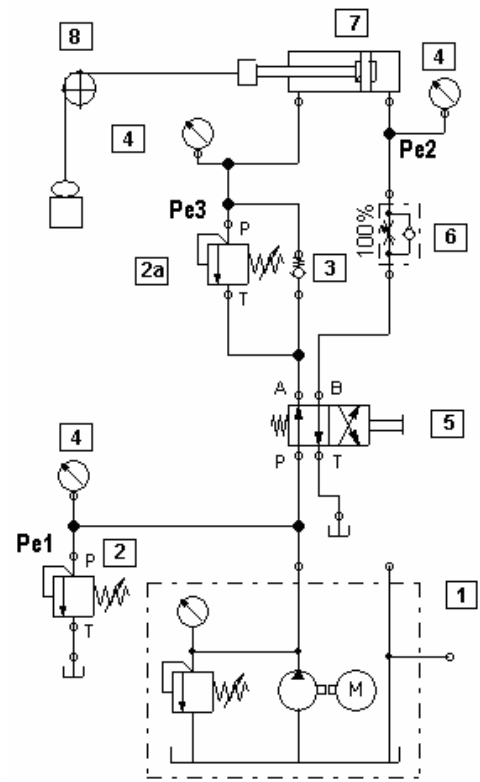
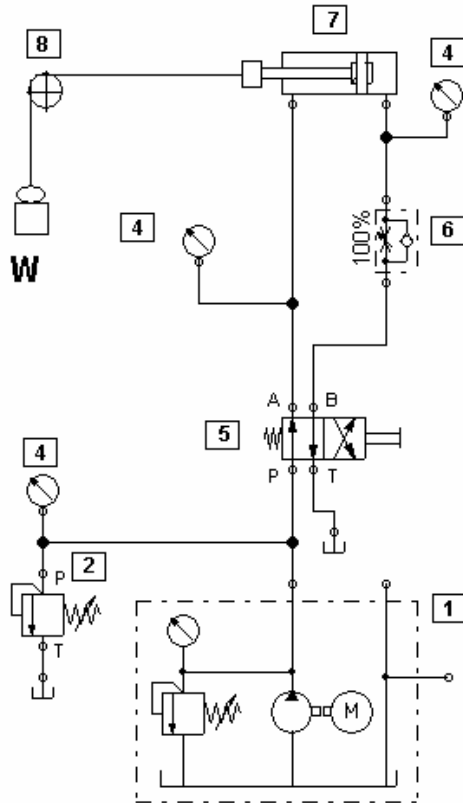
### Estructura del circuito I I

Después de accionar la válvula distribuidora 4/2, el caudal del líquido, como el circuito I, pasa al cilindro y actúa sobre el embolo con la presión  $pe_2$ , que puede hasta alcanzar  $pe_1 = pe_{\text{máx}}$ . Ajustada a la válvula limitadora de presión (2).

La válvula limitadora de presión (2a), montada en la salida, se produce en la cámara del vástago del cilindro una contrapresión  $pe_3$ . Esta contrapresión esta ajustada de modo que el embolo <<no esta sometido a esfuerzo hidráulico>>. Con ello se evita que el embolo se <<deslice con sacudidas>> y ya no es posible <<tirar>> del embolo.

El movimiento de avance tiene lugar entonces de forma uniforme.

La válvula limitadora de presión (2a) actúa como <<válvula retenida>>.



## Aplicación

Se utiliza, por ejemplo, en maquinas herramientas, para que el carro de la herramienta avance uniformemente y sin sacudidas (se protege la herramienta y se obtiene una superficie de mejor calidad).

## 2.15 Regulador de presión, de tres vías (regulador de presión con orificio de escape)

### Objeto

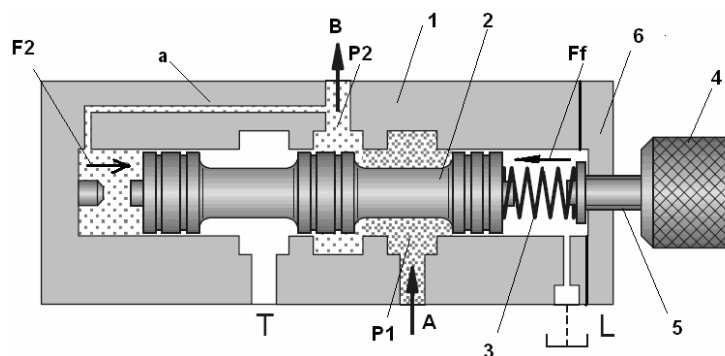
El regulador de presión con orificio de escape sirve para regular (aminorar) la presión de entrada a un valor ajustable de la presión de salida. Al mismo tiempo pueden eliminarse los golpes de presión provenientes del consumidor; la presión puede ajustarse también a un valor más bajo, sin flujo.

### Construcción

El regulador de presión consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: (1) Cuerpo, (2) émbolo, (3) muelle de compresión, (4) tornillo de ajuste, (5) junta y (6) tapa del cuerpo.

### Funcionamiento:

En la posición inicial, el muelle empuja el émbolo (2) contra el cuerpo (1). El líquido que entra con la presión  $P_1$  pasa hasta la salida B. La presión que se forma por el punto amortiguador de estrangulación (a) produce una fuerza  $F_2$ . El émbolo es desplazado hacia el muelle hasta que reina equilibrio de fuerzas con  $F_f$ . Al mismo tiempo se estrecha el borde de regulación. La presión  $P_2$  disminuye. El mecanismo de regulación es el mismo que en el regulador de presión sin orificio de salida, con la diferencia de que se amortiguan los golpes de presión provenientes del consumidor o un aumento de la presión, y de que el líquido puede fluir al depósito por T. En ello, se cierra la tubería A. Este regulador de presión funciona, pues, también como una válvula limitadora de presión.



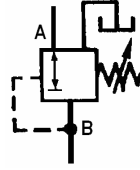
## Aplicación

En las instalaciones hidráulicas se utilizan hoy casi sin excepción reguladores de presión, de 3 vías, puesto que con ellos se ahorra la válvula limitadora de presión.

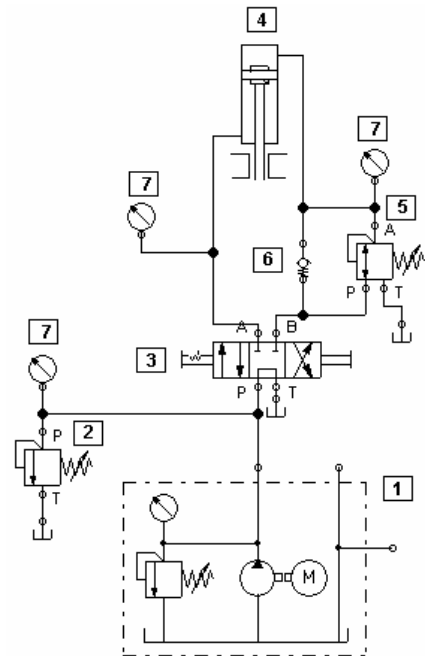
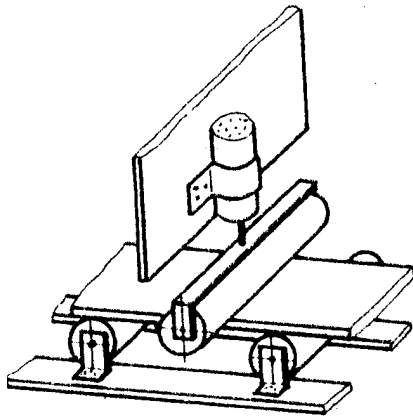
Los reguladores de presión, de 2 vías, se emplean principalmente en botellas de gas y en instalaciones domésticas de agua.

**Símbolo** según ISO 1219 Regulador de presión, de 3 vías (regulador con

orificio de salida).



**Actividad:** Ha de establecerse un sistema hidráulico según el esquema siguiente: Debe empujarse un rodillo enderezador contra la chapa, por medio de un cilindro hidráulico y una presión aminorada (válvula reductora de presión).



## 2.16 Válvula de secuencia (mando en función de la presión)

### Objeto

La válvula de secuencia debe abrirse al alcanza una determina presión ajustable y dejar pasar el caudal a otro sistema hidráulico.

### Construcción

La válvula de secuencia, servopilotada. Consta de dos unidades con los siguientes componentes importantes para su funcionamiento:

La válvula de secuencia, consta de dos unidades con los siguientes componentes importantes para su funcionamiento:

(1) Cuerpo: Unidad de pilotaje: (2) cono de pilotaje, (3) muelle de compresión y (4) tornillo de ajuste.

Unidad de pilotaje principal: (5) Embolo de válvula con orificio de estrangulación (a) y orificio interior (b) y (6) y muelle de compresión.

### Funcionamiento

Estando la válvula cerrada, el líquido a presión fluye por P hasta la admisión. Por el

taladro de estrangulación (a), pasa hasta el cono de pilotaje (2), que es mantenido sobre su asiento por la tensión previa del muelle (3). Esta tensión previa y la presión de apertura de la válvula son fijadas por el tornillo de ajuste (4).

El líquido actúa con la presión  $P_1$  sobre el lado de admisión del émbolo (5). A través del orificio de estrangulación (a) detrás del émbolo de válvula Y delante del cono de pilotaje se forma la presión  $P_2$  igual a la  $P_1$ .

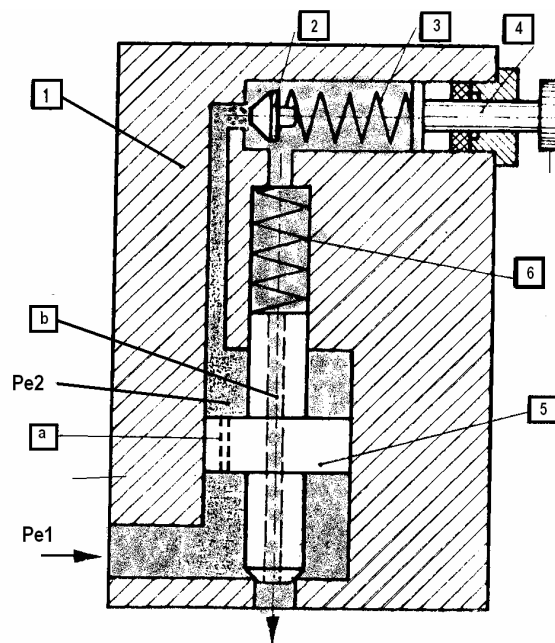
Si, al aumentar la presión, la fuerza actuante sobre el cono de pilotaje (2) sobrepasa el valor ajustado de la fuerza del muelle de compresión (3), el cono se abre. El líquido fluye por T hacia el depósito.

Al abrirse el cono (2), la presión  $P_2$  disminuye. La cantidad de líquido que fluye a través del orificio de estrangulación (a) ya no permite que las presiones se equilibren.

Se origina una diferencia de presión  $\Delta P$  aplicada al émbolo de válvula.

Al aumentar más  $P_1$  aumenta también más la diferencia de presión.

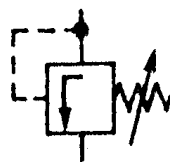
Por esta diferencia mayor, el émbolo de válvula (5) se levanta de su asiento venciendo la fuerza del muelle de compresión (6). El líquido a presión puede fluir entonces hacia B y pasar a otro sistema.



### Aplicación

Se utiliza para accionar otros sistemas hidráulicos al aumentar la presión hasta un determinado valor.

**Símbolo** según ISO 1219 Válvula de secuencia, servopilotada.



## Práctica N° 4 Banco de Pruebas Hidráulico

### Mando coordinado de cilindros por presión (válvulas de secuencia)

Ha de establecerse un sistema hidráulico conforme al esquema de circuito siguiente. En dicho sistema, el vástago del émbolo de fijación (6a) debe salir sólo después de que el émbolo del cilindro transportador (6b) alcance su posición final.

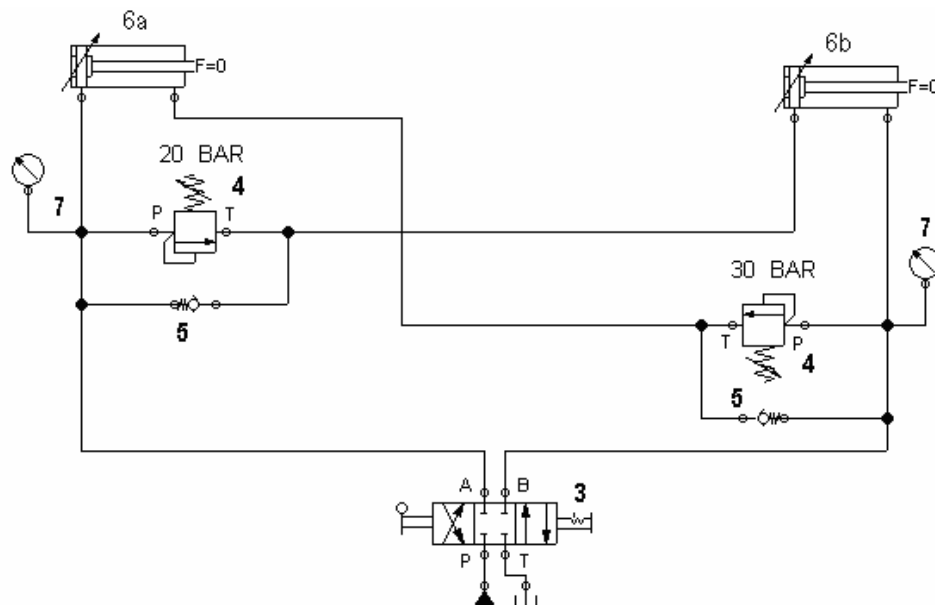
**Avance:** Al accionar la válvula distribuidora 4/3, debe salir primeramente el vástago del émbolo transportador (6b) y luego el del émbolo de fijación (6a).

**Retorno:** Al conmutar la válvula distribuidora 4/3, primeramente debe retroceder el vástago del émbolo de fijación (6a) y luego el del émbolo transportador (6b).

#### Fases de trabajo

- Preparar el material didáctico (válvulas, mangueras, uniones, etc)
- Colocar los elementos según el esquema de circuito
- Pedir al profesor que examine el circuito
- Analizar el ejercicio y verificar el comportamiento del componente hidráulico.
- Desmontar el circuito y evaluar el ejercicio

#### Esquema de circuito



## Nota

Para ajustar la presión máxima en el sistema, todos los elementos hidráulicos deben estar cerrados, a fin de que todo el caudal de extracción pueda evacuarse por la válvula limitadora de presión y pueda ajustarse así la presión máxima.

## Material didáctico

1 Grupo de accionamiento; 2 válvulas limitadoras de la presión (secuencia); 2 manómetros; 1 válvula distribuidora 4/3; tuberías flexibles y herramientas; examen de conocimientos.

## Seguridad en el trabajo

Conectar el grupo de accionamiento únicamente si lo indica el profesor. Cuidar de estar firmemente parado y no derrame aceite. No trabaje con las manos manchadas de aceite (peligro de resbalar). Efectuar la localización de averías, el armado y el desarmado únicamente cuando la instalación esté sin presión. No hacer funcionar el sistema hidráulico sin válvula limitadora de presión. Hay que montarla directamente después del grupo de accionamiento.

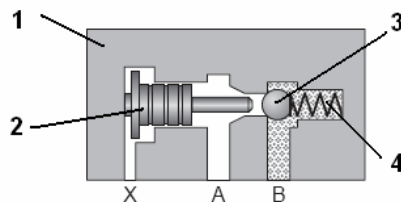
## 2.17 Válvula antirretorno, desbloqueable hidráulicamente

### Objeto:

Permite el flujo de líquido en un solo sentido igual que una válvula de cheque normal, sólo que puede ser desbloqueada por una señal de pilotaje hidráulica.

### Construcción:

La válvula antirretorno desbloqueable hidráulicamente consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: (1) Cuerpo, (2) émbolo de desbloqueo, (3) cono y (4) resorte.



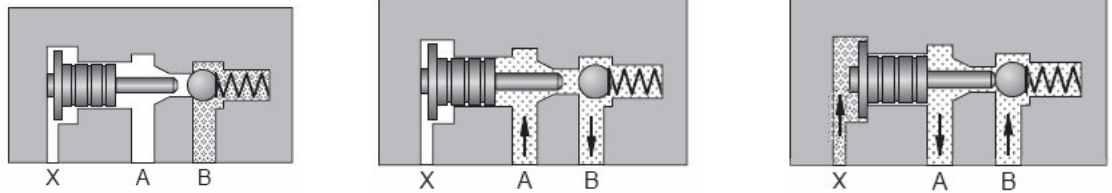
### Funcionamiento:

En las válvulas de cheque desbloqueables hidráulicamente, el flujo puede ser desbloqueado de la posición cerrada, a través de una señal piloto en el émbolo de desbloqueo.

El funcionamiento se rige bajo los siguientes principios: El flujo es posible de A a B y está normalmente bloqueado de B a A.

Las figuras siguientes corresponden en su orden a: Flujo bloqueado, flujo normal de A a B y flujo de B a A debido al desbloqueo.





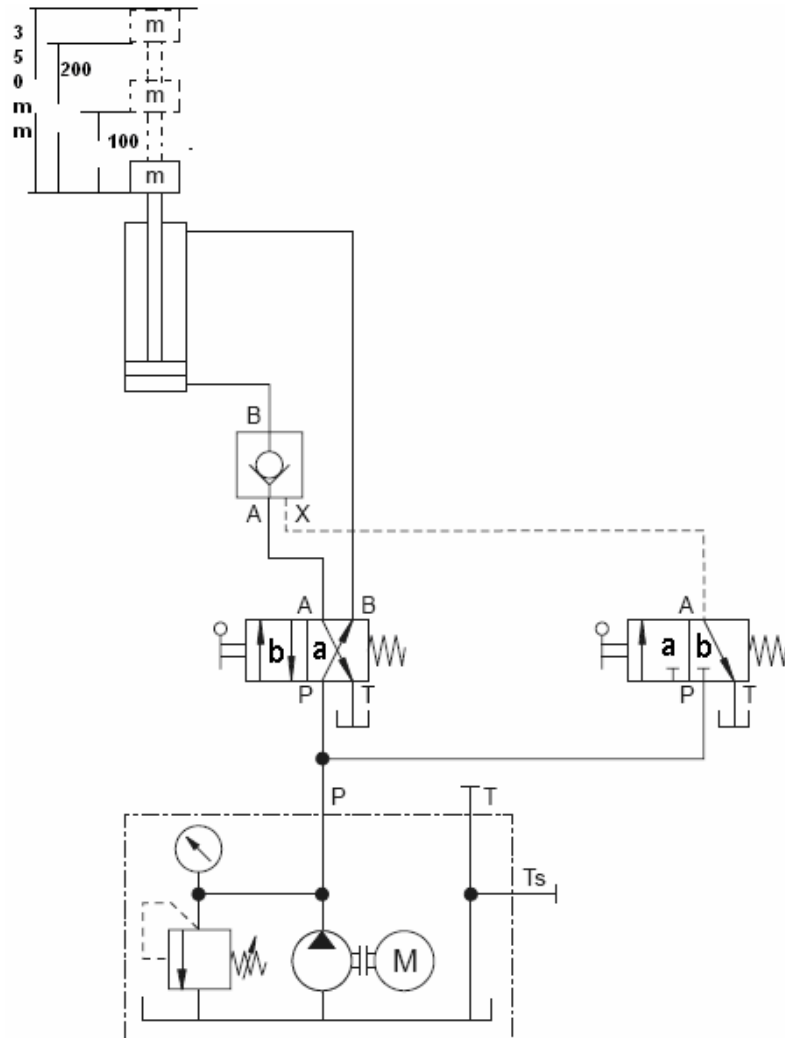
**Símbolo**



**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics “AVSEQ12 VÁLVULA DE CHEQUE”

**Actividad:** Debe simularse en Fluid Sim 3.5 un sistema hidráulico según el esquema de circuito siguiente.

Una válvula antirretorno desbloqueable hidráulicamente debe mantener el cilindro en diversas posiciones (1-2-3). Después de accionar la válvula distribuidora 3/2, el émbolo debe desplazarse haciendo entrar el vástago.



El grupo de accionamiento suministra la corriente del líquido a presión. Estando la válvula distribuidora 3/2 en posición de reposo, el paso del líquido a presión está bloqueada; por la válvula distribuidora 4/2 pasa únicamente al lado del vástago del cilindro.

El vástago no entra, porque la válvula antirretorno desbloqueable hidráulicamente cierra el paso de la corriente de líquido a presión del cilindro a la válvula distribuidora 4/2.

Al accionar la válvula distribuidora 3/2, el líquido de pilotaje puede pasar; el cono de retención abre el paso (desbloquea).

La corriente de líquido puede pasar entonces libremente del cilindro, por la válvula distribuidora 4/2, al depósito.

Al volver la válvula distribuidora 3/2 a su posición de reposo, la válvula antirretorno bloquea el paso de la corriente de líquido, y el émbolo en el cilindro se detiene.

Al accionar la válvula distribuidora 4/2 (a la posición b), la corriente del líquido pasa libremente por la válvula antirretorno hacia el cilindro. Como consecuencia, el vástago del émbolo sale.

## **Práctica N° 5 Banco de Pruebas Hidráulico**

### **Sostenimiento de cargas con el uso de válvula antirretorno desbloqueable hidráulicamente**

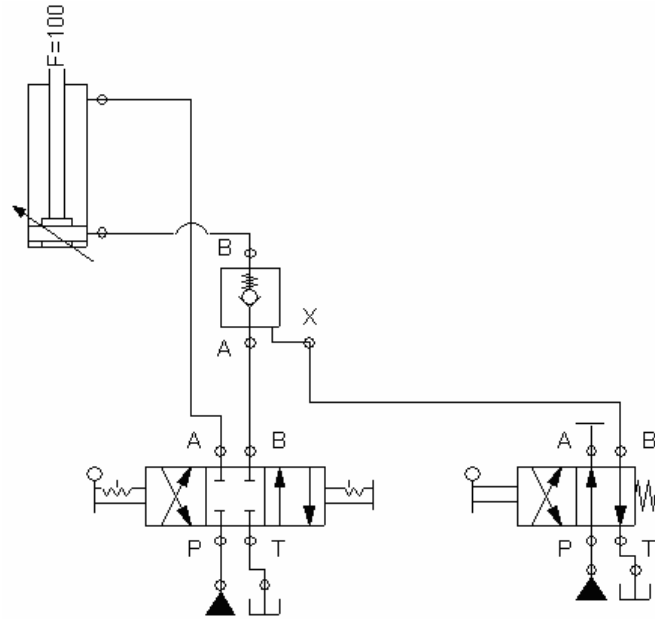
**Problema:** Establecer un sistema hidráulico conforme al esquema de circuito siguiente.

Una de válvula antirretorno desbloqueable hidráulicamente debe el cilindro en diversas posiciones. Después de accionar la válvula 4/2 y con la válvula 4/3 enviando el caudal a el puerto A, el cilindro debe entrar.

#### **Fases de trabajo**

- Preparar el material didáctico (válvulas, mangueras, uniones, etc)
- Colocar los elementos según el esquema de circuito
- Pedir al profesor que examine el circuito
- Analizar el ejercicio y verificar el comportamiento del componente hidráulico.
- Desmontar el circuito y evaluar el ejercicio

## Esquema de circuito



### Material didáctico

Grupo de accionamiento; válvula distribuidora 4/2; válvula distribuidora 4/3; válvula antirretorno desbloqueable hidráulicamente; manómetro; tuberías flexibles y herramientas; examen de conocimientos.

### Seguridad en el trabajo

Conectar el grupo de accionamiento únicamente si lo indica el profesor. Cuidar de estar firmemente parado y no derrame aceite. No trabaje con las manos manchadas de aceite (peligro de resbalar). Efectuar la localización de averías, el armado y el desarmado únicamente cuando la instalación esté sin presión. No hacer funcionar el sistema hidráulico sin válvula limitadora de presión. Hay que montarla directamente después del grupo de accionamiento.

## 2.18 Cilindro de simple efecto

### Objeto

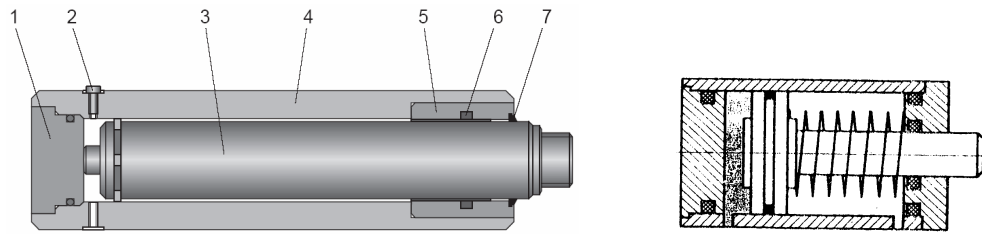
El cilindro de simple efecto debe transformar el caudal sometido a presión en una fuerza que actúe en línea recta así como en un movimiento rectilíneo.

### Construcción

El cilindro de simple efecto consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: (1) tapa atornillada, (2) tornillo de purga, (3) pistón (4) cuerpo del cilindro, (5) cojinete de pistón, (6) empaque y (7) protector de suciedad.

### Funcionamiento

El líquido entra en el tubo del cilindro por el lado del émbolo (alimentación por un solo lado). Por la resistencia del émbolo se establece en el líquido una presión. Al vencer la resistencia, el émbolo se desplaza y su vástago sale (avance). El émbolo regresa (retorno) al conmutar la válvula distribuidora con ayuda de una fuerza exterior.



El movimiento de retorno puede ser producido también por medio de un muelle de compresión (muelle recuperador) montado en el cilindro.

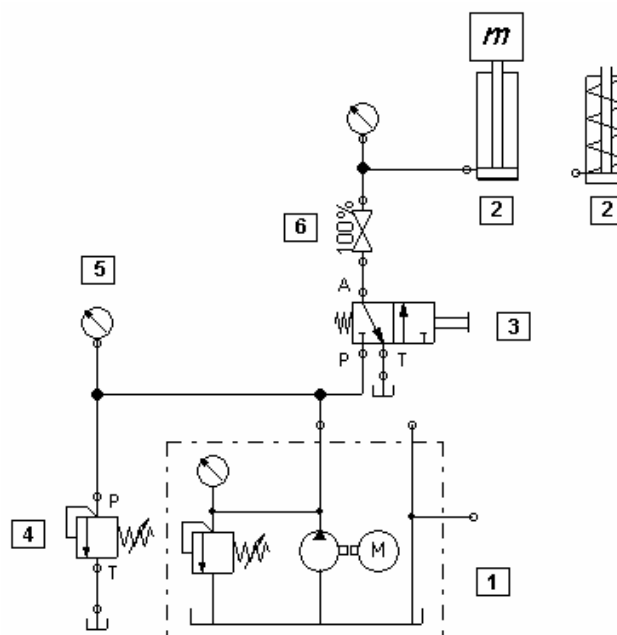
**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics “AVSEQ09 CILINDROS Y MOTORES”

### Actividad: Cilindro de simple efecto

Establecer un sistema hidráulico según el esquema siguiente. Al accionar una válvula distribuidora 3/2, el vástago del émbolo del cilindro de simple efecto debe salir. Al dejar de aplicar la presión, la pesa *m* debe hacer regresar el émbolo a su lugar.

El grupo de accionamiento proporciona el caudal de líquido. Hay montada una válvula limitadora de presión, a fin de que la presión en el sistema hidráulico no sobrepase el valor admisible, la presión puede leerse en un manómetro. Para mandar el cilindro de simple efecto hay intercalada una válvula distribuidora 3/2 (cerrada en posición de reposo). Al accionar ésta, se abre el paso de P a A (posición b) y el émbolo de trabajo se desplaza a su posición final.

Después de conmutar la válvula distribuidora (a la posición a), la pesa *m* empuja el émbolo hasta su posición inicial; el líquido a presión sale del cilindro y regresa por A a T al depósito. El ejercicio puede realizarse también con un cilindro dotado de un muelle de recuperación. Después de conmutar la válvula distribuidora (a la posición a), el muelle de compresión empuja el émbolo de trabajo hasta su posición inicial y, como consecuencia, el líquido sale del cilindro y llega por A a T al depósito.



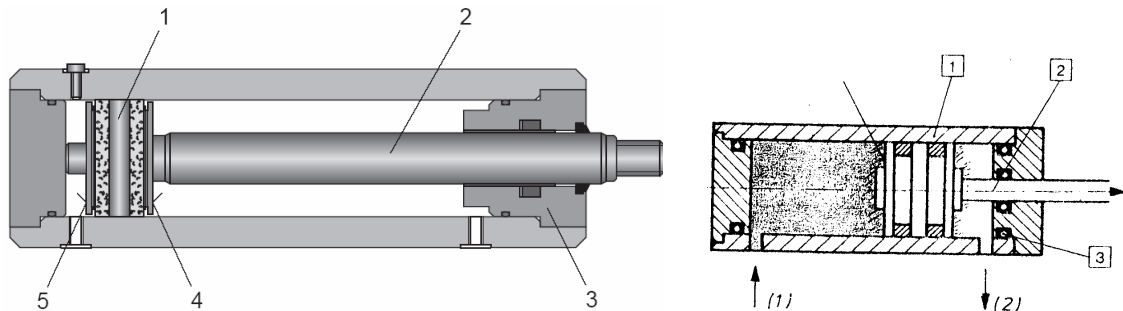
## 2.19 Cilindro de doble efecto

### Objeto

El cilindro de doble efecto debe convertir el caudal de líquido sometido a presión en una fuerza y un movimiento rectilíneos, cuya dirección pueda ser elegida.

### Construcción

El cilindro de doble efecto consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento: Tubo de tapas, émbolo, vástago y juntas



### Funcionamiento

En la carrera de trabajo, el líquido a presión entra por (1) en el cilindro y actúa en el lado del émbolo. Se forma una presión, que desplaza el émbolo y hace salir el vástago. El líquido a presión que se encuentra en el lado del vástago es desplazado y fluye por una tubería al depósito.

En el movimiento de retroceso, el líquido a presión entra por [2] en el cilindro. El émbolo se desplaza y el vástago entra. El líquido que se encuentra en el lado del émbolo es desplazado y fluye al depósito.

Si se aplica la misma presión para los movimientos de trabajo y de retorno, la fuerza disponible en el movimiento de avance es mayor que en el de retorno, porque la superficie circular es mayor que la anular del émbolo.

$$F = P \cdot A$$

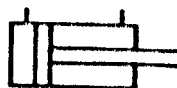
Como consecuencia, también es mayor la velocidad de retorno, porque el mismo caudal actúa sobre una superficie menor (conforme a la siguiente ecuación):

$$Q = V \cdot A$$

### Aplicación

Se utiliza para producir movimiento rectilíneo de vaivén. Especialmente en el carro de avance de máquinas herramientas, empleándolo en lugar del cilindro de simple efecto, se puede efectuar también el movimiento de retorno con carga.

**Símbolo** según ISO 1219 Cilindro de doble efecto



## 2.20 Motor hidráulico

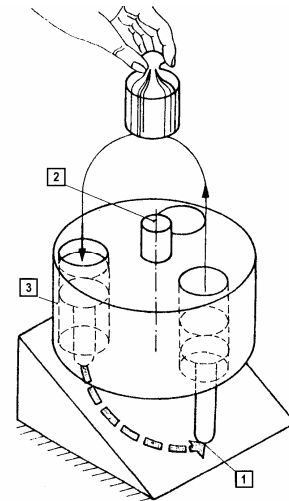
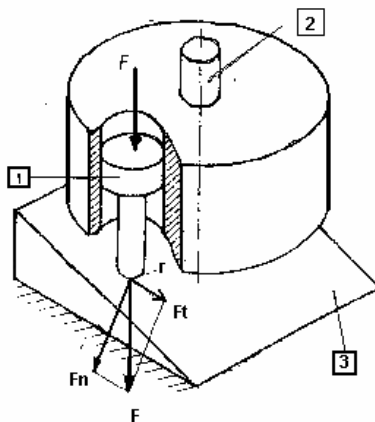
### Modelo de principio

#### Objeto del motor hidráulico

El motor hidráulico debe entregar un par motor por el eje de salida de fuerza. Para ello, en él se convierte la energía hidráulica en energía mecánica. La energía necesaria al efecto la suministra el líquido a presión.

#### Principio

El modelo del motor de émbolos axiales con disco inclinado funciona con un plano inclinado fijo (disco inclinado (3) y el émbolo axial (1) desplazable en un tambor giratorio (2).



La fuerza  $F$  del modelo representado como pesa se descompone en una fuerza  $F_n$  que actúa perpendicular al plano inclinado y en una fuerza tangencial  $F_t$ .

La fuerza  $F_t$  actúa a la distancia del radio  $r$  del centro del modelo y produce, con ello un momento de giro  $M_d = F_t \times r$

El tambor obliga al émbolo a deslizarse por el plano inclinado en una vía circular. Al mismo tiempo, el tambor se pone en movimiento de rotación.

Del eje de salida de fuerza, firmemente sujeto al tambor, puede tornarse un momento de giro. Para conseguir en dicho eje (2) un momento de giro lo más alto posible y un giro uniforme, en el tambor [3] hay dispuestos varios émbolos axiales.

Al llegar uno de los émbolos axiales, por el efecto de la pesa, al punto muerto inferior (1), hay que retirar de nuevo la pesa y colocarla sobre el émbolo siguiente. Así, el giro es continuo.

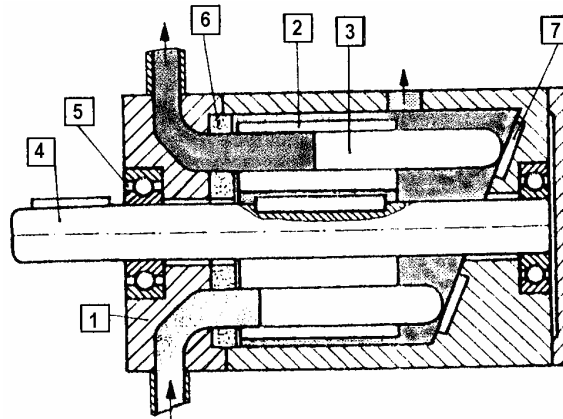
El sentido de giro puede invertirse de un modo muy sencillo, convirtiendo la zona de retorno en zona de presión y esta en zona de retorno. Ello puede demostrarse fácilmente cambiando correspondientemente de lugar la pesa.

En el apartado «Funcionamiento» se describe la forma en que se soluciona el problema constructivo: Efecto continuo de la fuerza sólo sobre un determinado émbolo axial.

## Motor de émbolos axiales con disco inclinado

### Construcción

El motor de émbolos axiales con disco inclinado consta de los siguientes componentes : (1) Cuerpo , (2) Tambor , (3) Embolo axial , (4) Eje de salida de fuerza, (5) Cojinete del eje , (6) Disco de mando, (7) Disco inclinado y juntas no dibujadas .



El número de émbolos axiales en el tambor puede elegirse de modo opcional. Para que el motor funcione deben ser, empero, por lo menos 3. Cuantos más émbolos tenga el motor hidráulico, tanto más uniforme será su movimiento de rotación.

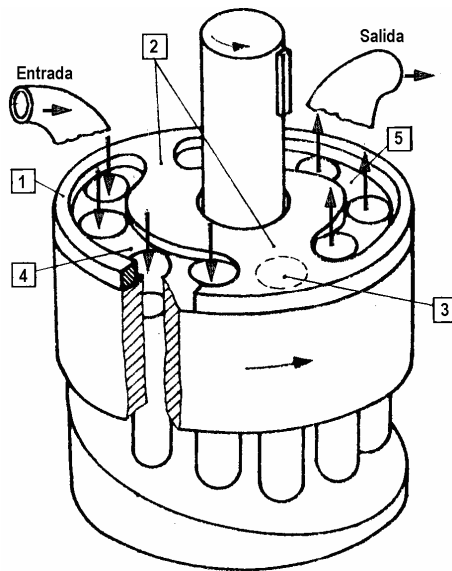
Por las pérdidas que se producen por fugas en los émbolos axiales y entre el disco de mando y el tambor, el líquido a presión pasa continuamente a la cámara del cuerpo del motor. Este líquido ha de evacuarse por una tubería de fuga, de tal manera que el cuerpo del motor esté siempre lleno. Si se vaciara, podría entrar aire en el sistema hidráulico.

### Funcionamiento

Para separar la entrada de la salida se necesita un disco de mando (3) . A lo largo de éste se desliza el tambor rotatorio con sus cilindros. Para obtener el momento de giro necesario es necesario que varios émbolos axiales actúen en conjunto. Ello es posible gracias a la configuración uniforme de una zona de presión (4) en el disco de mando. Gracias a estas aberturas reniformes, en el motor hidráulico representado reciben el líquido a presión 4 de los 9 émbolos axiales. Otros 4 están comunicados con el depósito y el noveno se encuentra en el punto muerto inferior (1)

En todo momento se dispone, pues, de un momento de giro efectivo, con el objeto de garantizar también el giro uniforme del eje de salida de fuerza aunque sea sometido a carga.

Después de pasar la zona de presión y la llamada “zona de recubrimiento (2)” en el punto muerto inferior (uno de los émbolos axiales queda separada del lado de presión y también del de retorno), los émbolos axiales pasan por el movimiento de giro a la «zona de retorno», que es también una abertura reniforme en el disco de mando. Por ésta, el líquido regresa al depósito.

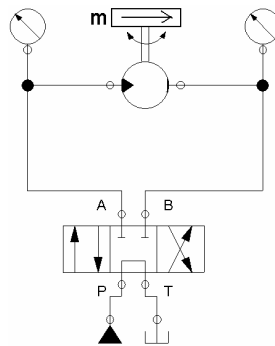


### Consideraciones sobre el montaje de motores hidráulicos.

El motor hidráulico funciona de modo contrario al de la bomba hidráulica. La bomba recibe energía mecánica (momento eje giro) por un eje de accionamiento y, transformándola en energía hidráulica, la transmite al sistema hidráulico; el motor hidráulico, en cambio, recibe energía hidráulica y la transmite transformada un forma de energía mecánica (momento de giro).

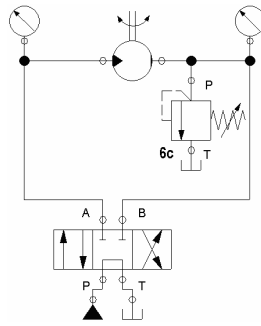
Esto significa que el motor hidráulico puede convertirse también en bomba, a saber, si al eje de salida de fuerza se aplica un momento de giro. Esto ocurre cuando el motor pone en movimiento de rotación grandes masas y se cierran las tuberías de alimentación y salida con una válvula distribuidora 4/3. El volante trata de arrastrar al motor. Entonces sucede lo siguiente:

El motor hidráulico desplaza el líquido todavía existente contra la válvula distribuidora 4/3 que está cerrada la presión aumenta de tal manera que podría destruir los elementos hidráulicos empalmados a esta parte del sistema.

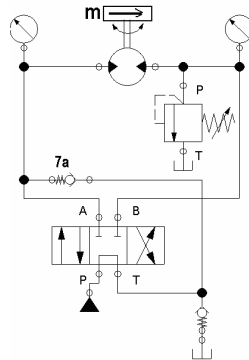


Ello se remedia montando una válvula limitadora de presión (6c); que frena el motor junto con el volante (la fuerza de frenado puede ajustarse) y que determina el momento de giro máximo que debe transmitirse para que el motor gire en dirección contraria.





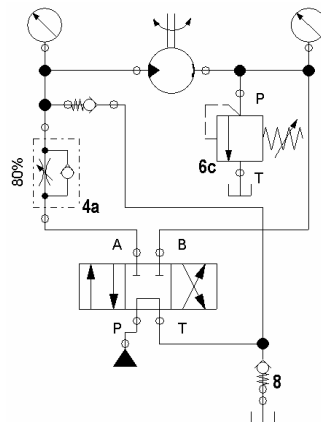
El motor hidráulico produce, en el tubería de alimentación cerrada, una depresión que puede producir daños de material (los llamados daños por cavitación<sup>1</sup>. Ello se remedia montando una tubería de aspiración posterior, empalmada a través de una válvula antirretorno (7a).



La válvula antirretorno (8) facilita la aspiración posterior y al mismo tiempo somete al aceite que sale del motor a una presión previa, puesto que no se abre hasta alcanzar una presión de (150... 300 kPa (1.5... 3 bar). Ello es necesario para que los émbolos axiales estén unidos positivamente a su superficie de rodadura y el motor marche más tranquilo.

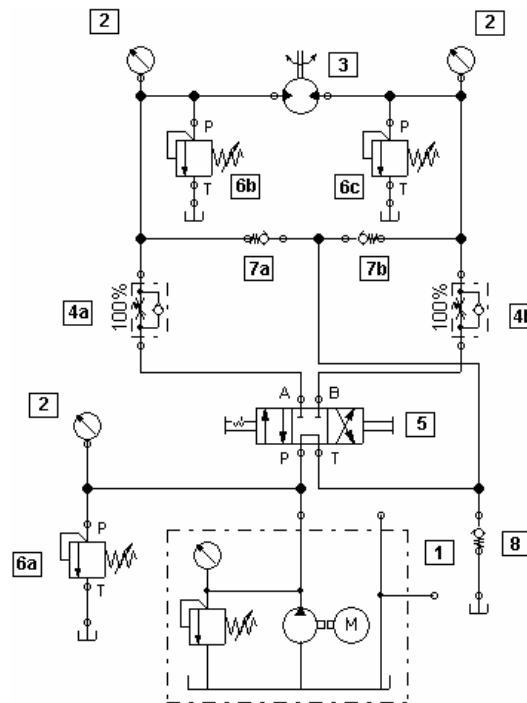
*“1 cavitación (latín), llamada también formación de vacíos o cavidades. El proceso de cavilación puede presentarse en materiales que conducen líquidos de rápida circulación. Por la gran velocidad, la presión baja por debajo de la de vaporización. Allí, el líquido se evapora y se forma una cavidad. Detrás de la cavidad, en los sitios de presión creciente, el líquido se lanza de nuevo contra la pared. Los golpes producen con el tiempo corrosiones porosas en el material. “*

En nuestro caso, se puede modificar el número de revoluciones montando una válvula de estrangulación y antirretorno (4a) en la tubería de alimentación, entre la válvula distribuidora 4/3 y el motor hidráulico.



Se trata entonces de una regulación del caudal de entrada con presión previa en el retorno (contrarretenida).

Se puede invertir el sentido de giro, completando los elementos dispuestos en la figura 8 de forma simétrica.



El esquema para este servicio se obtiene completando el circuito con el grupo de accionamiento, la válvula limitadora de presión y los manómetros.

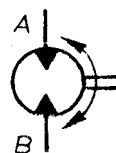
### Aplicación

Los motores hidráulicos se utilizan, según su construcción y ejecución, en todos los ramos de la industria. Así, por ejemplo, se emplean para accionar vehículos de todo tipo (sector móvil, como accionamientos de rodillos, en plantas siderúrgicas y de laminado, en la construcción de maquinaria pesada y de prensas, así como accionamiento del husillo en máquinas de moldeo por inyección y a presión y como elementos de accionamiento para toda clase de movimientos rotatorios en la construcción naviera.



### Símbolo según ISO 1219

Motor hidráulico con volumen de desplazamiento constante y dos sentidos de circulación (direcciones de giro) y tuberías de fuga.



**Actividad:** Observar el video de FESTO Hydraulics "AVSEQ09 CILINDROS Y MOTORES"

**Actividad:** Instalar y estudiar el curso virtual de hidráulica "Curso Virtual EH y EN"

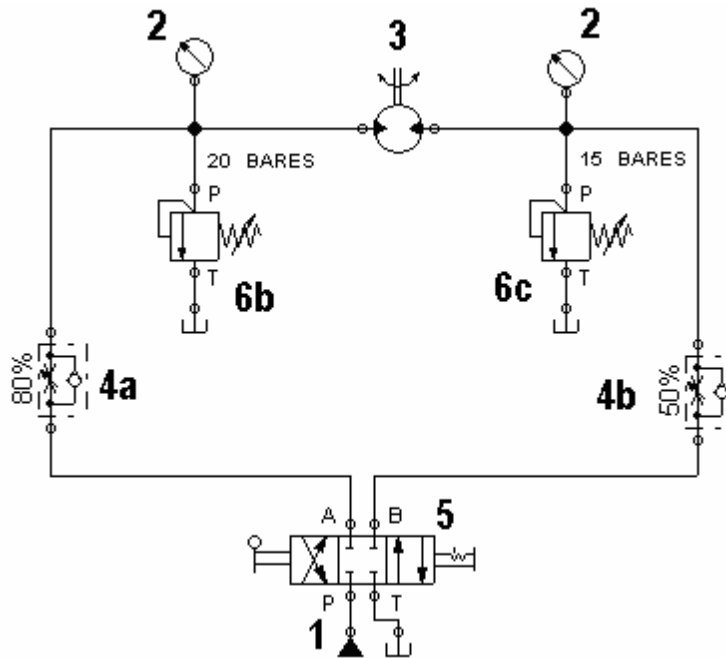
Desarrollado por Ing. Mec. Jovanny Rafael Duque  
Derechos reservados

# Práctica N° 6 Banco de Pruebas Hidráulico

## Motor hidráulico

Ha de establecerse un sistema hidráulico conforme al esquema de circuito siguiente. Debe reconocerse el funcionamiento de un motor de émbolos axiales con disco inclinado.

### Esquema de circuito



### Fases de trabajo

- Preparar el material didáctico (válvulas, mangueras, uniones, etc)
- Colocar los elementos según el esquema de circuito
- Pedir al profesor que examine el circuito
- Analizar el ejercicio y verificar el comportamiento del componente hidráulico.
- Desmontar el circuito y evaluar el ejercicio

### Material didáctico

(1) Grupo de accionamiento, (2) 2 manómetros, (3) Motor de émbolos axiales con disco inclinado, (4) 2 válvulas de estrangulación y antirretorno. (5) Válvula distribuidora 4/3, (6) 2 válvulas limitadoras de presión, (7) Tuberías rígidas con racores, (8) Cuentarrevoluciones, (9) Hoja de protocolo, (10) Examen de conocimientos.

### Seguridad en el trabajo

Conectar el grupo de accionamiento únicamente si lo indica el profesor. Cuidar de estar firmemente parado y no derrame aceite. No trabajar con las manos manchadas de aceite (peligro de resbalar). Efectuar la localización de averías, el armado y el desarmado únicamente cuando la instalación esté sin presión. No debe tocarse el eje de salida de fuerza, en rotación, del motor hidráulico.

## 2.21 Acumulador hidráulico

### Objeto

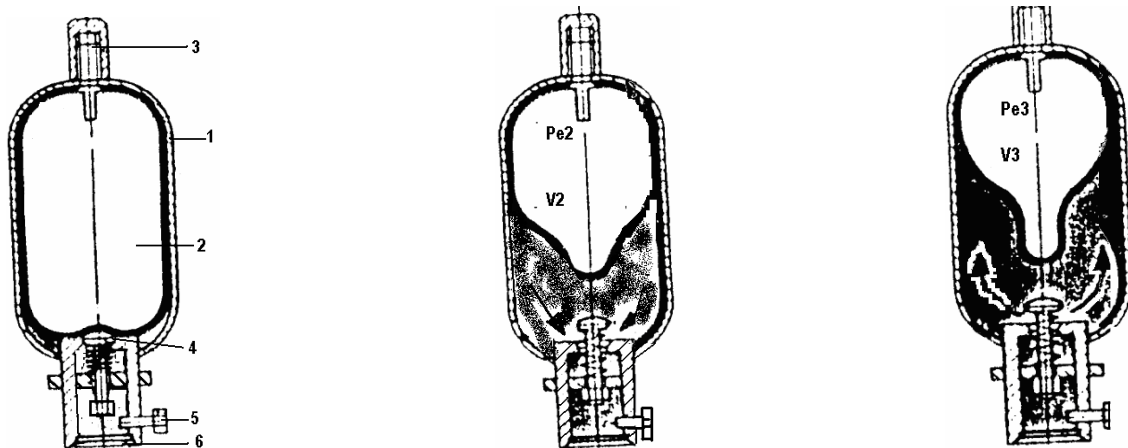
Si disminuye la presión el acumulador debe poder suministrar líquido a presión al sistema hidráulico. El fluido hidráulico bajo presión entra a las cámaras del acumulador y hace una de estas tres funciones: comprime un resorte, comprime un gas o levanta un peso, y posteriormente cualquier caída de presión en el sistema provoca que el elemento reaccione y fuerce al fluido hacia fuera otra vez.

### Construcción

El acumulador de vejiga consta de los siguientes componentes importantes para su funcionamiento : (1) Depósito de acero , (2) Vejiga del acumulador , (3) Válvula de gas , (4) Válvula de plato , (5) Tornillo de purga de aire y (6) Empalme para la tubería del líquida a presión.

### Funcionamiento

Se llena la vejiga elástica del acumulador de nitrógeno tomado de una botella a presión por la válvula de gas, hasta alcanzar la presión de llenado necesaria ( $Pe1$ ). La vejiga del acumulador rellena interiormente el depósito de acero y cierra la válvula de plato. El nitrógeno contenido en la vejiga tiene el volumen  $V1$ , (Fig. 1). Al poner en marcha el grupo de accionamiento una parte del líquido a presión enviado por la bomba pasa por la válvula de plato y entra en el depósito acumulador, comprimiendo el nitrógeno en la vejiga hasta el valor necesario de la presión máxima de trabajo ( $Pe3$ ). El volumen del nitrógeno disminuye con ello a  $V3$ . (Fig. 2). Si baja la presión en el sistema hidráulico. El líquido a presión contenido en el acumulador es desplazado por la vejiga que se dilata con la presión momentáneamente mayor  $Pe3$  hasta que las presiones se equilibran. Al mismo tiempo la presión en la vejiga disminuye de  $Pe1$  a  $Pe2$  y el volumen del gas se dilata de  $V3$  a  $V2$  (Fig. 3).



### Funcionamiento

Se llena la vejiga elástica del acumulador de nitrógeno tomado de una botella a presión. por la válvula de gas hasta alcanzar la presión de llenado necesaria ( $Pe1$ ). La vejiga del acumulador rellena interiormente el depósito de acero y cierra la válvula de plato. El nitrógeno contenido en la vejiga tiene el volumen  $V1$ .

Al poner en marcha el grupo de accionamiento una parte del líquido a presión

enviado por la bomba pasa por la válvula de plato y entra en el depósito acumulador, comprimiendo el nitrógeno en la vejiga hasta el valor necesario de la presión máxima de trabajo ( $P_{e3}$ ). El volumen del nitrógeno disminuye con ello a  $V_3$ .

Si baja la presión en el sistema hidráulico el líquido a presión contenido en el acumulador es desplazado por la vejiga que se dilata con la presión momentáneamente mayor  $P_{e3}$  hasta que las presiones se equilibran. Al mismo tiempo la presión en la vejiga disminuye de  $P_{e3}$  a  $P_{e2}$  y el volumen del gas se dilata de  $V_3$  a  $V_2$ .

### **Aplicación**

Los acumuladores se utilizan como suministradores de líquido en caso de emergencia cuando falla la bomba por alguna perturbación con el objeto de finalizar un proceso iniciado (véase el esquema del circuito).

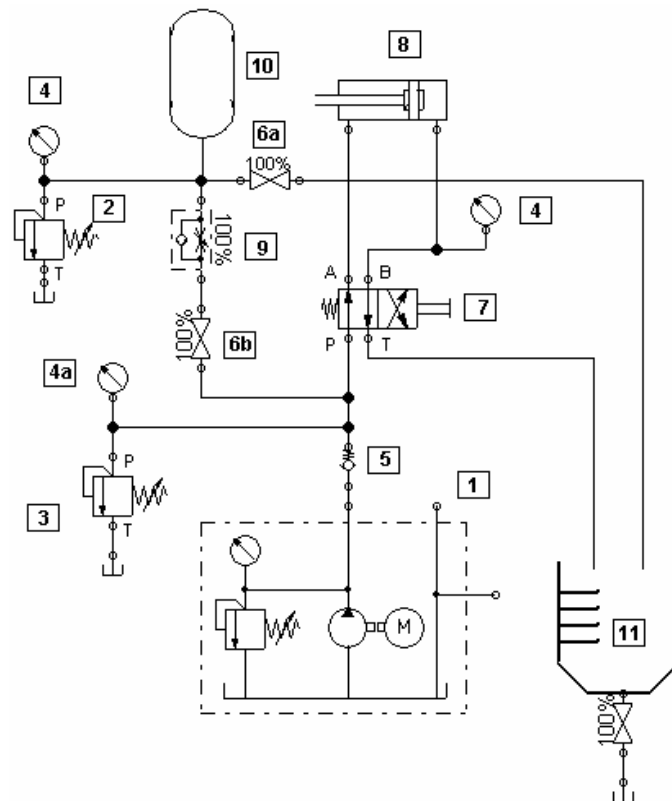
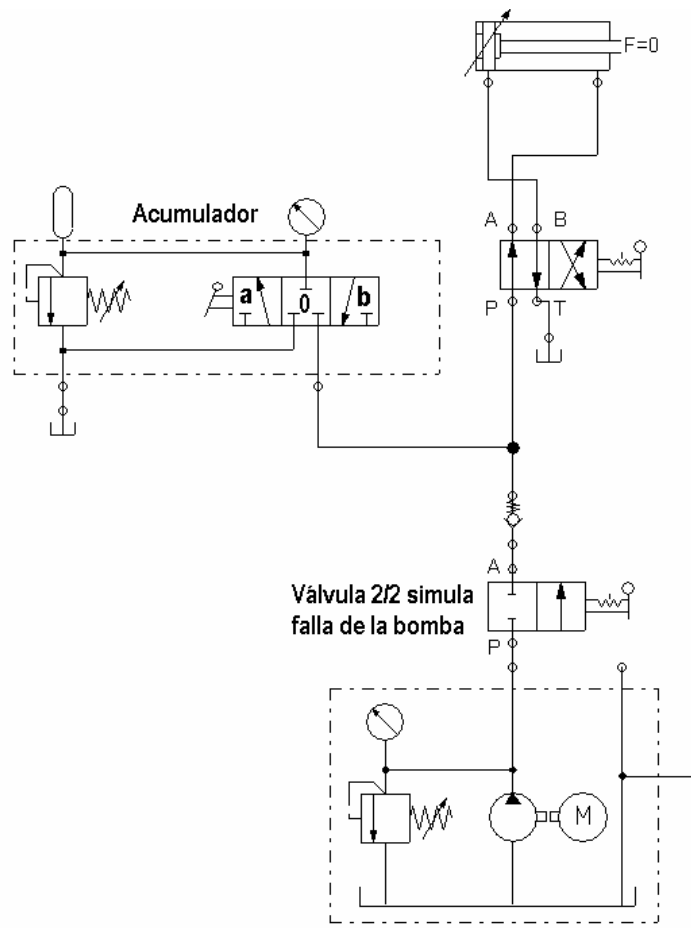
La cantidad acumulada de líquido a presión para el circuito de al lado debe ser tal que en caso de fallar la bomba el cilindro de doble efecto pueda efectuar los movimiento.

### **Actividad: Acumulador hidráulico**

Ha de establecerse un sistema hidráulico conforme al esquema de circuito siguiente.

Al accionar la válvula distribuidora 4/2 el vástago del émbolo del cilindro de doble efecto debe salir. En caso de fallar la bomba, el acumulador se empleará como fuente de energía con el objeto de llevar a término la fase ya empezada por el cilindro de doble efecto

Al accionar la válvula 3/3 del acumulador a su posición a se carga el acumulador hasta la presión que le permite la válvula limitadora de presión incorporada. En la posición media conserva el aceite a presión, si se presenta una falla de caudal (válvula 2/2) se puede usar el aceite del acumulador para terminar la labor del cilindro, cuando se quiera descargar el acumulador se conmuta la válvula 3/3 del acumulador a su posición b.



# **CIRCUITOS HIDRÁULICOS**

Simbología de los componentes hidráulicos según norma ISO 1219. Construcción e interpretación de circuitos hidráulicos. Plano de situación. Esquemas de distribución. Denominación de los componentes. Diagramas de procesos. Diagrama Espacio-Fase. Diagrama Espacio Tiempo. Circuitos hidráulicos con un solo cilindro. Circuitos hidráulicos con dos cilindros. Circuitos hidráulicos especiales. Control de maniobras de motores hidráulicos. Simulación y activación de circuitos hidráulicos por computador con el software Fluid Sim 3.5 H. Aplicaciones diversas a la industria. (12 Horas).

Al finalizar esta unidad el estudiante desarrollará las siguientes competencias y estará en capacidad de:

- Comprender los fundamentos de diseño, criterios de selección y operación de los sistemas hidráulicos y electrohidráulicos con aplicación en la industria.
- Montar y diseñar sistemas de control hidráulico, seleccionando técnicamente los componentes y siguiendo las normas de seguridad en el campo eléctrico.
- Identificar fallas verificando continuamente el estado del equipo, con el objeto de acometer labores de mantenimiento.
- Corregir las averías mecánicas o eléctricas de los equipos aplicando técnicas adecuadas para reestablecer una función específica.
- Fomentar el trabajo en equipo y la armonía entre las personas con las que interactúa permanentemente, propiciando la conciliación de los conflictos que se presenten.
- Actuar de acuerdo con los principios éticos, morales y de seguridad necesarios para el correcto desempeño profesional en la empresa.

## **3.1 Simbología de los componentes hidráulicos según norma ISO 1219.**

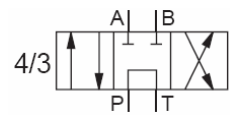
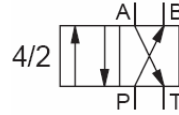
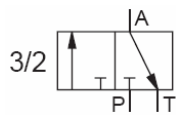
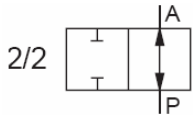
Bomba hidráulica de desplazamiento fijo con un solo sentido de giro y con flujo en ambos sentidos



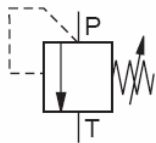
Motores hidráulicos de desplazamiento fijo con un solo sentido de giro y con flujo en ambos sentidos



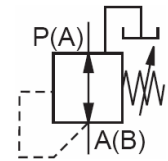
Válvulas distribuidoras



Válvula limitadora de presión tres vías (con orificio de escape)



Válvula reguladora de presión de



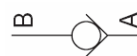
Válvula de estrangulación fija y regulable



Válvula reguladora de caudal de dos vías (válvula de caudal constante)



Válvula de cheque con precarga y sin precarga



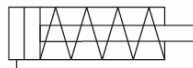
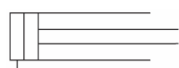
Válvula de cierre



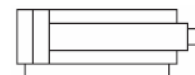
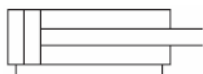
Válvula antirretorno pilotada externamente o desbloqueable hidráulicamente



Cilindro de simple efecto con retorno por fuerza exterior, con retorno por muelle y telescópico.

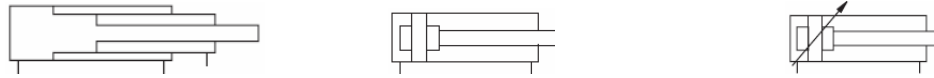


Cilindro de doble efecto con vástago simple, con vástago doble y diferencial








Cilindro de doble efecto telescópico, con amortiguación simple en ambos finales de recorrido y con amortiguación regulable en ambos finales de recorrido.



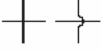



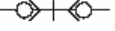




## Transmisión y preparación de energía

Fuente de potencia hidráulica , Motor eléctrico , Motor térmico (combustión) 



Conducto de presión, trabajo o descarga , Conducto de mando o pilotaje 

Conducto flexible , Conexiones de tubos , Cruces de conductos 

Evacuación (purga) de aire , Acoplamiento rápido , Depósito 

Filtro , Refrigerador , Calefactor 

## Equipos de medición

Manómetro , Termómetro , Caudalímetro , Indicador de nivel 

## 3.2 Introducción a la técnica de mando hidráulico

La técnica de mando se ha hecho imprescindible en nuestra sociedad industrializada. Sin esta tecnología no sería posible el estado actual de automatización. Ninguna rama de la industria puede desechar esta disciplina.

Para una colaboración entre los distintos especialistas (neumática, hidráulica, electricidad, electrónica) es indispensable el hablar un lenguaje uniforme. Es decir que deben existir definiciones exactas de términos y bases de validez general.

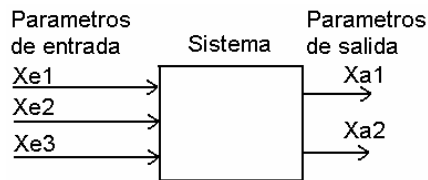
Los fundamentos de la técnica de mando, aquí tratados, rigen en general para la totalidad de esta tecnología, siendo independientes de la energía de mando o de trabajo utilizada y de la ejecución técnica de los elementos del automatismo

### Mandar, mando (definición DIN 19 226)

Mandar o controlar es aquel suceso en un sistema, en el cual influyen uno o varios parámetros, considerados de entrada, en otros parámetros, considerados de salida, en virtud de leyes propias del sistema.

La característica para el mando es el desarrollo abierto de la acción a través del órgano individual de transferencia o a través de la cadena de mando.

La denominación mando se utiliza a menudo no sólo para el acto de controlar, sino también para la instalación de conjunto, en la que tiene lugar el mando.



## Posibilidades de representación del desarrollo secuencial de los movimientos y de los estados de conmutación

Con objeto de facilitar un reconocimiento rápido y seguro de los desarrollos del movimiento y de los estados de conmutación es preciso encontrar una forma de representación adecuada para los movimientos y estados de conmutación.

Dichas formas de representación sustituyen o complementan a la descripción verbal de un sistema de mando.

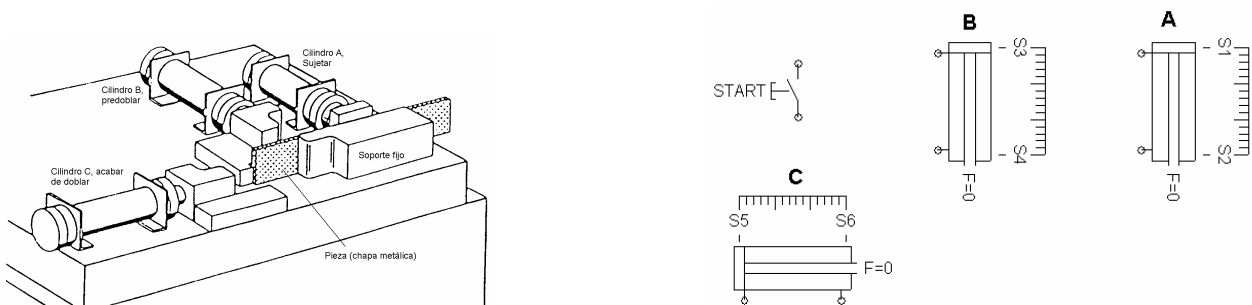
Estas formas de representación por otra parte han de facilitar un mejor entendimiento entre los profesionales de la construcción de máquinas, la electrotécnica y la electrónica.

En base a un ejemplo de la práctica se pasa a exponer las diferentes formas de representación.

### Ejemplo: Dispositivo de doblar.

Con el útil de doblar se doblan chapas. La chapa es colocada a mano. Una vez accionado el botón de arranque, el cilindro A sujeta la pieza. El útil del cilindro B efectúa un doblado previo de la pieza y retrocede, el útil del cilindro C acaba doblado. Cuando el útil del cilindro C vuelve a estar en la posición final trasera, el cilindro A suelta la pieza.

#### 3.2.1 Croquis de la situación:



#### Descripción de las fases en orden cronológico

##### Elementos de trabajo

Cilindro A  
 Cilindro B  
 Cilindro B  
 Cilindro C  
 Cilindro C  
 Cilindro A

##### Fases de trabajo

La pieza de chapa es sujeta  
 La pieza de chapa es redoblada.  
 Retorno a la posición inicial  
 La pieza de chapa es acabada de doblar  
 Retorno a la posición inicial  
 La pieza de chapa es soltada

### 3.2.2 Representación simbólica de los movimientos

En esta representación hay que prestar atención a la coordinación de los movimientos de salida y entrada.

Designación para Carrera de avance con +  
Carrera de retroceso con --

La representación simbólica describe los movimientos de los elementos en orden al desarrollo:

**A +, B +, B- , C +, C- , A-**

### Representación grafica (en forma de diagrama)

En la representación de determinadas fases secuenciales de máquinas o Instalaciones se emplean diferentes tipos de diagramas

La directriz VOI 3260 habla de diagramas de funcionamiento, quedando subdivididos éstos en diagramas de recorridos o espacios y diagramas de estados o fases.

En el diagrama de recorridos ha de representarse los recorridos de un elemento de trabajo (cilindros).

En el diagrama de estados se representará la acción de conjunto de varios elementos de trabajo con otras unidades de mando y unidades combinatorias.

Ambos diagramas se conocen bajo las definiciones

- Diagrama de movimientos
- Diagrama de mandos

### Diagramas de movimiento

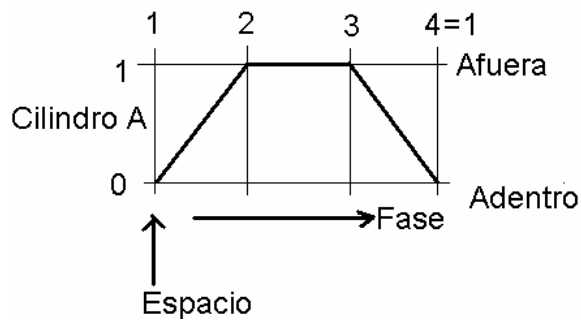
#### 3.2.3 Diagramas espacio-fase

Los diagramas desplazamiento/fase deben representar de forma gráfica el orden en que se efectúa el mando y la regulación de los elementos. Pueden reemplazar a la descripción del funcionamiento.

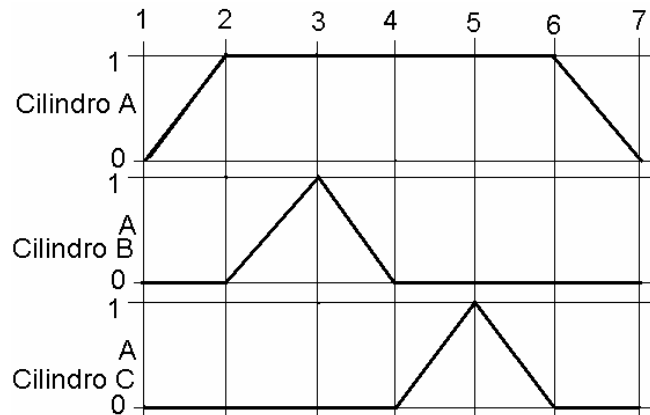
Aquí queda representada la operación que realiza un elemento de trabajo, es decir en función de las respectivas fases (fase: cambio de estado de cualquier subunidad) queda trazado el espacio recorrido. Cuando para un mando existen varios elementos de trabajo, quedarán representados éstos de la misma manera y trazados uno bajo el otro. La concurrencia en el desarrollo queda establecida por las fases.

El diagrama desplazamiento - fase se dibuja sobre dos coordenadas (líneas). En una de las coordenadas se registran las diversas fases de una serie de trabajos y en la otra, el estado correspondiente (desplazamiento). Los movimientos de los elementos de trabajo y de mando se representan con líneas funcionales (rectas).

Los diagramas desplazamiento/fase facilitan la descripción del funcionamiento de instalaciones hidráulicas y son un auxiliar excelente en la planificación, la construcción, las reparaciones y la localización de averías.



Para el ejemplo del dispositivo de doblar resulta el diagrama espacio-fase siguiente:



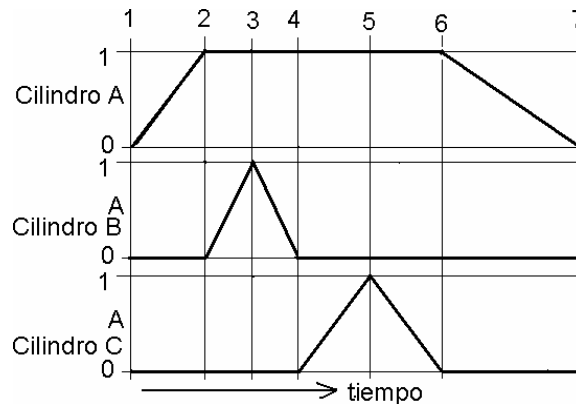
Recomendaciones para la disposición gráfica:

- Los pasos (fases) deberían quedar trazados horizontalmente y con idénticas distancias.
- El recorrido (espacio) no se trazará a escala, sino de modo idéntico para todas las subunidades.
- Existiendo varias unidades, no debería escogerse demasiado pequeña la distancia vertical entre los recorridos ( $1/2 - 1$  paso)).
- Cuando durante el movimiento no se modifica el estado de la instalación, p. ej. por accionamiento de un pulsador final en la posición central del cilindro o por modificación de la velocidad de avance, pueden quedar introducidos pasos intermedios.
- La numeración de los pasos es a elección.
- La designación del estado también es a elección. Puede tener lugar como en el ejemplo por indicación de la posición del cilindro (detrás-delante, arriba-abajo, etc.) o por cifras (p. ej. 0 para la posición final trasera y 1 para la posición final delantera).
- A la izquierda del diagrama se anotará la denominación de la unidad respectiva, p. ej. cilindro A.

### 3.2.4 Diagrama espacio-tiempo

El espacio recorrido por la subunidad es aplicado en función del tiempo. En contraposición al diagrama espacio-fase, es aplicado aquí el tiempo  $t$  a escala y establecida la unión cronológica en el desarrollo entre la unidad individual.

Para el ejemplo del dispositivo de doblar resulta el diagrama espacio-tiempo siguiente:



Para la representación gráfica rige aproximadamente lo mismo que como para el diagrama espacio-fase. La relación con el diagrama espacio-fase queda de manifiesto por las líneas de unión (líneas de fases), cuyas distancias corresponden ahora sin embargo al tiempo respectivamente necesario y a la escala de tiempo elegida

El diagrama espacio-fase ofrece una melar visualidad de las correlaciones, en cambio en el diagrama espacio-tiempo pueden representarse con más claridad las interferencias y las diferentes velocidades de trabajo.

#### Se recomienda lo siguiente:

Los diagramas espacio-fase deberían quedar empleados preferentemente para el proyecto y la representación de mandos por recorrido (mandos secuenciales en función del proceso), puesto que juega el tiempo un papel secundario.

Los diagramas espacio-tiempo deberían quedar empleados preferentemente para el proyecto y presentación de mandos por tiempo (mandos secuenciales en función del tiempo), puesto que en el diagrama está claramente representada la dependencia temporal de la secuencia del programa.

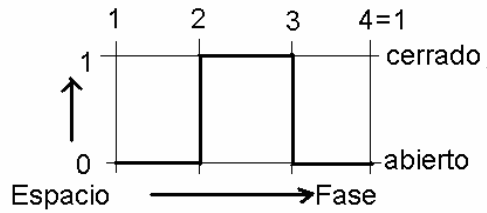
Cuando han de establecerse diagramas para elementos rotativos de trabajo (p. ej. motores eléctrico neumáticos), se emplearán las mismas formas básicas. Sin embargo no se tendrá en cuenta el curso temporal de la modificación de estado, es decir en el diagrama espacio-fase una modificación de estado (p. ej. conexión de un motor eléctrico) no transcurrirá a lo largo de toda una fase, sino que se aplicará directamente sobre la línea de fases.

### 3.2.5 Diagrama de mando

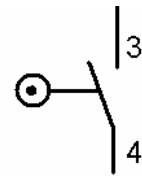
En el diagrama de mando quedan aplicados sobre las fases los estados de conmutación de los elementos de entrada  $z$  de procesamiento de señales, no considerándose en esto los tiempos de conmutación.

La posición base de los elementos reviste importancia en ello y se considerará en el diagrama de mando, p. ej. Abierto, cerrado, estado de señal 0 ó 1.

#### Transmisor de señales



Final de carrera NA  
(Normalmente abierto)



En el ejemplo de arriba, un final de carrera cierra en la fase 2 (señal 1) y vuelve a abrir en la fase 3 (señal 2).

**Se recomienda lo siguiente:**

El diagrama de mando debería quedar trazado en combinación con el diagrama de movimiento.

Las fases o los tiempos deberían quedar aplicados horizontalmente.

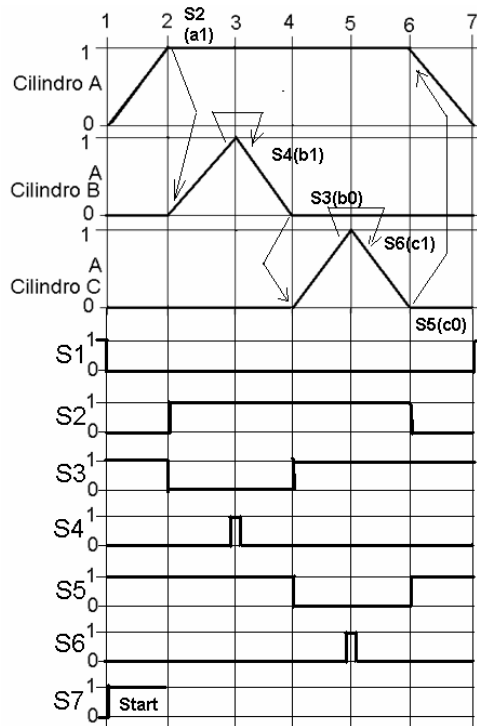
La distancia vertical de las líneas de movimiento es a voluntad, pero conviene mantenerla clara.

Ambos diagramas, diagrama de movimiento y diagrama de mando en correlación, se califican de diagrama de funcionamiento.

En la línea de abajo está representado el diagrama de funcionamiento para el ejemplo del dispositivo de doblar

La aplicación de los finales de carrera en el diagrama de movimiento constituye una ampliación y muestra con más claridad las correlaciones.

Para este caso todos los finales de carrera se consideraron (NA).



El diagrama de funcionamiento explicado permite la identificación y la verificación de las fases secuenciales (movimiento de los cilindros). Por lo

demás se desprende de él la posición de los finales de carrera y los estados de conmutación de éstos.

### 3.2.6 Esquema funcional (Según DIN 40 719, 6ª parte, edición Marzo 1977)

**Nota:** En este apartado quedan explicados los símbolos gráficos y las directrices de representación más importantes, hasta donde es necesario para la comprensión de los esquemas funcionales reseñados en este libro.

Al lector, que desee profundizar más en esta materia, se le recomienda el estudio de las normas DIN 40700, 14ª parte y DIN 40 719, 6ª parte.

#### Objeto del esquema funcional

El esquema funcional es una representación orientada al proceso de un problema de mando, independiente de su realización, p. ej. de los utillajes empleados, del tendido de las líneas o del lugar de incorporación. Este sustituye o complementa la descripción verbal del problema de mando.

El esquema funcional sirve como medio de entendimiento entre fabricante y usuario. Facilita la acción de conjunto de diferentes disciplinas técnicas, p. ej., Construcción de máquinas, neumática, hidráulica, técnica de procesos, electricidad, electrónica, etc.

El esquema funcional representa en forma sinóptica un problema de mando con sus características esenciales (estructura ordinaria) o con los detalles precisos para el caso respectivo de aplicación (estructura pormenorizada). Es un tipo de esquema independiente y un complemento del material documental de circuito.


#### Ejemplo

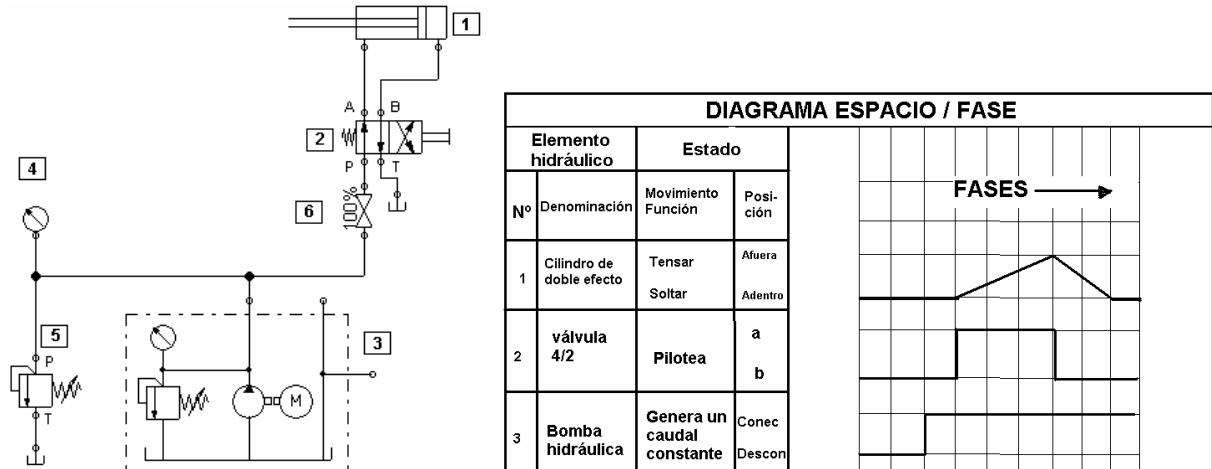
En un formulario, como el que se enseña aquí de muestra, se anotan los elementos hidráulicos con su número, designación, denominación y función. En el diagrama de «funciones» que sigue a continuación se dibujan luego las señales según su orden (en fases).

En las columnas tituladas «Nº de elemento» y «Denominación» se anotan los números y denominaciones de los elementos que se encuentran en el respectivo esquema. Además de la fuente de energía hay que anotar únicamente los elementos que determinan el funcionamiento, como válvulas y cilindros.

En la columna «Movimiento» y «Función» resultan

Para el motor eléctrico	→	conversión de energía
Para la bomba hidráulica	→	conversión de energía
Para las válvulas distribuidoras	→	mando

Antes del punto «O», los elementos de la instalación están dibujados en posición inicial. Con la señal de puesta en marcha  en «O» tiene lugar la conexión del motor eléctrico. Como consecuencia, la bomba hidráulica impulsa el líquido. En el diagrama, para la bomba hidráulica al igual que para el motor eléctrico hay que anotar en el punto «O» la fase de «desconectado» a «conectado».



Al accionar la válvula 4/2 debe salir el vástago del émbolo del cilindro de doble efecto; al dejar de actuar la presión, debe volver a entrar. Para lo cual se necesita una válvula limitadora de presión, para evitar que las presiones suba demasiado. La magnitud de la presión ajustada debe leerse en un manómetro.

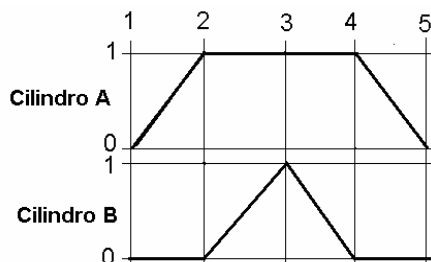
### 3.3 Diseño cinemático de sistemas hidráulicos

El diseño cinemático de un sistema hidráulico está relacionado con el arreglo de los electos hidráulicos que permitan dar solución a los requerimientos del problema , es así como para una misma situación el diseñador puede ofrecer varias opciones, creando esquemas funcionales que cumplan con el diagrama espacio-fase, en esta instancia no se tienen en consideración el dimensionamiento de los elementos hidráulicos y donde los software de simulación de sistemas hidráulicos juegan un papel importante.

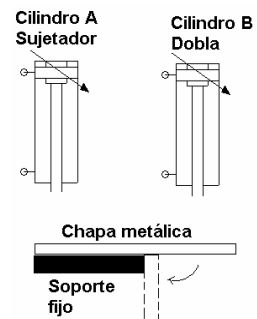
#### Circuito hidráulico para el accionamiento de una prensa.

La prensa consta de dos cilindros, el cilindro A debe sujetar la pieza durante todo el proceso de doblado y el cilindro B es el encargado de hacer el trabajo de doblado de la chapa metálica.

Diagrama Espacio – Fase



Croquis Técnico

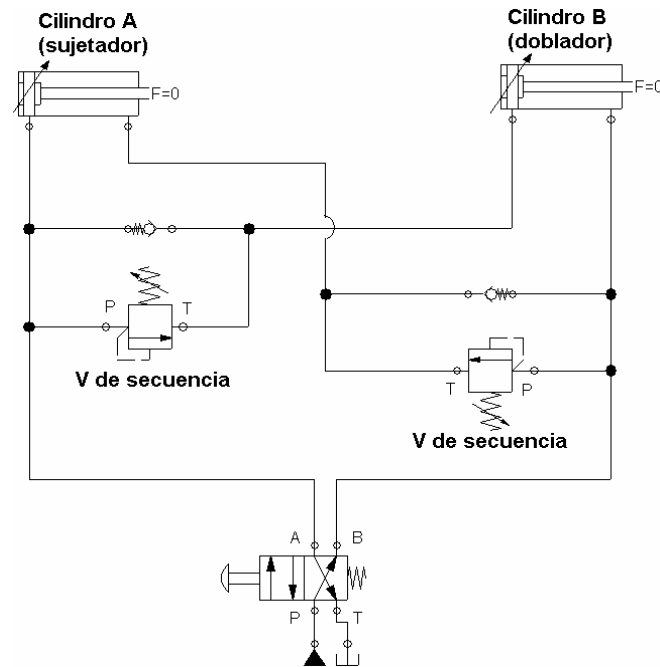


A continuación se muestran varios circuitos que satisfacen el diagrama espacio-fase



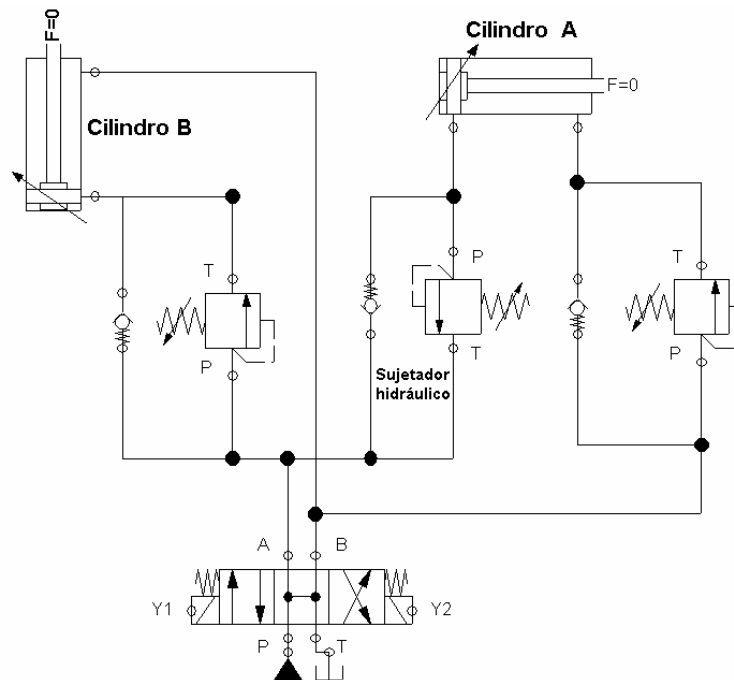
### Opción A (mando por presión) uso de válvulas de secuencia

Una vez el operador acciona manualmente la válvula 4/2, sale el cilindro A y solo al alcanzarse una presión igual a la presión de juste de la válvula de secuencia, el aceite puede fluir hacia el cilindro B, modo similar sucede cuando la válvula 4/2 regresa a su posición de reposo.



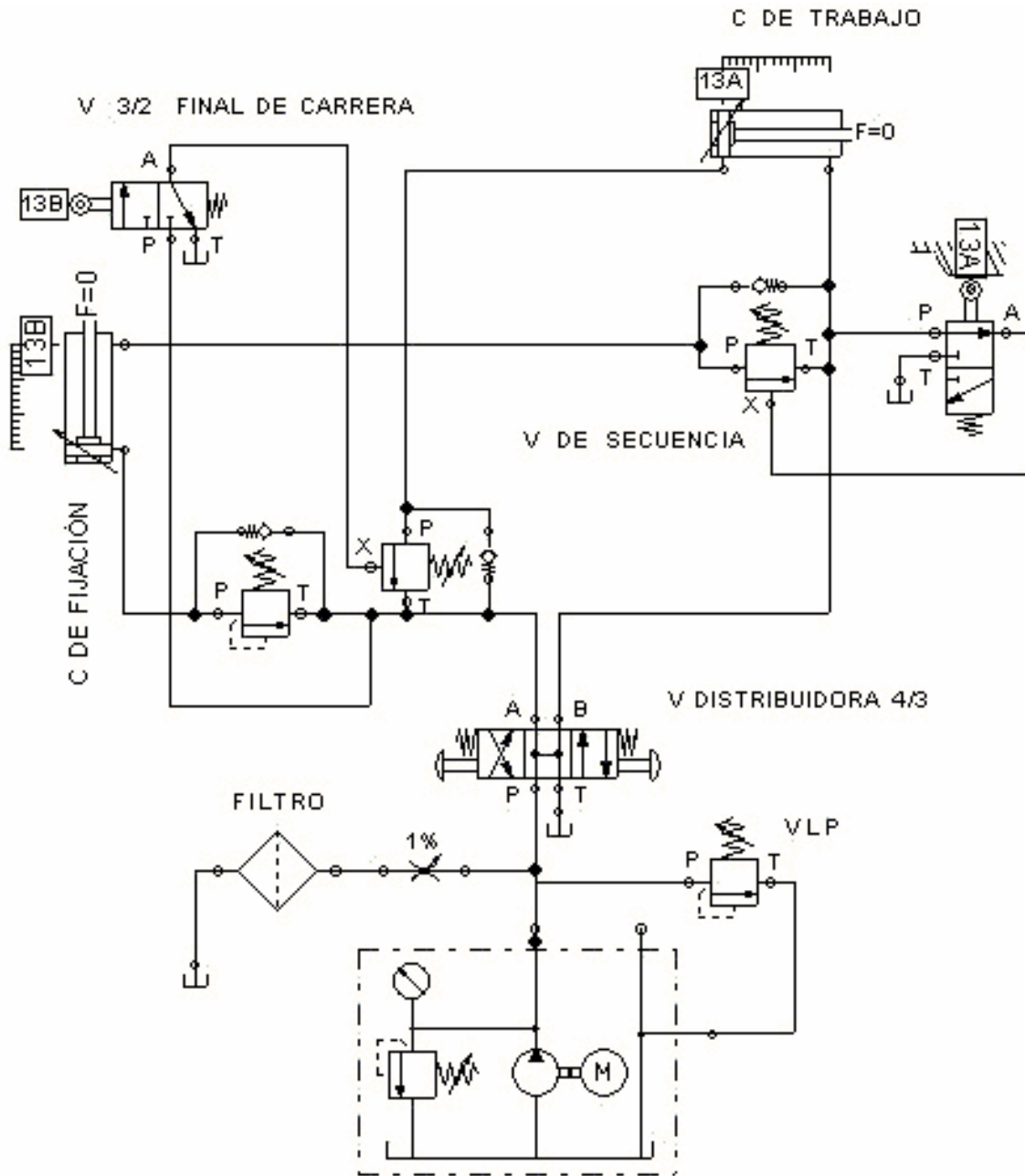
### Opción B (mando eléctrico y uso de mecanismo sujetador hidráulico).

En este caso las válvulas de secuencia actúan igual que en el circuito anterior, sin embargo se ha incorporado una electroválvula 4/3 y un circuito sujetador hidráulico que asegura la sujeción de la pieza en todo momento.



### Opción C (mando por presión y por posición)

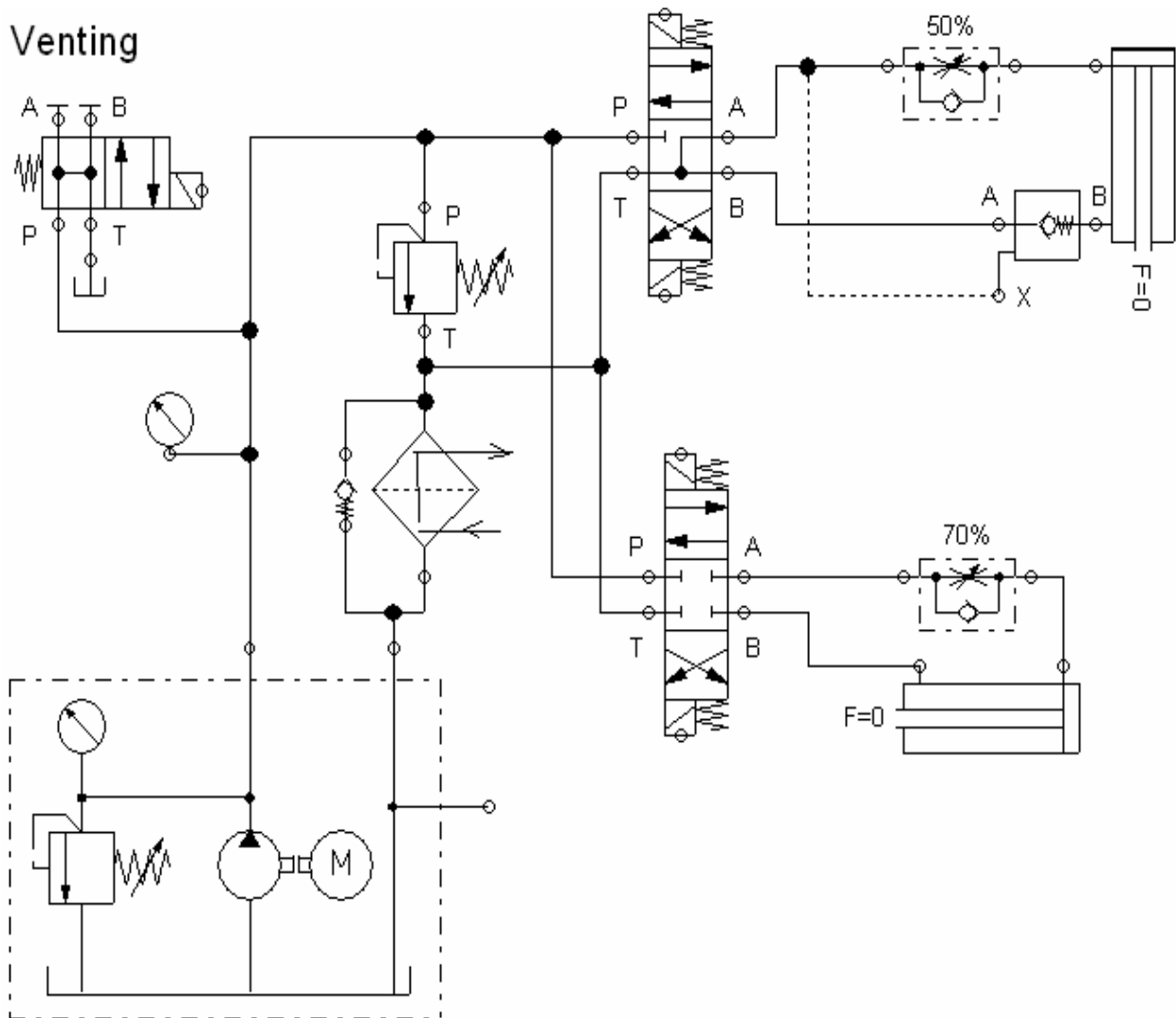
En este circuito, para que avance el cilindro B o regrese el cilindro A , no solo es necesario que se alcancen ciertos valores de presión sino que se activen las válvulas 3/2 que hacen las veces de finales de carrera, con esto se verifica también la posición de los actuadores.



## Opción D (mando eléctrico independiente e incorporación de un cheque desbloqueable)

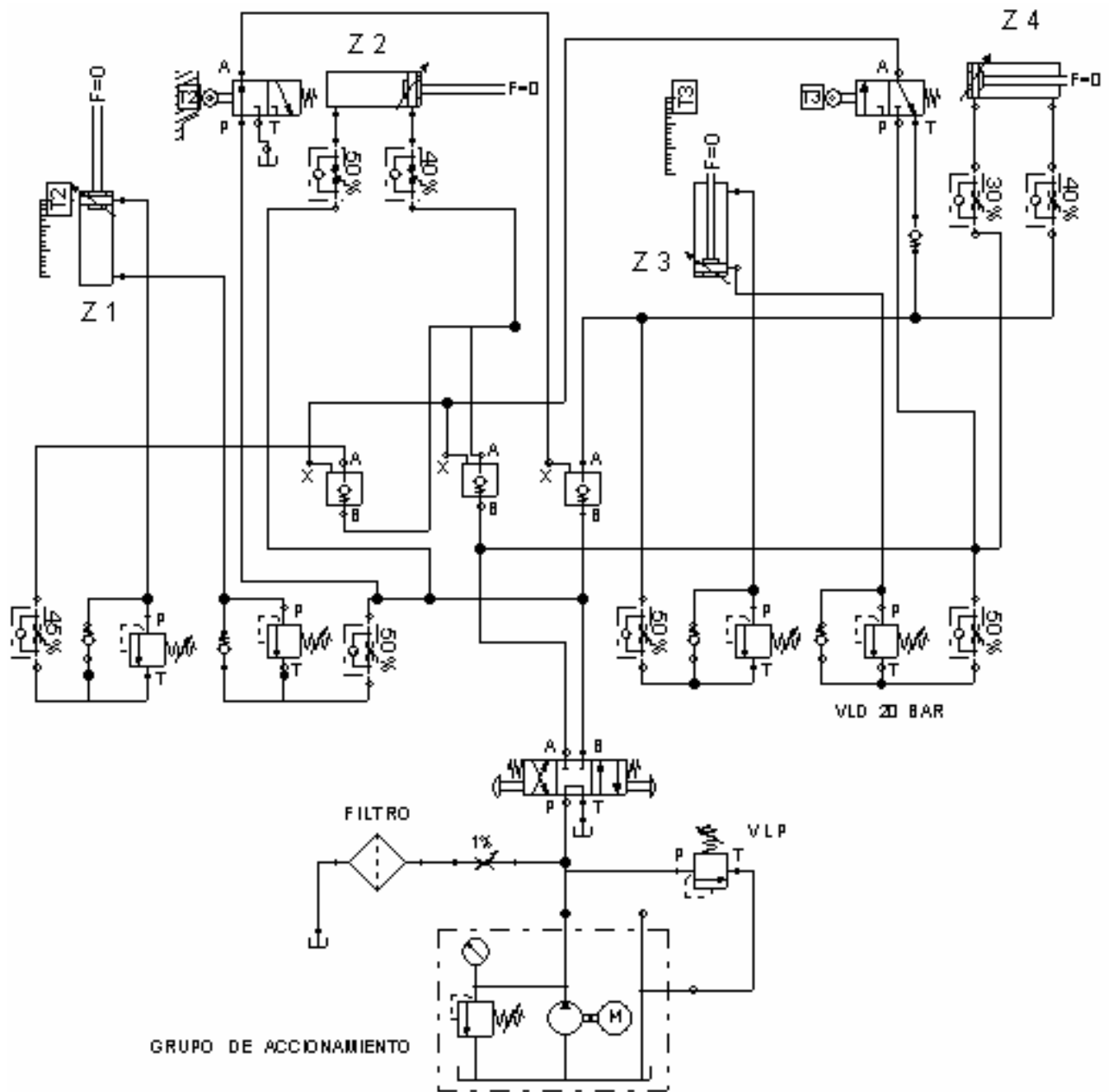
En este circuito a cada cilindro le corresponde una válvula y se ha incorporado un sistema que impide el deslizamiento del cilindro de sujeción. A fin de garantizar la seguridad de la operación.

### Venting



## Circuito hidráulico para el accionamiento de una esclusa para botes

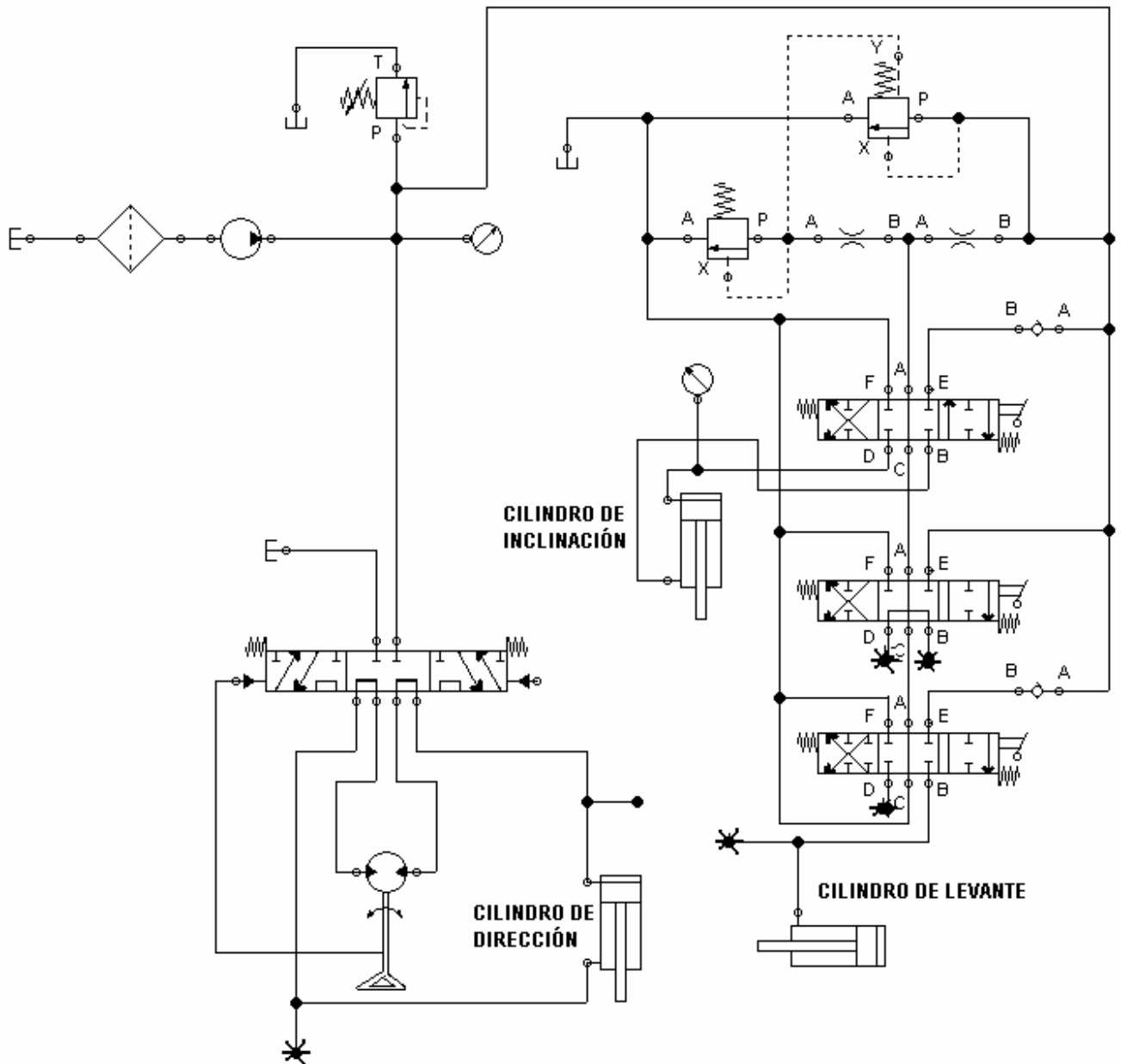
El circuito muestra el movimiento coordinado de los cilindros Z4 y Z3 los cuales controlan el flujo de un canal en el lado norte por medio de una compuerta y una ventanilla de circulación, y solo hasta que estos dos cilindros hayan realizado su labor es posible que los cilindros Z1 y Z2 hagan lo propio, el circuito incorpora mando por posición a través de las válvulas 3/2 T2 y T3 unidas hidráulicamente a las válvulas antirretorno desbloqueables.



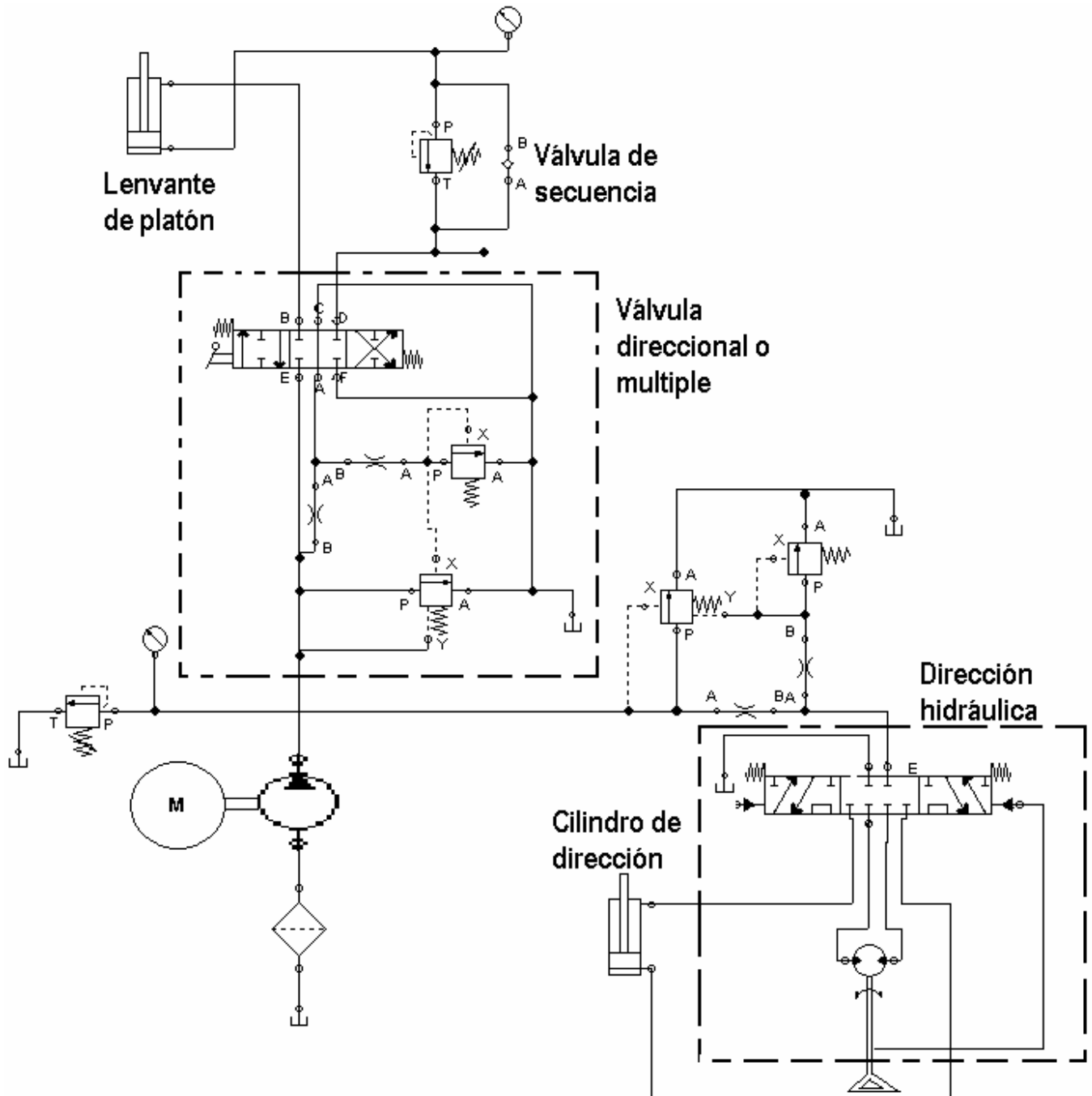
**Actividad:** montar cada uno de los circuitos de la prensa y el circuito de las esclusas para botes en el software de simulación Fluid Sim H 3.5.

**Actividad:** Analice el circuito hidráulico de un montacargas, este circuito debe suministrar potencia para el levante de la carga, la inclinación de la torre y la dirección hidráulica.

**Actividad:** Analice el circuito de control de un elevador hidráulico (montacargas) en el libro "Oleohidráulica básica y diseño de circuitos"



**Actividad:** Analice el circuito hidráulico de una volqueta, este circuito debe suministrar potencia para levantar el platón y para el sistema de dirección hidráulica.



**Actividad:** investigue el funcionamiento de un sistema hidráulico de una volqueta (hable con operadores, instructores, ó ingenieros que estén a cargo del mantenimiento ó venta de estos equipos).

### **3.4 Diseño de circuito (dimensionamiento de elementos)**

Una vez conocida las aplicaciones de los sistemas hidráulicos<sup>3</sup>, sus componentes, y algunas de sus principales fórmulas para realizar los cálculos necesarios, se pueden empezar a diseñar los circuitos. El diseño de un circuito conlleva dos tareas primordiales: por una parte del cálculo y la definición completa del componente en función de sus necesidades (presión, caudal, etc.), y por otra el dibujo o croquis del circuito.

Es importante considerar durante el cálculo de los componentes, la disponibilidad de estos en el mercado de los componentes estandarizados. En la mayoría de las ocasiones se tendrá que jugar con los valores variables del sistema para adoptarlos a los componentes que existen en el mercado. Por ello una vez dibujado el sistema y definido sus componentes, suele ser necesario rehacer los cálculos para adaptar al sistema los componentes estandarizados que mejor se adapten a las necesidades del mismo.

Se ha de considerar que entre un elemento estandarizado (Ej. un cilindro) otro de fabricación especial la diferencia en costos puede ser muy considerable.

Para el diseño de un circuito puede ser muy impredecible el conocimiento exacto de las de las necesidades y trabajos a realizar por los diseños accionadores (velocidades, fuerzas, tiempos, ciclos, etc.), así como las limitaciones (espacios, potencia disponible, tipo de energía, etc.). Como los datos del diseño, y con la ayuda de los símbolos, se hace un croquis en el que se dibujan los elementos accionadores y pulsadores; a continuación se elabora una secuencia de los movimientos y trabajos a realizar, es decir se propone el diseño cinemático del sistema.

Estos movimientos trabajos o fases del ciclo ayudara a definir los componentes de regulación y control que se han de intercalar entre el accionador final y elemento impulsor. Finalmente se añaden al croquis los accesorios del sistema.

Una vez realizado el croquis del circuito se enumeran los componentes, y en una relación a parte se les da nombre y apellido: lo que en croquis era una bomba debe definirse y concretarse en tipo, velocidad de funcionamiento cilindrada, presión del trabajo, etc. ; el cilindro debe definirse en función de su longitud de carrera, áreas, espesor de paredes ,diámetro del vástago (para evitar pandeos),etc.; y así se hará con todos y cada uno de los componentes (tipo de conexión y montaje, escala de los indicadores, tipo de flujo, grado de filtración de los filtros etc.).

#### **Sistema para el accionamiento de un cilindro**

Se trata de diseñar un circuito para el accionamiento de un cilindro vertical de la prensa. Inicialmente, para facilitar el sistema, solo se suministran los datos correspondientes a esfuerzos, velocidades y componentes ya existentes:

1. Se ha de desarrollar una fuerza de 14.000 Kg. en la prensada que se realiza en 20s.
2. A continuación se mantiene la pieza prensada durante otros 30s.
3. Seguidamente retrocede la prensa en 10s hasta alcanzar su posición inicial; para realizar este movimiento debe vencer un peso de 5.350 Kg.
4. Finalmente la prensa se mantiene en reposo durante 15s; es importante que se mantenga en esta posición ya que si bajase por propio peso podría lastimar al operario que esta cambiando la pieza prensada por otra nueva.

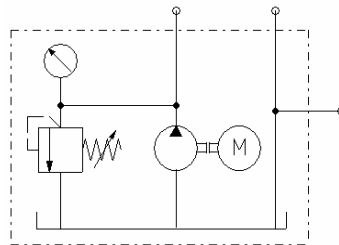
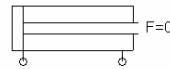
---

<sup>3</sup> ROCA RAVELL, F. (1999). Oleohidráulica básica, diseño de circuitos, Felipe Roca Ravell. México Alfaomega, UPC.

5. La longitud total a recorrer es de 150 cm.
6. Se va a aprovechar un cilindro hidráulico de 1.500mm. de carrera, con diámetro interior de 120mm ( $R = 60\text{mm}$ ) y 80mm ( $r = 40\text{mm}$ ) de diámetro de vástago.
7. Se dispone de energía eléctrica suficiente y de un motor eléctrico de 1450RPM para el accionamiento además la temporización se deberá realizar por medios eléctricos.
8. Considérese la eficiencia del grupo de accionamiento ( $\eta = \text{Pot Hidráulica en la descarga de la bomba} / \text{Pot eléctrica del motor} = 0.85$ ).

### 3.4.1 Croquis del sistema

En primer lugar se dibujan el elemento impulsor (una bomba accionada por un motor eléctrico) y los que posteriormente transformarán la energía hidráulica en mecánica (un cilindro).



Grupo de accionamiento y actuador

### 3.4.2 Ciclo de trabajo

Elaborar una tabla que disponga de todos los datos del ciclo de trabajo, y en la que, una vez realizados, se añadirán los datos de presiones y caudales necesarios para la realización de cada movimiento del ciclo.

Movimiento	Fuerza (F)	Tiempo (S)	Carrera (mm)	Velocidad (Cm/s)	Área (Cm <sup>2</sup> )	Presión (Kg./cm <sup>2</sup> )	Caudal (Cm <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/min.)
<b>Avance</b>	14.000	20	1500		113			
<b>Reposo</b>		30						
<b>Retroceso</b>	5.350	10	1500		62,8			
<b>Reposo</b>		15						
<b>Total</b>		75						

### 3.4.3 Cálculos de los parámetros

Para completar los datos de la tabla anterior se han de calcular los parámetros de presión y caudal necesarios y, posteriormente, la potencia necesaria para el accionamiento de la bomba.



## Presiones

Presión necesaria para ejercer una fuerza de 14.000kg:

$$P_{avance} = \text{fuerza} / \text{superficie} = 14.000 / (\pi * R^2) = 14.000 / (3.14 * 6^2) = 124 \text{ Kgf/cm}^2 = 124 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Presión necesaria para el retorno, venciendo una fuerza de 5.350 Kg.

$$P_{retorno} = 5.350 / \text{superficie anular} = 5.350 / (\pi * R^2 - \pi * r^2) = 5.350 / 62.8 = 85 = 85 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

La bomba deberá ser capaz de inferir al sistema una presión de 123.9 Kg / cm<sup>2</sup> (mas perdida en la carga) por lo que se debe usar una bomba de 150 Kgf/cm<sup>2</sup> de presión de trabajo.

## Caudales para el avance y el retroceso

Si el área del cilindro es de  $\pi * R^2 = 113.04 \text{ cm}^2$ , cada centímetro de avance requerirá  $113.04 \text{ cm}^3$  de fluido. Así para desplazarse 1.500 mm (1ª fase), se necesitarán  $113.04 * 150 = 16956 \text{ cc} = 16.96 \text{ lts}$ .

Como este desplazamiento se realiza en solo 20s, la bomba deberá suministrar un caudal mínimo de avance de 17 lts en 20s o de 51 lts / minuto es decir de  $847 \text{ cm}^3 / \text{s}$ . ( $847 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$ ).

Para recorrer 1.500 mm en 10s (3ª fase): el área anular del cilindro es  $\pi * R^2 - \pi * r^2 = 62.8 \text{ cm}^2$ ; el volumen necesario para realizar un metro y medio de carrera será  $\text{área} * \text{longitud} = 62.8 \text{ cm}^2 * 150 \text{ cm} = 9.420 \text{ cm}^3$  o 9.4 litros; como este volumen se necesita en 10s en un minuto la bomba deberá suministrar un caudal de retorno de  $9.4 * 6 = 56.52 \text{ lts} / \text{minuto}$  ( $942 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$ ).

El caudal en las dos fases de movimiento no es el mismo; por ello se debe utilizar una bomba capaz de satisfacer las necesidades del caudal máximo, e incluir un regulador (limitador) de caudal para reducirlo durante la fase de avance. Para que este regulador sólo funcione en la fase de avance se colocara en la vía de entrada del cilindro por la parte anular, y se complementará con una válvula que permita el libre paso del fluido en sentido contrario, ya que de no ser así también limitaría del flujo en la fase de retroceso (limitador de caudal con antirretorno).

Sea cual sea el tipo de bomba a utilizar, esta será accionada por un motor eléctrico a 1450 r.p.m, por lo que la cilindrada de la bomba será:

$$\text{Caudal máx.} / \text{Velocidad} = 56.6 / 1.450 = 0.039 \text{ lt} / \text{rev} = 39 \text{ cm}^3 / \text{rev}$$

Esta será la cilindrada teórica; sin embargo, las bombas tiene un rendimiento volumétrico que se puede estimar en el 90%, por lo que la cilindrada necesaria para suministrar el caudal requerido será de:  $39 / 0.9 = 43.3 \text{ cm}^3 / \text{rev}$ .

Si no existiese una bomba con esta cilindrada se deberá instalar una de mayor cilindrada y añadir al sistema otro limitador de caudal.

## Motor eléctrico

La potencia del motor eléctrico necesario para el accionamiento de bomba se calcula según su fórmula:

$$N = (P * Q) / \eta_{\text{total}}$$

Para este caso se han de realizar dos cálculos, el de la potencia absorbida en el avance y la del retroceso.

$$\text{Potencia de Avance} = (P \text{ avance} \times Q \text{ avance} / 0.85) = 16.56 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia de retroceso} = (P \text{ retorno} \times Q \text{ retorno} / 0.85) = 12.62 \text{ HP}$$

Así pues, el motor eléctrico deberá tener un mínimo de 17 HP.

### Completar la tabla del ciclo de trabajo

Actualización, con los parámetros obtenidos, del cuadro del ciclo de trabajo.

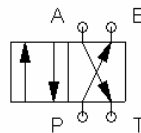
Movimiento	Fuerza (F)	Tiempo (S)	Carrera (mm)	Área (Cm <sup>2</sup> )	Presión (Kg./cm <sup>2</sup> )	Caudal (l/min.)
Avance	14.000	20	1500	113	124	51
Reposo	14.000	30	0	113	124	0
Retroceso	5.350	10	1500	62,8	85	57
Reposo	5.350	15	0	62,8	85	0
<b>Total</b>		75			124	57

#### 3.4.4 Definir el elemento direccional (Válvula de vías más apropiada)

Se usará una válvula direccional de 4 vías y de accionamiento eléctrico. Se han de definir las posiciones de esta válvula, es decir, escoger si será de dos posiciones (avance y retroceso), o de tres posiciones (avance, reposo y retroceso). En este último caso, se tendrá que definir el flujo interno del fluido en la posición de reposo para que nos garantice la máxima seguridad mientras el cilindro se halle en la parte alta.

##### a) Dos posiciones

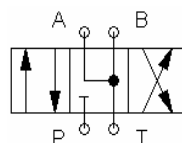
En la posición izquierda se realiza la primera fase del ciclo (descenso) y se mantiene la prensa durante la segunda fase. En la posición derecha se realiza la fase de retroceso y se mantiene el cilindro en retroceso durante el reposo de cambio de pieza. Este funcionamiento implicaría un gran consumo de energía durante las fases de reposo ya que la bomba bombearía el caudal a la presión de taraje de la válvula de seguridad, y éste se descargaría a través de esta válvula, produciendo un calentamiento del fluido.



##### b) Tres posiciones

En la posición izquierda se realiza la primera fase, en la derecha se realiza el retroceso, y en la posición central se realizan las fases de reposo, manteniendo el cilindro en su posición (teórica ya que hay fugas internas) gracias al tipo de corredera seleccionada.

Este diseño presenta el problema de las fugas internas, tanto de la corredera como del propio cilindro que podrían representar una pérdida de presión durante el reposo en prensa (2ª fase) o un descenso del vástago durante el reposo de la última fase; sin embargo, y como ya se verá, existen soluciones hidráulicas a casi todos los problemas.



### 3.4.5 Elementos de regulación y control

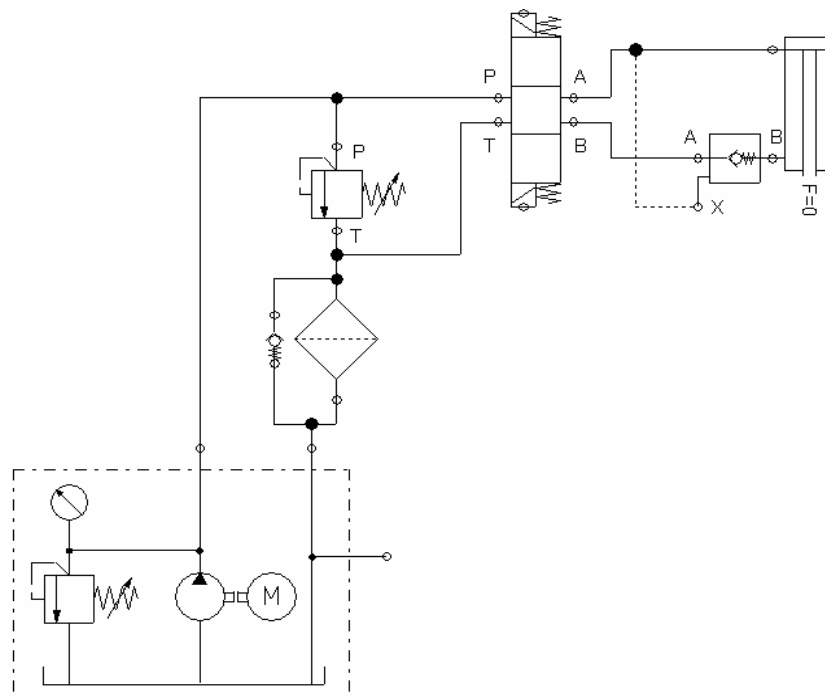
Incluir con el croquis los elementos de regulación y control, que en este caso serán el distribuidor para dirigir el caudal a una u otra cámara del cilindro y una 'válvula de seguridad' (necesaria en todos los circuitos) para limitar la presión de trabajo.

Posteriormente, y según el tipo de bomba que se seleccione, se deberán añadir otros elementos de regulación de caudal para conseguir las velocidades correctas en cada ciclo.

### 3.4.6 Resto de los componentes

Completar el croquis con los restantes elementos necesarios para el funcionamiento y mantenimiento del sistema: depósito de aceite con sus accesorios, manómetro de presión, filtros, etc.

Como medida de seguridad, para evitar el desplazamiento del cilindro en la fase de reposo, se debe intercalar una válvula de antirretorno pilotada (aunque no evita el desplazamiento producido por las posibles fugas internas del cilindro).



Interconexión de los elementos e inclusión de reguladores y accesorios

### 3.4.7 Dimensionado de los componentes

Una vez dibujados los componentes deben dimensionarse (capacidad del depósito, diámetro de tuberías, grado de filtración, tipo de fluido, etc.).

Para el dimensionado de los componentes se debe disponer de los parámetros calculados anteriormente (presiones y caudales), a los que se ha de añadir el cálculo de los caudales de retorno, para el correcto dimensionado de las tuberías, filtros de retorno e intercambiadores (esta operación es imprescindible en todos los sistemas que dispongan de cilindros).

Mientras la bomba está suministrando un caudal de 51 l/min. para realizar el avance del

cilindro, el fluido contenido en la cámara anular sale hacia el depósito, y su caudal de retorno será proporcional a la relación de las áreas del cilindro ( $113,04 \text{ cm}^2$  y  $62,8 \text{ cm}^2$ ), por lo que el caudal de salida será:

$$113,04/62,8 = 51/x, \text{ de donde } x = 28,33 \text{ l/min.}$$

Pero cuando se realiza el retroceso el caudal de salida por la cámara del pistón será:

$$62,8/113,04 = 57/x, \text{ de donde } x = 102,6 \text{ l/min.}$$

En este caso el caudal de retorno no es muy elevado, pero en sistemas con muchos cilindros y elevada relación de áreas o con acumuladores que descargan al depósito, se han de calcular los caudales máximos de la línea de retorno para el correcto dimensionado de los elementos situados en esta línea.

Existen tablas que facilitan el dimensionado de las tuberías de aspiración, presión y retorno en función de los caudales que por ellas circulan, que indican además las pérdidas de carga por metro lineal de tubería o en los codos que se instalen. Estas tablas están basadas en diferencia de pérdida de carga según que la circulación dentro de la tubería sea laminar o turbulenta, hecho que viene definido por el número de Reynolds.

El volumen total del depósito suele ser igual o superior a tres veces el caudal máximo del sistema, bien sea el de la bomba o el de retorno. En el ejemplo el depósito debería ser de  $103 \times 3$ , o sea, de unos 309 litros (se deberá buscar el tamaño estandarizado igual o superior a éste). A pesar de ello, y según la opción de bomba que se seleccione, se deberá sobredimensionar aún más el depósito para una mejor disipación del calor.

Para el grado de filtración del fluido de retorno y considerando la presión de trabajo y las tolerancias internas de los componentes, sería suficiente un filtro de retorno de 25 micras absolutas<sup>4</sup>.

El grado de filtración del filtro de aspiración vendrá definido como requisito por el propio fabricante de la bomba.

En este caso concreto se tendrá que considerar si se precisa un fluido hidráulico normal, resistente al fuego, biodegradable, con elevado índice de viscosidad (según el ambiente de trabajo y/o la precisión del mismo). La selección de la viscosidad del fluido se hará en función de las temperaturas ambientales y de trabajo, y también se estudia en el capítulo de fluidos hidráulicos<sup>5</sup>.

En este ejemplo, y al tratarse de un sistema pequeño, el grupo motor-bomba y la mayoría de los elementos de regulación y control se podrían instalar encima del depósito, por lo que no hará falta una llave de paso entre el depósito y la bomba, pero sí será necesario dimensionar el depósito para que resista el peso y las vibraciones de la bomba.

En un sistema tan simple los componentes suelen seleccionarse para montaje en tubería (el más sencillo y económico). En sistemas más complejos se deberá seleccionar entre montaje en panel o sobre bloques de válvulas.

Los diámetros de las tuberías indicarán el tipo de conexiones y racores necesarios y también el de las válvulas a emplear, si bien sería recomendable comprobar si la válvula (del tamaño definido por el diámetro de la tubería) permite holgadamente el paso del caudal. Esto deberá comprobarse en la información técnica que facilita el fabricante de cada válvula.

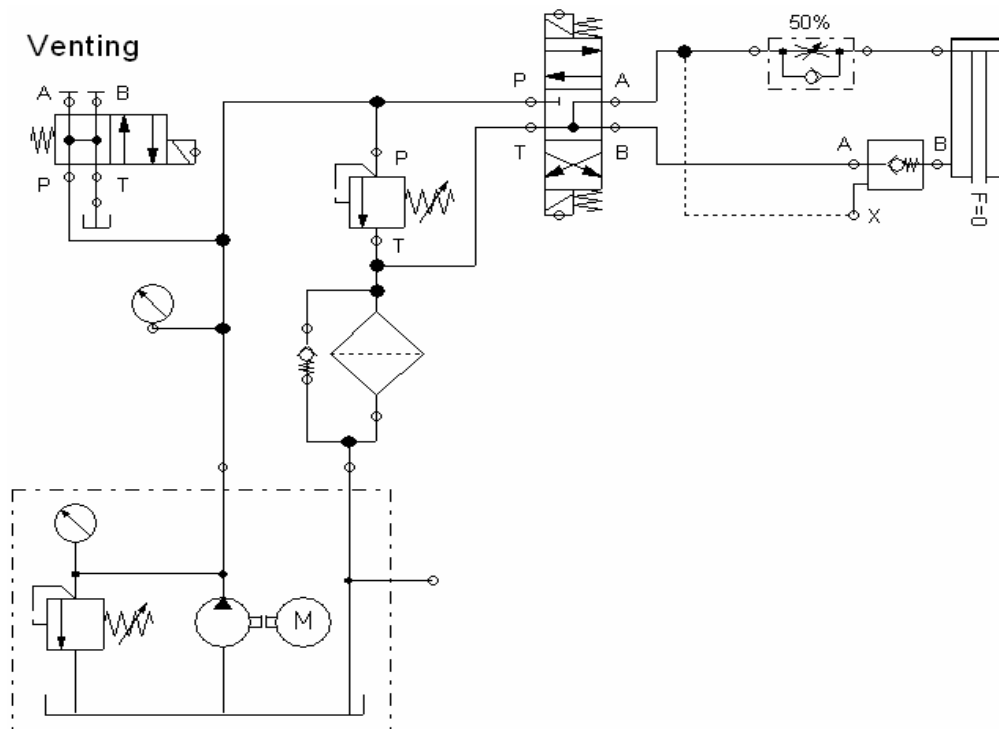
Una vez determinados todos los componentes se puede completar tanto el croquis del sistema, como el cajetín con las referencias de cada uno de los componentes.

---

<sup>4</sup> Hydraulics Basic Level D. Merkle – B. Shrader – M. Thomes FESTO TP501 – 1 GB Chapter 7

<sup>5</sup> Hydraulics Basic Level D. Merkle – B. Shrader – M. Thomes FESTO TP501 – 1 GB Chapter 3

En este croquis se puede observar que la corredera de la electroválvula tiene en su posición de reposo, las vías A y B conectadas al tanque. Esto es así ya que si la línea A no se conectase al tanque ésta podría quedar lo suficientemente presurizada como para pilotar el antirretorno de la línea B. La selección de esta corredera implicará la inclusión de un sistema de venting o puesta en vacío durante las fases de reposo; de no ser así, en estas fases, todo el caudal de la bomba descargaría a través de la válvula de seguridad a la presión de trabajo, produciéndose un elevado consumo de energía y un calentamiento del fluido.



Croquis final

Como la previsión inicial es la de instalar una bomba de caudal fijo, colocaremos un regulador de caudal en la línea de entrada de la sección del pistón del cilindro. Este regulador deberá disponer de un antirretorno para agilizar la operación de retroceso del cilindro.

A la lista siguiente se le añadirán tantos componentes como sean necesarios para la fabricación del sistema, y se le dará a cada componente una referencia de catálogo que identifique el fabricante y el código de la pieza; en caso necesario se puede utilizar este mismo cajetín para el estudio económico del sistema, añadiendo otra columna con el precio de los componentes, y sin olvidar añadir, al final, el coste de los elementos de ensamblaje (racores y tuberías), el decapado y reciclado del sistema, la pintura del conjunto y las horas previstas para el montaje y las pruebas.

<b>Ref</b>	<b>Denominación</b>	<b>Catálogo Fabricante</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Costo Unitario</b>
1	Motor eléctrico		1	20 hp	
2	Campana unión		1		
3	Acoplamiento elástico		1		
4	Bomba de engranaies		1	60 L/min	
5	Válvula de seguridad		1		
6	Válvula de venting		1		
7	Aislador de manómetro		1		
8	Manómetro		1	0 -200 kgf/cm <sup>2</sup>	
9	Distribuidor eléctrico		1		
10	Regulador de caudal con antirretorno		1		
11	Antirretorno pilotado		1		
12	Filtro de retorno		1		
13	Filtro de aspiración		1		
14	Depósito		1	300 L	
15	Filtro de aire		1		
16	Nivel con termómetro		1		

#### **3.4.8 Otras opciones**

Es la de incluir una bomba de caudal variable y eliminar los reguladores de caudal.

# **ELECTROHIDRÁULICA**

Elementos eléctricos para la entradas de señal; Pulsadores; finales de carrera mecánicos; (con contacto); Elementos eléctricos para el procesamiento de señales; Relés; Relés temporizados: a la conexión y a la desconexión; Sistemas convertidores electrohidráulicos: Electroválvulas (2/2,3/2, 4/2 y 4/3).

En esta unidad se revisará el funcionamiento de los principales elementos eléctricos que intervienen en el control de sistemas hidráulicos, así como el estudio de las técnicas más usadas para diseñar circuitos electrohidráulicos. (4Horas).

Al finalizar esta unidad<sup>6</sup> el estudiante desarrollará las siguientes competencias y estará en capacidad de:

- Identificar cada uno de los componentes de los sistemas electrohidráulicos, conociendo su principio de funcionamiento, simbología y aplicación.
- Comprender los fundamentos de diseño, criterios de selección y operación de los sistemas electrohidráulicos con aplicación en la industria.
- Fomentar el trabajo en equipo y la armonía entre las personas con las que interactúa permanentemente, propiciando la conciliación de los conflictos que se presenten.
- Actuar de acuerdo con los principios éticos, morales y de seguridad necesarios para el correcto desempeño profesional en la empresa.

## **Elementos eléctricos y electrohidráulicos**

La energía eléctrica (energía de mando y de trabajo) es introducida, procesada y cursada por elementos operatorios muy determinados. Por razones de simplicidad y visualidad figuran estos elementos como símbolos en los esquemas eléctricos. Esto facilita la instalación y el mantenimiento de mandos.

Pero no es suficiente sólo la comprensión de los símbolos, existentes en los esquemas de circuito y sobre los elementos, para garantizar el correcto dimensionado de mandos y la rápida localización de errores cuando aparecen. El especialista en mandos deberá

---

<sup>6</sup> FESTO DIDACTIC. Introducción a la Electrohidráulica, manual de estudio para el seminario FESTO PE 23. H. Meixner/ E. Sauer.

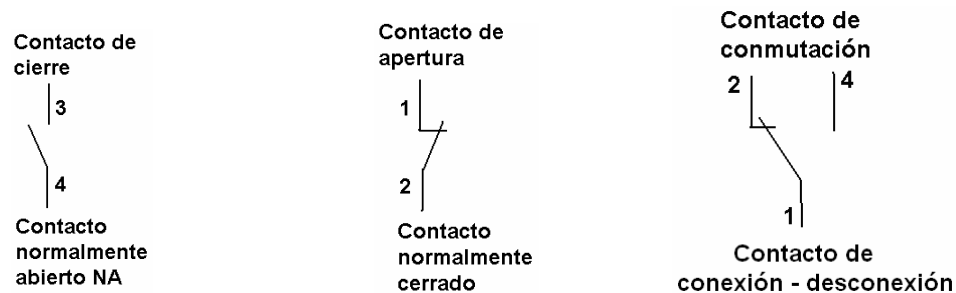
conocer también los elementos más importantes y usuales de la electricidad (constitución, función, aplicación).

En esta unidad se presentan los elementos para la entrada, el procesamiento y la conversión de señales eléctricas que gobiernan los equipos electrohídraulicos.

## 4.1. Elementos eléctricos para la entrada de señales

Estos elementos tienen el cometido de introducir en el ámbito del tratamiento de las señales eléctricas procedentes de los diferentes puntos de un mando (instalación), ello con diferentes tipos de accionamiento y tiempos de accionamiento de diferente duración. Cuando el control de tales elementos sucede por la unión de contactos eléctricos, se habla de mando por contacto, en caso contrario de mando sin contacto o electrónico. En cuanto a la función se distingue entre los elementos contacto de cierre, contacto de apertura y contacto de conmutación.

El contacto de cierre tiene el cometido de cerrar el circuito, el contacto de apertura ha de abrir el circuito, el contacto de conmutación abre o cierra el circuito.



El contacto de conmutación es un ensamble constructivo de contacto de cierre 3 - 4 y contacto de apertura 1 - 2 de tal forma que al activarse el contacto se abre entre 1 - 2 y se cierra entre 3 - 4 simultáneamente.

Ambos contactos tienen un elemento móvil de conexión. Este elemento de conexión, en posición de reposo tiene contacto siempre sólo con una conexión.

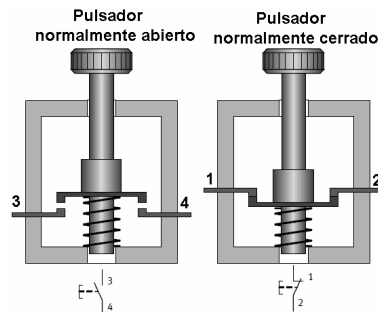
El accionamiento de estos elementos puede tener lugar manual o mecánicamente o bien por mando a distancia (energía de mando eléctrica, neumática). Otra distinción existe entre pulsador e interruptor. El pulsador ocupa por el accionamiento, una determinada posición de contacto, solamente mientras existe el accionamiento del mismo. Al soltarlo vuelve a ocupar la posición inicial debido al resorte.

El interruptor también ocupa por el accionamiento una posición de conexión muy determinada. Pero para mantener dicha posición no hace falta un accionamiento continuo del interruptor. Este interruptor incorpora casi siempre un enclavamiento mecánico. Sólo por un nuevo accionamiento regresa el interruptor a la posición inicial.

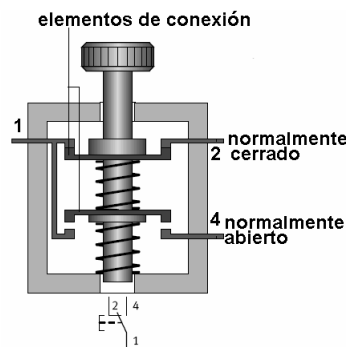
### 4.1.1. Pulsadores

Para que una máquina o instalación pueda ponerse en movimiento, hace falta un elemento que introduzca la señal. Un pulsador, es un elemento tal, que ocupa en el accionamiento continuo la posición deseada de conexión.





La figura muestra ambas posibilidades, es decir como contacto de cierre (NA) y como contacto de apertura (NC). Al accionar el pulsador, actúa el elemento móvil de conexión en contra de la fuerza del muelle, uniendo los contactos (contacto de cierre 3-4) o separándolos (contacto de apertura 1 - 2). Haciendo esto está el circuito cerrado o interrumpido. Al soltar el pulsador, procura el muelle la reposición a la posición inicial.

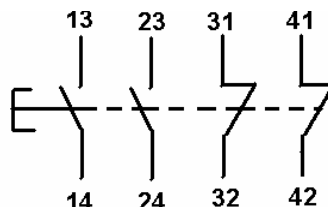


En la figura aquí mostrada, ambas funciones, es decir contacto de cierre y contacto de apertura, están ubicadas en un solo cuerpo. Accionando el pulsador quedan libres los contactos del contacto de apertura e interrumpen el circuito. En el contacto de cierre establece el elemento de conexión el cierre entre los empalmes, quedando el circuito cerrado. Soltando el pulsador lleva el muelle los elementos de conexión a la posición inicial.

La aplicación de los pulsadores es necesaria en todos aquellos casos, donde han de comenzar ciclos de trabajo y donde deben alcanzarse determinados desarrollos funcionales por la introducción de señales o donde hace falta un accionamiento continuo por razones de seguridad. En la realización del circuito juega la elección de estos elementos, ya sea como contacto de cierre o contacto de apertura o contacto de cierre/apertura juntos (contacto conmutado), un papel importante.

Las industrias eléctricas ofrecen los más diversos pulsadores. Un pulsador puede estar equipado también con varios contactos, p. ej. 2 contactos de cierre y 2 de apertura o 3 contactos de cierre y 1 contacto de apertura.

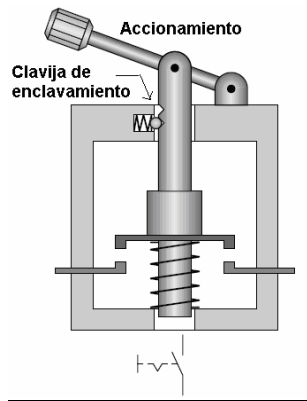
Los pulsadores que se encuentran en los bancos electrohidráulicos FESTO cuenta con dos contactos NA y dos contactos NA, los cuatro contactos cambian su estado al accionar el pulsador.



A menudo ofrece el comercio los pulsadores equipados con una lámpara de señal.

### 4.1.2 Interruptor

Estos interruptores de botón quedan mecánicamente enclavados en el primer accionamiento. En el segundo accionamiento vuelve a quedar anulado el enclavamiento, el interruptor reconecta a la posición Inicial. Los pulsadores e interruptores de botón están especificados en la DIN 43605 y tienen una determinada posición de montaje.



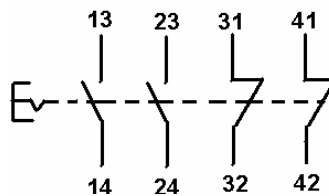
Interruptor normalmente abierto con accionamiento manual por estirado



Interruptor normalmente abierto con accionamiento manual por giro



El interruptor que se encuentra en los bancos electrohidráulicos cuenta con dos contactos NA y dos contactos NC, los cuatro contactos cambian su estado al accionar el interruptor.



### 4.1.3. Finales de carrera mecánicos

Con los finales de carrera se detectan determinadas posiciones de piezas de maquinaria u otros elementos de trabajo.

En la elección de tales elementos introductores de señales es preciso atender especialmente la sollicitación mecánica, la seguridad de contacto y la exactitud del punto de conmutación.

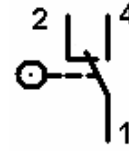
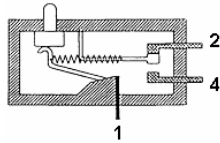
En su ejecución normal estos interruptores finales tienen un contacto conmutado. En ejecución especial son posibles otras combinaciones de conexión.

Los finales de carrera se distinguen también según la introducción de contactos: Contacto lento o contacto rápido. En el contacto lento, la velocidad de apertura o cierre de los contactos es idéntica a la del accionamiento del pulsador (apropiado para bajas velocidades de acceso). En el contacto rápido no tiene importancia la velocidad de acceso, ya que en un punto muy determinado, el conmutado tiene lugar bruscamente. El accionamiento del final de carrera puede tener lugar a través de una pieza fija, p. ej. leva o palanca con rodillo. Para el montaje y el accionamiento de los finales de carrera hay que fijarse en las indicaciones del fabricante, siendo preciso restar el ángulo de acceso y el sobre - recorrido.

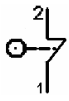
Los finales de carrera son frecuentes que estén diseñados con un par de contactos de conexión – desconexión.

## Final de carrera en posición de reposo (no está accionado)

Final de carrera en estado de reposo (No accionado)



En este caso el final de carrera se puede usar como normalmente cerrado (NC)

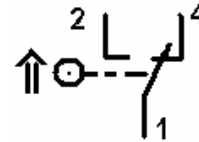
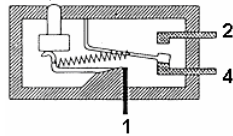


o como normalmente abierto (NA)


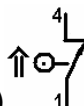


## Final de carrera accionado (por el cilindro o pieza).

Final de carrera en estado accionado



En este caso los contactos del final de carrera se representan de la siguiente forma:

El contacto normalmente cerrado (NC)  o como normalmente abierto (NA) .

Los finales de carrera solo pueden aparecer en los circuitos electrohidráulicos de alguna de las cuatro formas anteriores.

**Actividad:** Realizar la lectura en del capítulo 3 del libro “ Electrohydraulic” sobre “Electrical component” en especial lo referente a sensores de posición sin contacto, sensor magnético, inductivo, capacitivo y presostatos.

## 4.2 Elementos eléctricos para el procesamiento de señales

### 4.2.1 ¿Qué es un relé?

Relés son elementos, que conectan y mandan con un coste energético relativamente bajo. Los relés se aplican preferentemente para el procesamiento de señales. El relé se puede contemplar como un interruptor accionado electromagnéticamente, para determinadas potencias de ruptura.

Antes se utilizaba el relé principalmente como amplificador en la telecomunicación. Hoy en día se recurre a los relés para cometidos de mando o regulación en máquinas e instalaciones. En la práctica un relé ha de satisfacer determinadas exigencias:

Ampliamente exento de mantenimiento.

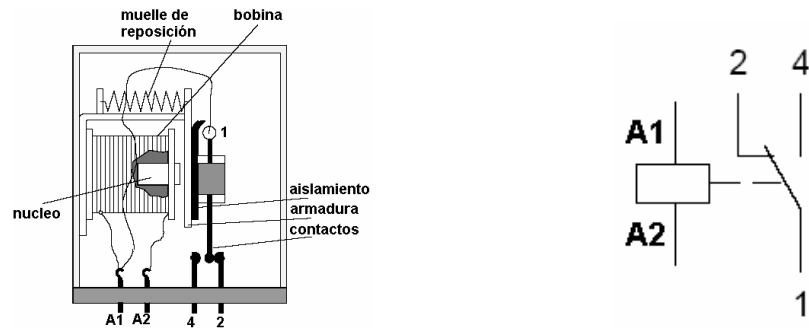
Medianas frecuencia de conexión.

Conexión tanto de muy pequeñas, como también de relativamente altas intensidades y tensiones.

Alta velocidad funcional es decir tiempos eje conmutación cortos.

## Constitución

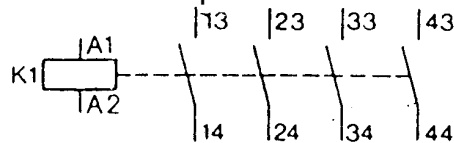
En la práctica existen múltiples y diferentes tipos de construcción y sin embargo el funcionamiento es idéntico en todos los casos.



## Funcionamiento

Aplicando tensión a la bobina, circula corriente eléctrica por el arrollamiento y se crea un campo magnético, por lo que la armadura es atraída al núcleo de la bobina. Dicha armadura, a su vez, está unida mecánicamente a los contactos que llegan a abrirse o a cerrarse. Esta posición de conexión durará, mientras esté aplicada la tensión. Una vez desaparezca la tensión, se desplaza la armadura a la posición inicial, debido a la fuerza del resorte.

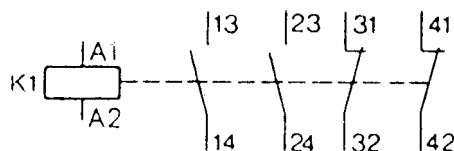
En la práctica se utilizan símbolos para los relés, para facilitar mediante una representación sencilla la lectura de esquemas de circuito.



El relé recibe las designaciones A1 y A2 (conexiones de la bobina). Este relé tiene 4 contactos de cierre (NA), la figura lo muestra claramente. Por lo demás se recurre a las designaciones numéricas

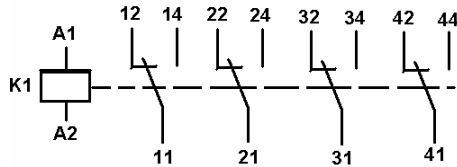
13 23 33 43  
14 24 34 44

La primera cifra es una numeración continua de los contactos (primer contacto, segundo contacto, etc.). La segunda cifra, en el presente ejemplo siempre 3-4, indica que se trata de un contacto de cierre (NA).



Cuando hacen falta contactos distintos, se emplean relés con contactos de apertura (NC) y de cierre (NA) en un mismo elemento.

Los relés con los que se cuenta en los bancos electrohidráulicos están diseñados con cuatro contactos de conexión- desconexión.



La designación numérica es una gran ayuda en la práctica. Facilita considerablemente la conexión de relés y el montaje de los circuitos.

Existen razones de peso para que el relé tenga todavía su sitio en el mercado, pese a la era electrónica.

### **Ventajas:**

- Adaptación fácil para diferentes tensiones de servicio.
- En gran medida térmicamente independientes frente a su entorno, a temperaturas de 353 K (80°C) hasta 233 K (- 40°C) aprox. trabajan los relés todavía con seguridad.
- Resistencia relativamente alta entre los contactos de trabajo desconectados.
- Permite la conexión de varios circuitos independientes.
- Existe una separación galvánica entre el circuito de mando y el circuito principal.

Por todas estas características positivas de un relé, estos, seguirán ocupando un sitio importante en el futuro de la electrotecnia. No obstante, el relé como todo elemento, tiene sus desventajas.

### **Desventajas:**

- Abrasión de los contactos de trabajo por arco voltaico y también oxidación de los contactos
- Mucho espacio necesario en comparación con los transistores
- Ruidos en el proceso de conmutación.
- Velocidad conmutadora limitada de 3 ms a 17 ms.
- Influencias por suciedades (polvo) en los contactos.

## **4.3 Relés de tiempo o temporizadores**

Este tipo de relés tiene el cometido, de que transcurrido un tiempo ajustable determinado conectar o desconectar en un circuito los contactos, tanto si son de apertura como de cierre.

En este caso se habla de temporizadores con retardo a la conexión o retardo a la desconexión.

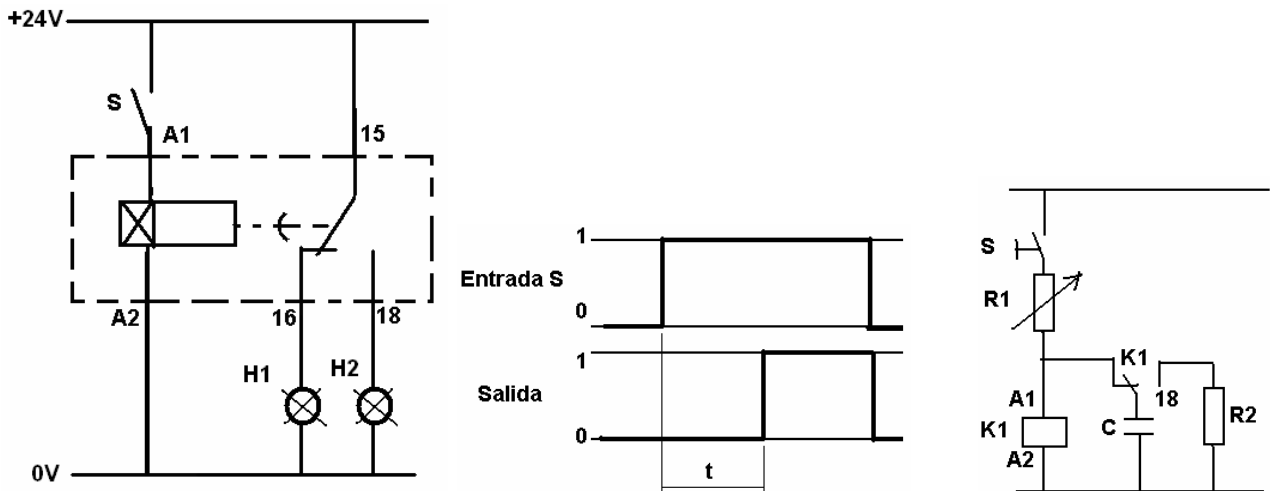
### **4.3.1 Temporizador con retardo a la conexión (On delay).**

Al aplicar tensión, es decir al accionar el pulsador S, empieza el contaje del tiempo ajustado.

Una vez alcanzado el tiempo ajustado, tiene lugar un cierre del circuito por medio de la conexión 18. Una señal de salida determina la progresión del mando.

¿Como se lleva a cabo el retardo?

Las figuras siguientes lo explicaran



Los elementos recuadrados se encuentran dentro del elemento temporizador.

Cerrando el contacto S pasa la corriente por la resistencia R1, que es ajustable. La corriente no tomará el camino hacia el relé K1, sino que llegará a través del contacto de apertura de K1 hacia el condensador C. El condensador se cargará y excitará al relé K1, una vez alcanzada la tensión de atracción.

El tiempo depende de la resistencia ajustable R1. A la conexión del relé K1 queda el circuito cerrado en la conexión 18. El contacto conmutador en el condensador cierra el circuito a través de la resistencia R2, por lo que puede descargarse este. El proceso puede comenzar de nuevo.

Este ejemplo induce a una comparación con un órgano temporizador neumático.

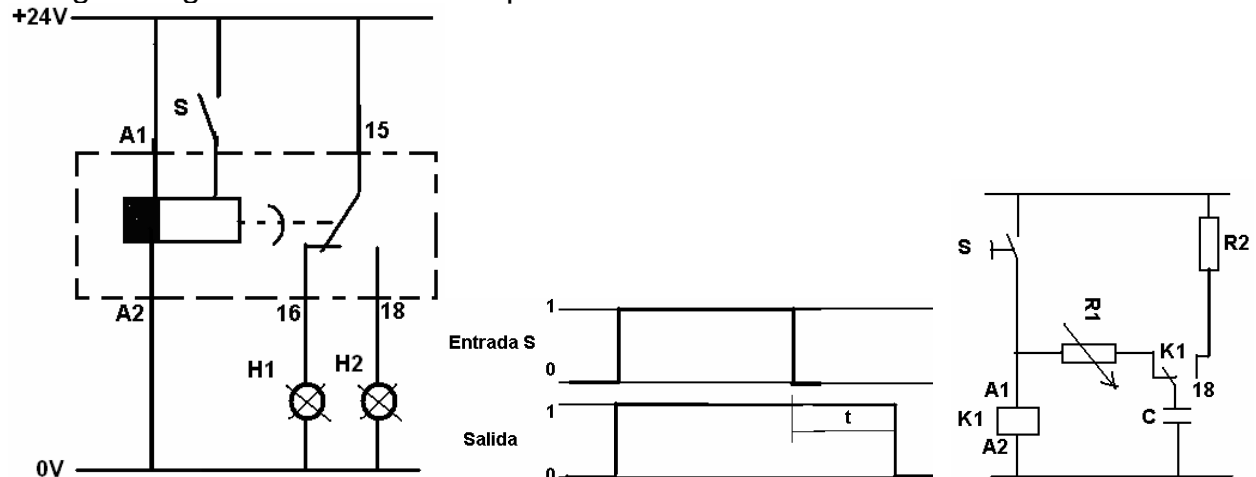
#### 4.3.2 Temporizador con retardo a la desconexión (Off delay).

En el relé temporizador con retardo a la desconexión al cierre del contacto S aparece de inmediato una señal de salida.

Sólo una vez anulada la tensión de mando o la señal de entrada, comienza el descontaje del tiempo de retardo ajustado.

¿Qué aspecto tiene aquí el comportamiento del órgano temporizador?

La figura siguiente lo vuelve a explicar.



Los elementos recuadrados se vuelven a encontrar dentro del órgano temporizador.

Al accionar el pulsador S, el relé K1 puede atraer y lo hará, suministrando una señal. El condensador que ha sido cargado a través de la resistencia R2, después de que el contacto conmutador de K1 ha creado la unión entre ambos elementos. Pero una vez conectado el relé K1, el contacto K1 conmutará.

Este estado queda mantenido. Sólo cuando el pulsador S vuelve a interrumpir el circuito, se descarga el condensador a través de la resistencia ajustable R1 y del relé K1. Haciendo esto permanece el relé K1 aún en estado conectado, mientras el condensador se descarga. Sólo entonces vuelve a establecerse la posición inicial.

#### 4.4 Sistemas convertidores hidráulicos (Válvulas electrohidráulicas<sup>7</sup>).

Al trabajar en la práctica de la automatización con equipos electrohidráulicos, lo que se busca es gobernar la potencia hidráulica del aceite representada en un flujo a alta presión con el uso de señales eléctricas provenientes de un circuito de control. El equipo capaz de recibir una señal eléctrica y entregar una hidráulica se denomina electroválvula y haciendo las veces de un sistema convertidor.

Las electroválvulas son los equipos que hacen el enlace entre los sistemas de control eléctrico (rapidez) y la parte operativa de las máquinas (fuerza hidráulica), haciendo las veces de preaccionamientos, es decir que el control acciona la electroválvula y esta gobierna los actuadores hidráulicos. El uso de las electroválvulas pone en evidencia las ventajas de ambos sistemas.

Estos sistemas convertidores se tratan de válvulas electromagnéticas, que tienen el cometido de convertir las señales eléctricas en señales hidráulicas.

Estas válvulas electromagnéticas constan de una válvula hidráulica y de una parte eléctrica de mando (cabeza de electroimán).

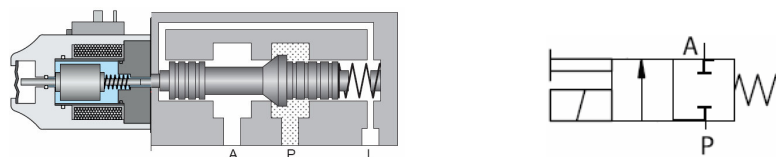
En esta sección se presentarán y explicarán las electroválvulas más importantes.

##### 4. 4.1. Electroválvula 2/2 vías (NC), con accionamiento manual auxiliar.

En posición de reposo está cerrada siendo ésta su posición base. Este elemento es una válvula de corredera de mando directo unilateral (monoestable). En la conexión 1 (P) llega el líquido comprimido. La corriente de líquido hacia la salida 2 (A) queda bloqueada por la armadura. Al aplicar una señal eléctrica en la bobina, se crea un campo magnético y la armadura es atraída. El líquido fluye desde la entrada 1 (P) hacia 2 (A). Una vez anulada la señal eléctrica, la válvula vuelve a ocupar la posición básica debido al muelle de reposición.

La corriente de aceite desde 1 (P) hacia 2 (A) se puede franquear manualmente por medio de un accionamiento auxiliar. A través de una superficie existente en un tornillo, la armadura es levantada de su asiento.

Esta electroválvula 2/2 vías se aplica como órgano de cierre.

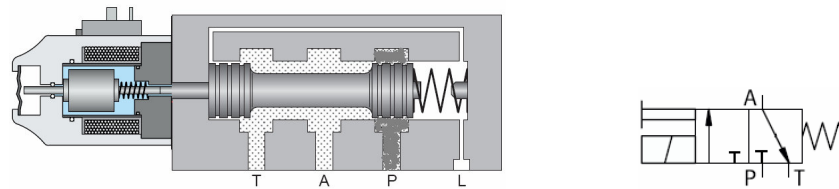


<sup>7</sup> FESTO: ELECTROHIDRÁULICA. Ref. - 093617.

#### 4.4.2. Electroválvula 3/2 vías (NC), con accionamiento manual auxiliar.

Por una señal eléctrica en la bobina, se origina un campo magnético, que hace que la armadura se levante de su asiento, ocupando la posición superior.

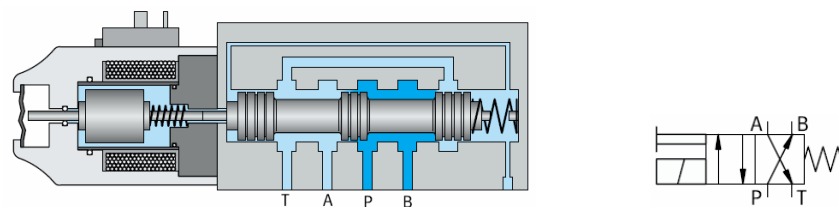
El aceite fluye desde la entrada 1 (P) hacia la salida 2 (A); el orificio de escape 3 (T), existente en el tubo del imán, queda cerrado por la armadura. Al anular en la bobina el campo magnético, el muelle de reposición vuelve a empujar la armadura sobre el asiento obturador. El paso del aceite de 1 (P) hacia 2 (A) queda bloqueado; el aceite del conducto de trabajo escapa a través de la conexión 2 (A) hacia 3 (T) en el tubo del imán. También aquí se permite un accionamiento manual de esta electroválvula 3/2 vías. Este elemento se aplica en mandos provistos de cilindros de simple efecto, en el mando de otras válvulas y en la conexión y desconexión de aceite de pilotaje en mandos.



#### 4.4.3 Electroválvula 4/2 vías (con accionamiento manual auxiliar).

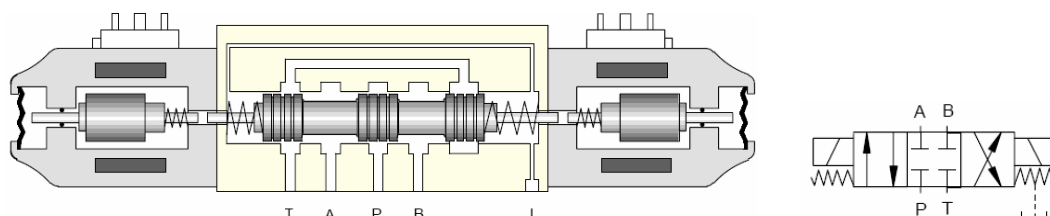
La electroválvula 4/2 vías consta de 2 válvulas distribuidoras 3/2 y se utiliza para el mando de cilindros de doble efecto y para el mando de otras válvulas.

En estado accionado existe comunicación entre los conductos 1 (P) Y 2 (A); el conducto 4 (B) está en escape hacia 3 (T). Al quedar anulada la señal eléctrica, ambos émbolos de válvula regresan a su posición inicial, por lo que existe comunicación entre los conductos 1 (P) Y 4 (B); el conducto 2 (A) está en escape hacia 3 (T). También en este caso facilita el accionamiento auxiliar un conmutado manual.



#### 4.4.4 Electroválvula 4/3 vías

La electroválvula 4/3 vías consta de dos bobinas a ambos lados de la misma que le permiten el avance o retroceso de un cilindro, en su control no se debe permitir que ambas bobinas estén activas simultáneamente ya que se produciría una interferencia (bloqueo), esta válvula con centro cerrado permite en su posición central, fijar el cilindro en cualquier posición intermedia.





# **CIRCUITOS ELECTROHIDRÁULICOS**

Circuitos básicos con un solo cilindro. Retorno automático de cilindros. Mando de cilindro con temporización. Prácticas en el banco electrohidráulico .Diseño de circuitos de mando electrohidráulico con varios cilindros: aplicaciones diversas a la industria. Uso de simuladores de sistemas electrohidráulicos Fluid Sim H 3.5. (16 Horas)

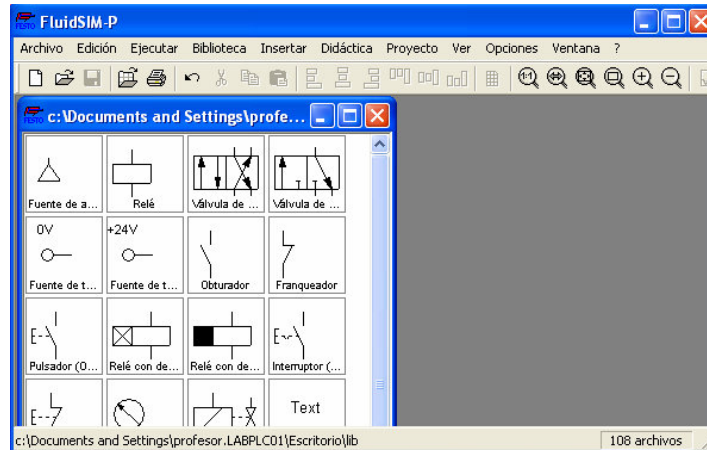
Al finalizar esta unidad el estudiante desarrollará las siguientes competencias y estará en capacidad de:

- Diseñar y montar circuitos de control electrohidráulico, seleccionando técnicamente los componentes y siguiendo las normas de seguridad en el campo eléctrico.
- Simular circuitos de control electrohidráulico con el uso del software Fluid SimH 3.5.
- Identificar y corregir las fallas eléctricas en los circuitos, a fin de realizar labores de mantenimiento.





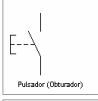

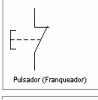

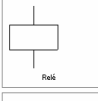
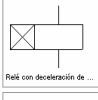

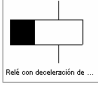


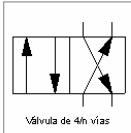

# INDICACIONES GENERALES PARA EL USO DE FLUID SIM

1) Ejecutar el programa, haciendo doble click en el icono

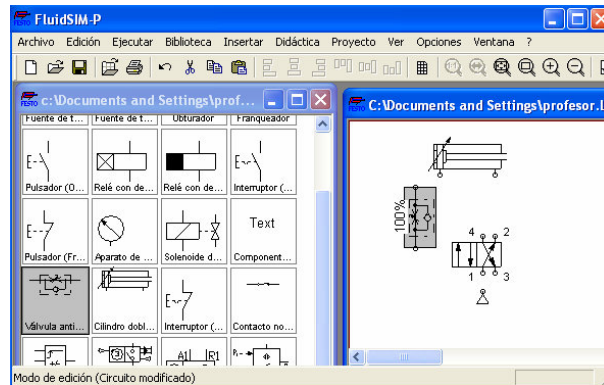
2) Organizar los elementos más comunes en la parte superior de la paleta de elementos para su uso más rápido (opcional)



## 2.1 Elementos hidráulicos y eléctricos más comunes en los sistemas electrohidráulicos encontrados en Fluid Sim

ELEMENTOS ELÉCTRICOS		ELEMENTOS HIDRÁULICOS	
	0 VOLTIOS DC		REGLA DE DISTANCIA (se ubica encima de un cilindro )
	24 VOLTIOS DC		INTERRUPTOR
	PULSADOR NA		CONTACTO NC (contacto NC asociado de un rele o temporizador)
	PULSADOR NC		CONTACTO NA (contacto NA asociado de un rele o temporizador)
	RELE ELECTROMECAÁNICO		TEMPORIZADOR A LA CONEXIÓN (On delay)
	BOBINA DE ELECTROVÁLVULA		TEMPORIZADOR A LA DESCONEXIÓN (Off delay)
			CILINDRO DE DOBLE EFECTO
			VÁLVULA DE ESTRANGULACIÓN Y ANTIRRETORNO
			VÁLVULA DISTRIBUIDORA 4/2 (Configurable como 4/3)
			SUMINISTRO DE AIRE A PRESIÓN Para efectos de simulación hace lo mismo que un suministro hidráulico

### 3) Abrir un archivo nuevo y arrastrar los elementos a la hoja de trabajo

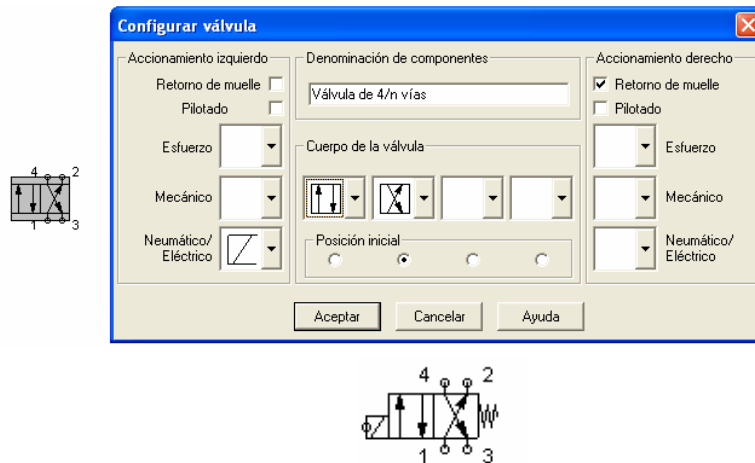


### 4) Configuración de los componentes

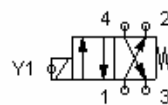
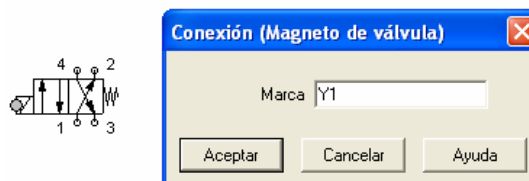
#### 4.1) configuración de las válvulas

Las válvulas de vías se arrastran al área de trabajo y se aplica un doble click a fin de configurarlas.

- Válvula 4/2

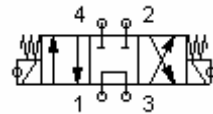


Luego se le asigna el nombre haciendo doble clic en el punto verde de la bobina

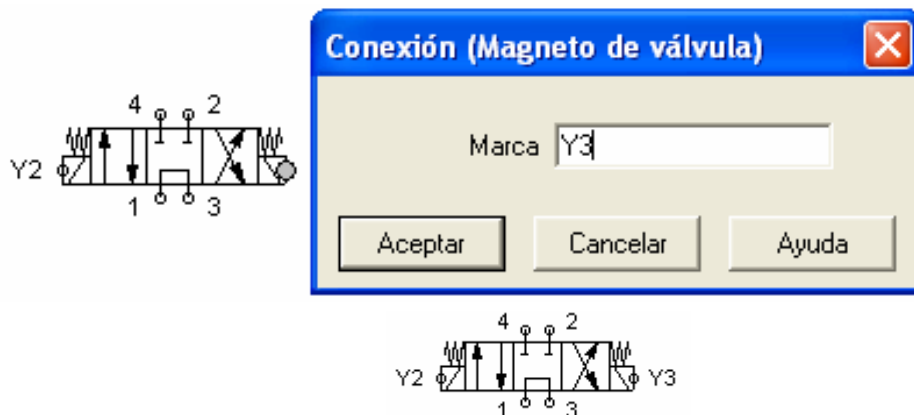


- **Válvula 4/3**

Las válvulas de vías se arrastran al área de trabajo y se aplica un doble clic a fin de configurarlas.

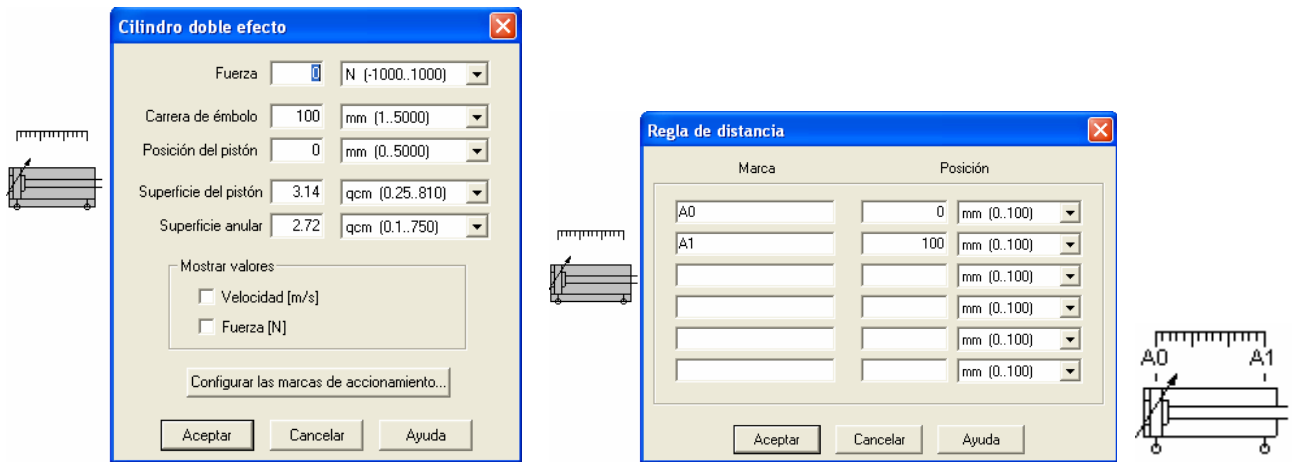


Luego se le asignan los nombres a las bobinas haciendo doble clic en el punto verde



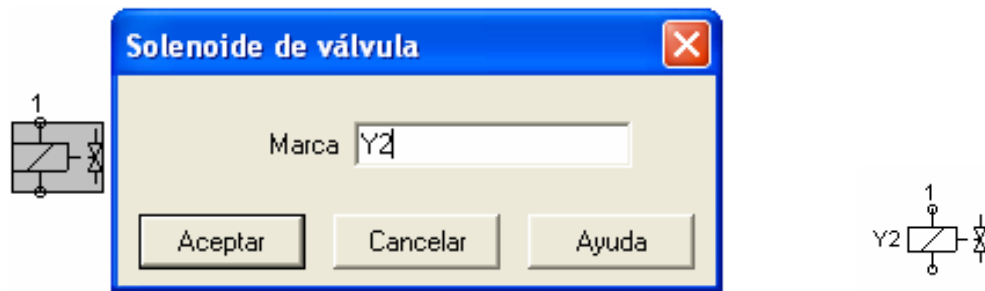
- **Cilindro hidráulico**

Si el cilindro tiene asociados finales de carrera al inicio y al final de su carrera se deben configurar las marcas de los accionamientos con la regla de distancia, indicando que uno de los finales de carrera esta en el milimetro cero (0) y el otro está en el milimetro cien (100).



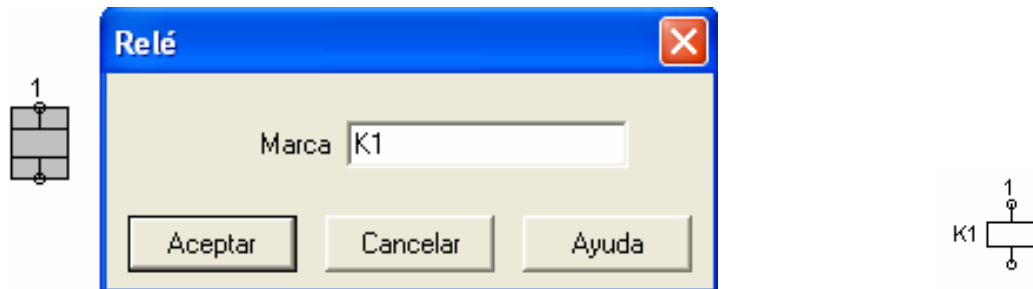
- **Bobina de electroválvula**

Las bobinas de las electroválvulas arrastran al área de trabajo y se aplica un doble click a fin de asignarle un nombre. Este elemento se usa en el circuito eléctrico y acciona su correspondiente bobina en la electroválvula.



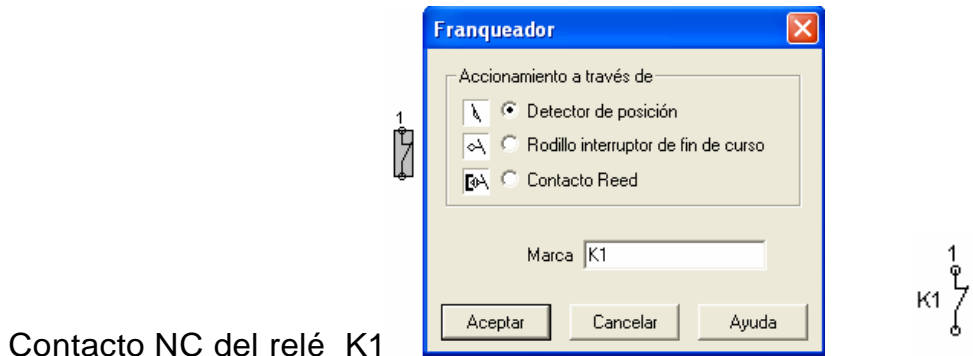
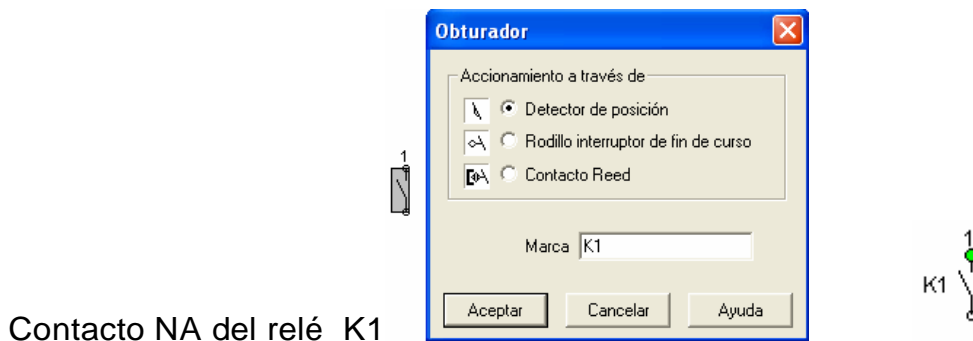
- **Relé electromecánico**

Los relé electromecánicos se arrastran al área de trabajo y se aplica un doble click a fin de asignarle un nombre.



- **Contactos asociados a un relé electromecánico**

Los relés pueden tener múltiples contactos asociados que cambian su estado de conmutación al activarse la bobina del mismo. Estos pueden ser NC (Normalmente Cerrados) o NA (Normalmente abiertos). En el software aparecen con los nombres de flanqueadores u obturadores respectivamente, estos se arrastran al área de trabajo y se les asigna el nombre del relé al que pertenece.



- **Finales de carrera**

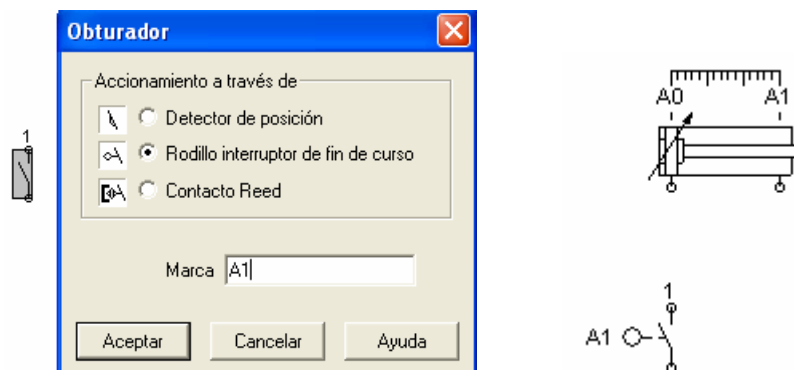
Se arrastran al área de trabajo como contactos NA o NC y luego se configuran como finales de carrera (Rodillo interruptor de fin de curso).

Existen cuatro posibles formas en las que los finales de carrera pueden ser usados.

Según el gráfico del cilindro, el final de carrera A0 inicialmente debe estar accionado, lo que no sucede con el contacto de A1, cada uno de estos contactos a su vez puede ser NC o NA

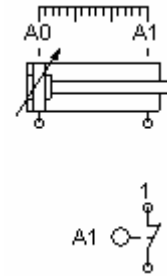
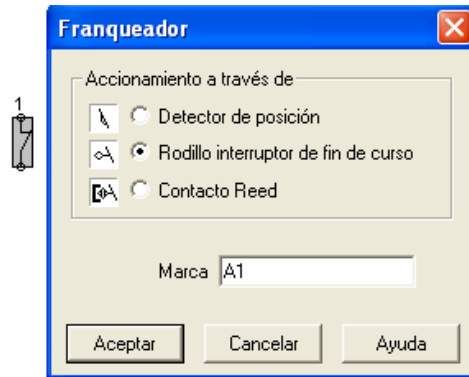
**Caso I**

Final de carrera NA no accionado en posición inicial (A1)



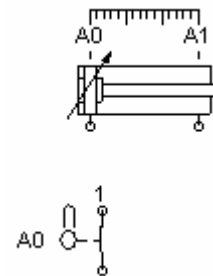
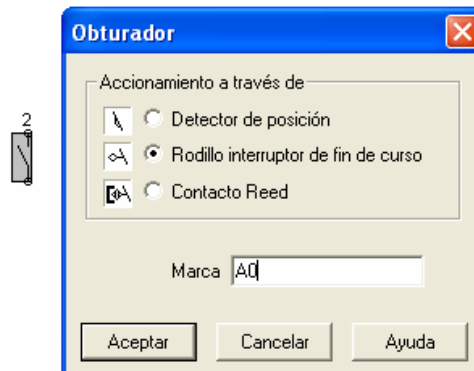
## Caso II

Final de carrera NC no accionado en posición inicial (A1)



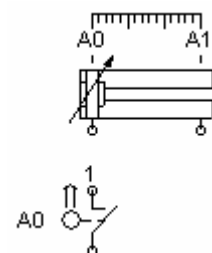
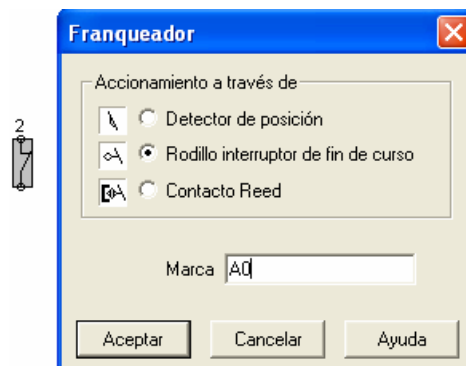
## Caso III

Final de carrera NA accionado en posición inicial (A0)



## Caso IV

Final de carrera NC accionado en posición inicial (A0)

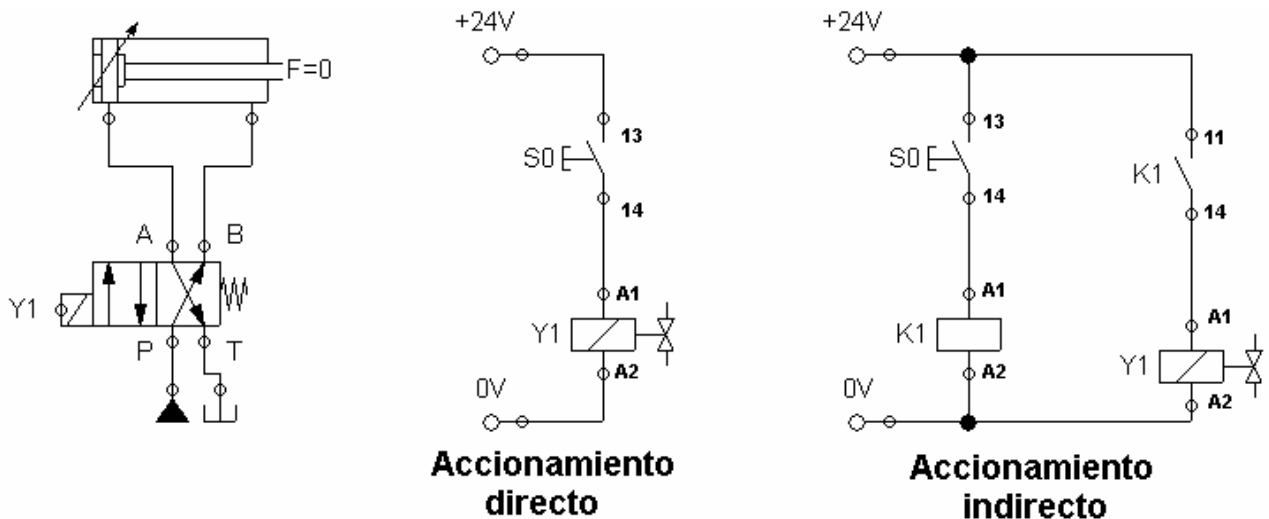


# CIRCUITOS BÁSICOS (ELECTROHIDRÁULICA)

## Práctica N° 7 (Banco de Pruebas Electrohidráulico)

### 5.1 Mando de un cilindro de doble efecto con válvula 4/2 monoestable

El vástago de un cilindro de doble efecto ha de salir al ser accionado de un pulsador So. Al soltar el pulsador, el émbolo ha de regresar a la posición final trasera (cilindro recogido).



#### Solución 1 (Accionamiento directo de una electroválvula)

Por el contacto del pulsador So, el circuito de 24 V queda cerrado. En la bobina Y1 se genera un campo magnético. La armadura en la bobina franquea el paso para el aceite. El aceite fluye de (P) hacia (B) llegando al cilindro, cuyo émbolo es enviado a la posición de salida del vástago.

Soltando el pulsador So, el circuito queda interrumpido. El campo magnético en la bobina desaparece, la válvula distribuidora 4/2 vuelve a la posición inicial, el émbolo regresa a la posición retraída.

#### Solución 2: (Accionamiento indirecto de una electroválvula)

En la segunda solución, un relé K1 es pilotado por el pulsador So. A través de un contacto de cierre de K1 queda pilotada la bobina Y1 (pilotaje indirecto).

La solución 2 es preciso aplicarla, cuando la potencia de ruptura de los transmisores de señales (So) no basta para conmutar la bobina Y1 o cuando el trabajo siguiente sucede con otra tensión (220 V).

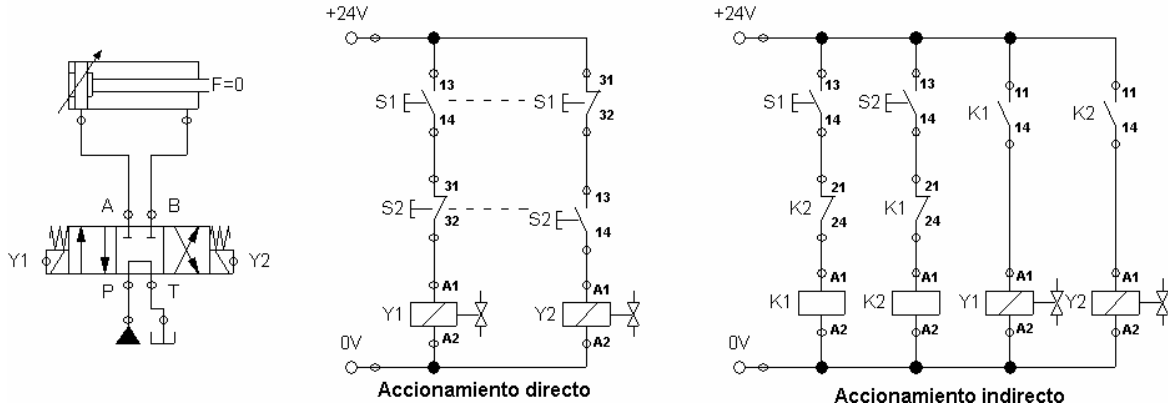
Por lo demás es precisa la conexión a través de relés, cuando hacen falta combinaciones y enclavamientos.



## Práctica N° 8 (Banco de Pruebas Electrohidráulico)

### 5.2 Mando de un cilindro de doble efecto con válvula 4/3.

El cilindro de doble efecto ha de salir al ser accionado de un pulsador S1 y regresar al accionar el pulsador S2.



#### Solución 1 (Accionamiento directo de una electroválvula 4/3)

Con el uso de dos pulsadores S1 y S2 de conexión – desconexión es posible gobernar directamente la electroválvula 4/3, este circuito impide que las bobinas estén activas simultáneamente. Las bobinas se activarán mientras se tenga pulsados S1 o S2 de lo contrario la válvula toma la posición central.

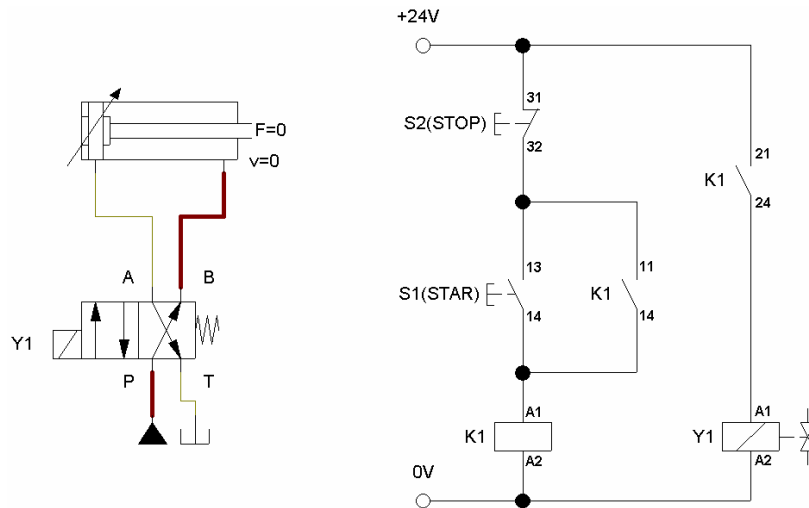
#### Solución 2: (Accionamiento indirecto de una electroválvula 4/3)

Con el uso de dos pulsadores S1 y S2 normalmente abiertos es posible gobernar directamente la electroválvula 4/3, haciendo uso de los relés K1 y K2 los cuales manejan las respectivas bobinas, el circuito cuenta con contactos de enclavamiento eléctrico que impide que los dos relés estén activos simultáneamente. Las bobinas se activarán mientras se tenga pulsados S1 o S2 de lo contrario la válvula toma la posición central.

## Práctica N° 9 (Banco de Pruebas Electrohidráulico)

### 5.3 Mando de un cilindro de doble efecto con válvula 4/2 monoestable (circuito de autorretención)

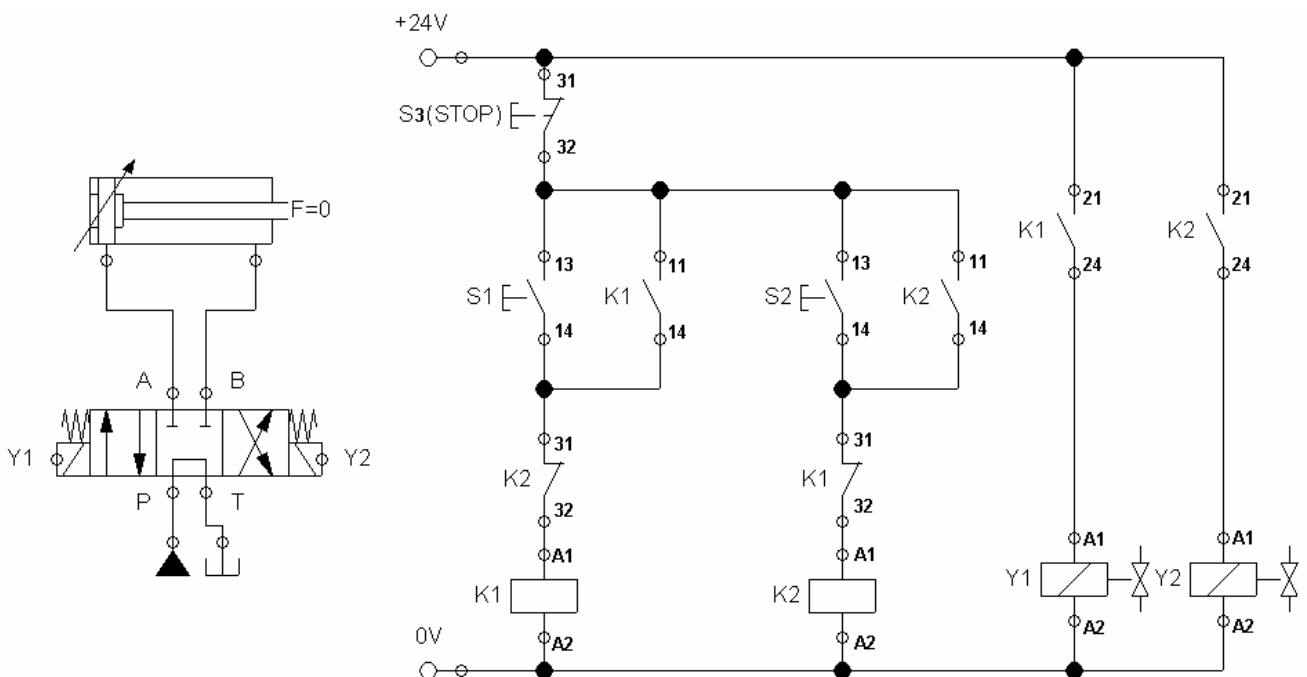
En este circuito se cuenta con un pulsador S1 (Star) y un pulsador S2 (Stop), al pulsar S1 se activa K1 y sus dos contactos normalmente abiertos se cierran, al momento de abrir S1 la alimentación del relé K1 queda establecida por el contacto 11-14, quedando la bobina Y1 alimentada permanentemente hasta que se decida interrumpir la autorretención pulsando S2.



## Práctica N° 10 (Banco de Pruebas Electrohidráulico)

### 5.4 Mando de un cilindro de doble efecto con válvula 4/3 (circuito de autorretención)

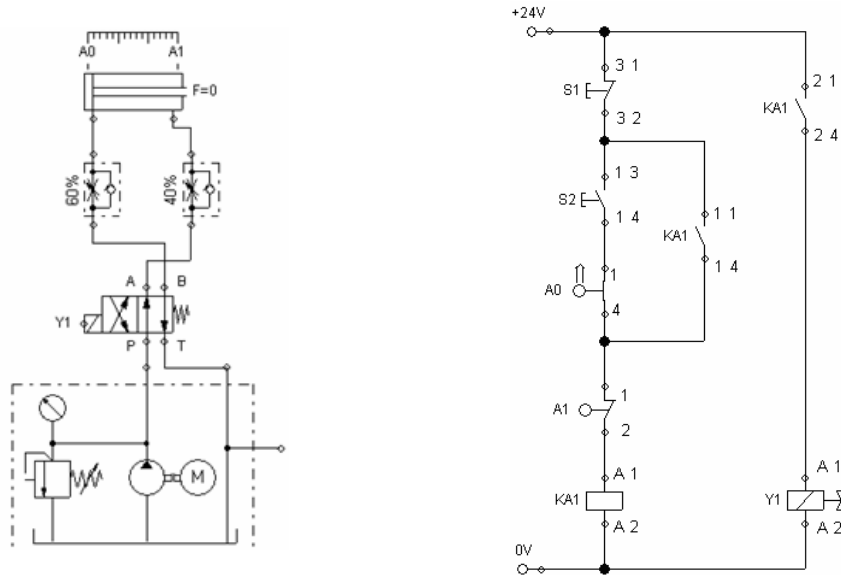
En este circuito se cuenta con un pulsador S1 (Salir) y un pulsador S2 (Entrar), y un pulsador S3 (Stop), al pulsar S1 se activa K1 y sus dos contactos normalmente abiertos se cierran, autorreteniendo a K1, si se quiere hacer retornar el cilindro, ha de pulsar (Stop) y luego S2, en los circuitos con autorretención sólo es necesario un impulso en S1 o S2 para que se de la maniobra.



## Práctica N° 11 (Banco de Pruebas Electrohidráulico)

### 5.5 Ciclo único de un cilindro de doble efecto con válvula 4/2

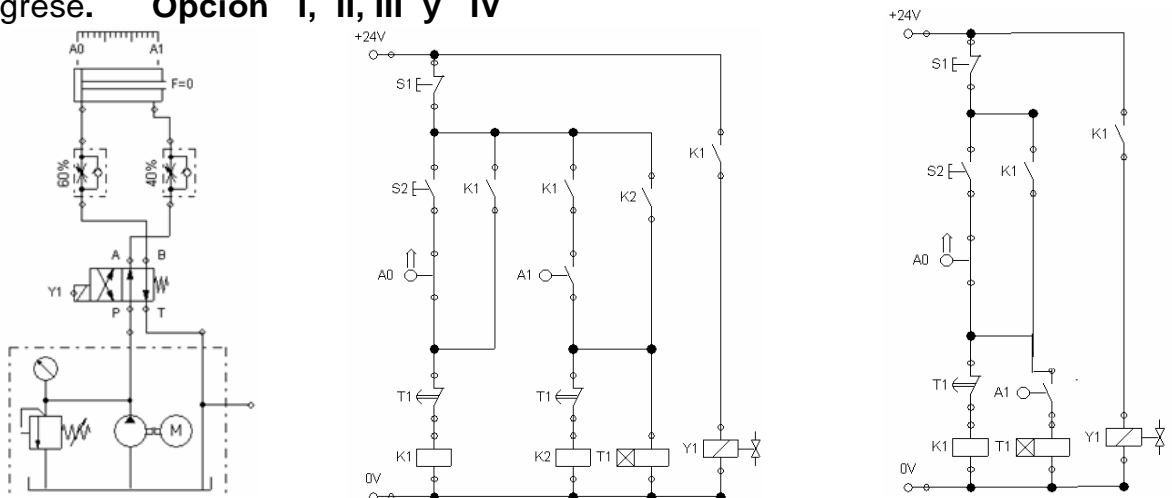
El ciclo único consiste en una carrera de ida y una de venida completa con solo pulsar S2, se puede observar que un requisito para que se active Y1 (salga el cilindro) debe ser que el cilindro inicialmente este pulsando el final de carrera A0, una vez el cilindro sale completamente acciona el final de carrera A1 que desenergiza K1 y hace que regrese el cilindro. Si el pulsador S2 se cambia por un interruptor el cilindro queda en ciclo continuo, es decir en un movimiento de vaivén indefinido.

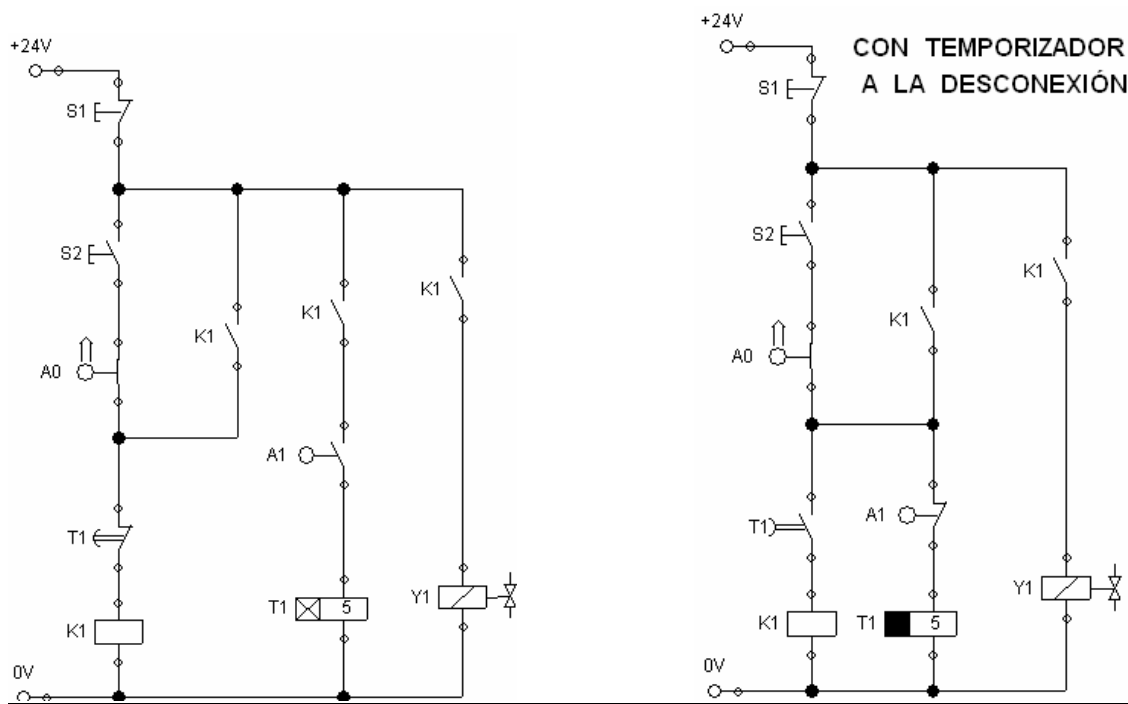


## Práctica N° 12 (Fluid Sim H3.5)

### 5.6 Ciclo único temporizado de un cilindro de doble efecto con válvula 4/2

A diferencia del ciclo único del caso anterior el relé K2 no es el que desactiva al relé K1 sino que sirve de alimentación al temporizador T el cual después de un tiempo abre los dos contactos normalmente cerrados y permite que el cilindro regrese. **Opción I, II, III y IV**

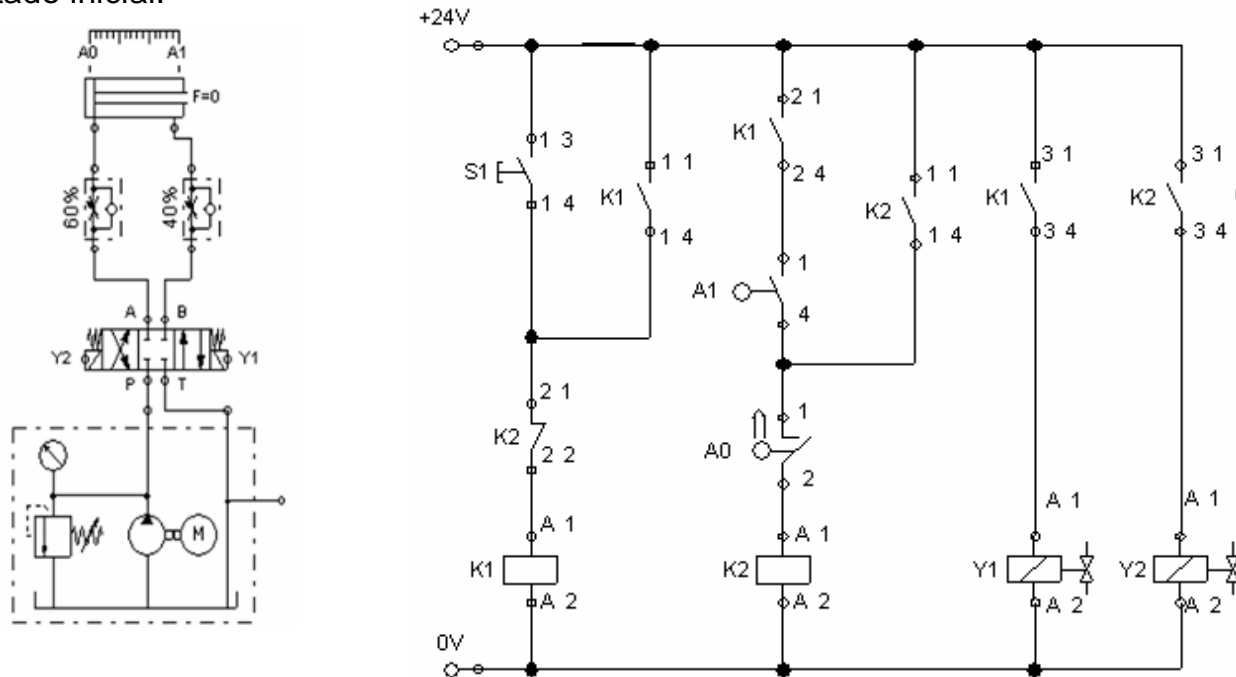




## Práctica N° 13 (Banco de Pruebas Electrohidráulico)

### 5.7 Ciclo único de un cilindro de doble efecto con válvula 4/3

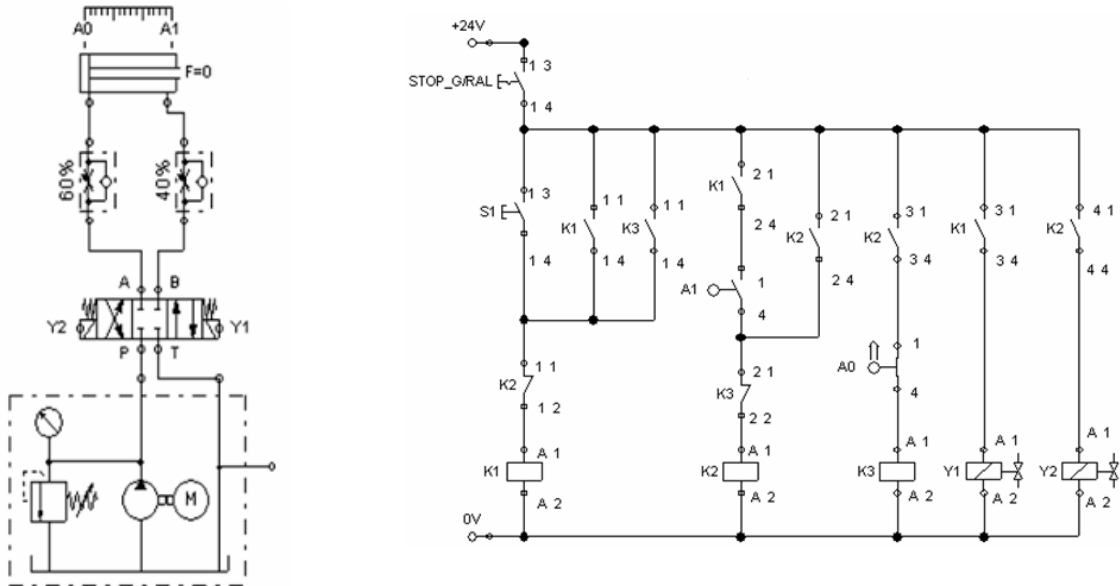
Al pulsar S1 se activa Y1 haciendo que se retenga K1 y salga el cilindro, una vez el cilindro llega al final de su carrera, toca el final de carrera A1 el cual hace que se retenga K2, el cual no solo tumba la retención de K1 sino que activa Y2 haciendo que el cilindro regrese, hasta tocar a A0 que desenergiza a K2 dejando el circuito en su estado inicial.



## Práctica N° 14 (Banco de Pruebas Electrohidráulico)

### 5.8 Ciclo continuo de un cilindro de doble efecto con válvula 4/3

La diferencia con el circuito de ciclo único es la incorporación de un relé K3 el cual se activa con la última señal ciclo y permite que K1 inicie nuevamente el ciclo. Además se hace uso de un interruptor (Stop General) para detener el cilindro.



### 5.9 Circuitos Electrohidráulicos con Dos Cilindros

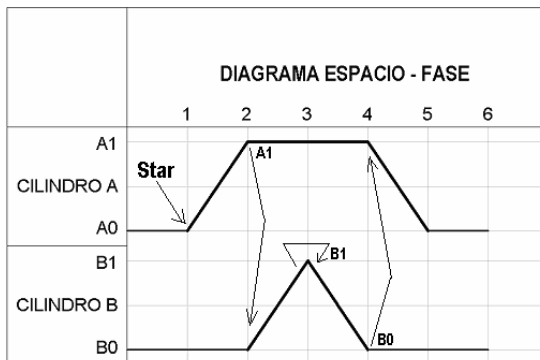
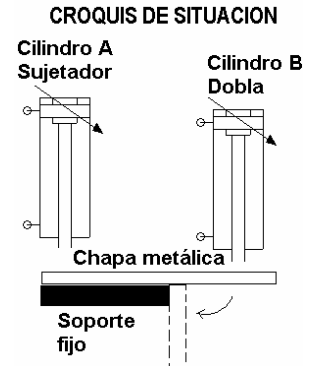
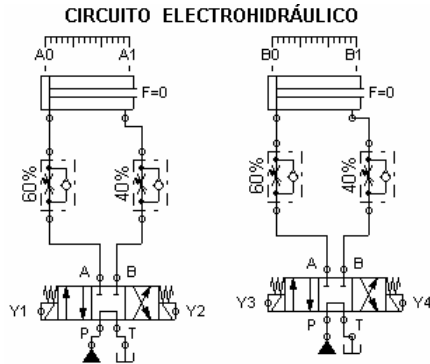
#### Realización paso a paso de un circuito de control eléctrico para un sistema electrohidráulico (prensa electrohidráulica)

Un circuito de control eléctrico se basa en el análisis funcional de el trabajo a realizar, dependiendo de lo que se quiera hacer, el circuito se va armando en función de los elementos de accionamiento, como los pulsadores, finales de carrera, el tipo de válvula (monoestable o biestable), relés, temporizadores, contadores, entre otros.

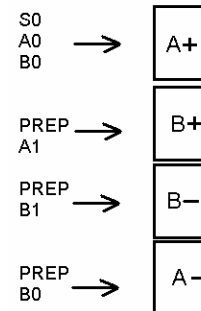
Primeros pasos:

1. Se revisa los elementos del **circuito electrohidráulico** (en este caso dos cilindros de doble efecto gobernados por correspondientes válvulas 4/3 y reguladoras de caudal).
2. Se debe tener una idea general de la máquina o dispositivo a controlar, realizando un **croquis de situación**.
3. Los movimientos que deben realizar los cilindros, indicando temporizaciones del ciclo de trabajo se deben visualizar con diagrama de **espacio-fase**.
4. Se realizan las **funciones lógicas**, las cuales corresponden a las señales necesarias para que se den las distintas etapas.
5. Se arma el **circuito de control eléctrico**.

Ejemplo:



### FUNCIONES LÓGICAS



Diseñe un circuito electrohidráulico y su correspondiente sistema electrohidráulico para una prensa. Se debe colocar una pieza la cual se sujeta por efecto de un cilindro A y se doblara con efecto del cilindro B.

El accionamiento del circuito es por el pulsador (Star) y para iniciar la función deben estar los cilindros en su posición inicial (finales de carrera A0 y B0 pulsados).

Se sabe que el accionamiento es por un pulsador y que cada cilindro lleva finales de carrera que detectan si los cilindros están contraídos o extendidos, y ahora se determina la cantidad de relés que se deben utilizar.

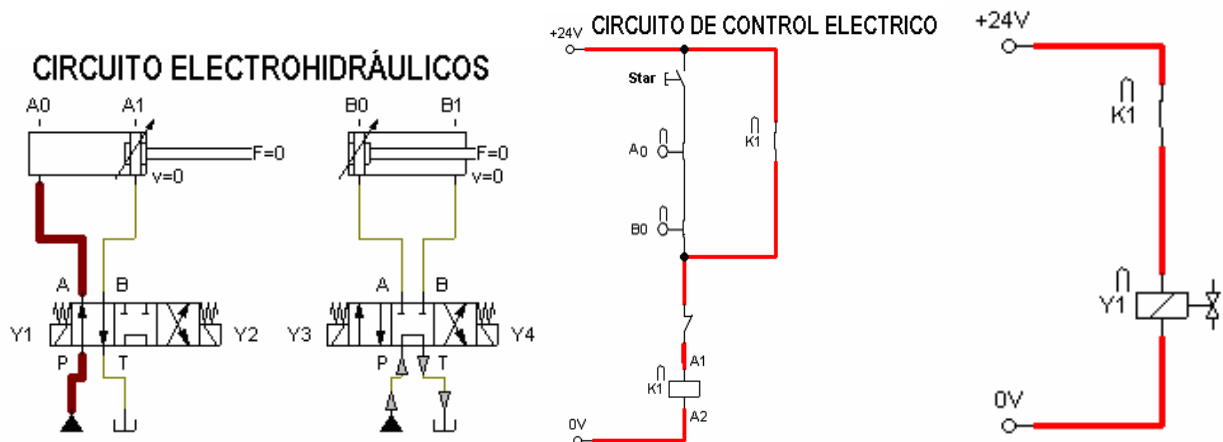
Por medio de los pasos que se dan en el diagrama espacio-fase tenemos que la señal entre 1 y 2 es una acción o sea que se activo con un relé, entre 2 y 3 se acciona otro relé por la llegada del final de carrera A1, 3 y 4 ocurre la misma acción que en 2 y 3 solo que la señal que recibida es del final de carrera B1 y entre 4 y 5 el último relé que es accionado por el final de carrera B0 y para concluir el final de carrera A0 seria una señal de que indica el fin del ciclo.

Ahora tenemos el número de elementos que vamos a utilizar: Pulsadores: 1; Finales de carrera: 4; Relés: 4; Válvulas: 2 biestables (4/3 con centro en circunvalación); Cilindro: 2 de doble efecto.

Por simbología se denomina la conexión de los circuitos de la siguiente forma:

Por seguridad se debe tener en cuenta que toda línea o relé que se autorretenga en un momento del ciclo, debe ser desenergizado en otra parte del mismo, a fin de que al finalizar el circuito no quede ningún relé energizado.

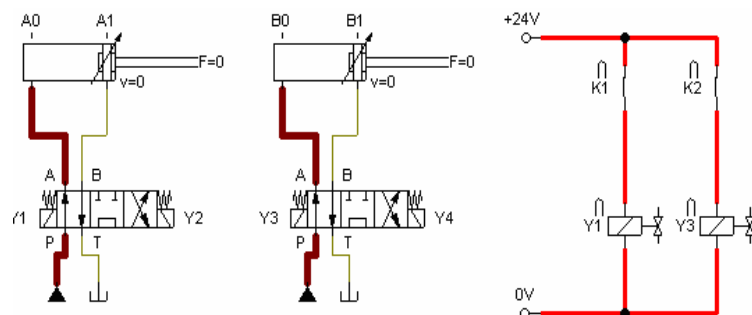
**(PASO 1 A+)** El pulsador activara el primer relee (K1) para accionar la válvula (Y1) la cual da efecto a que extienda el cilindro de sujeción.

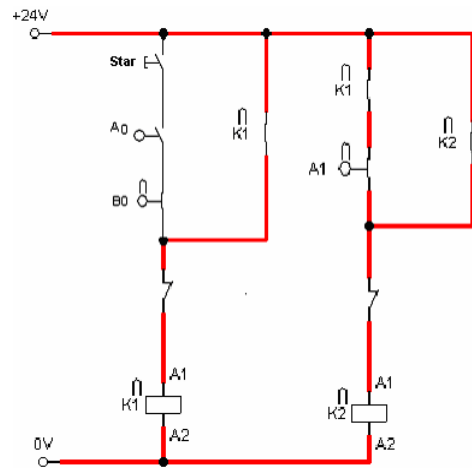


K1 activa a Y1 y sale el cilindro A

Este será el primer paso del circuito de control que se auto-retiene por medio de su contacto asociado en la línea 2.

**(PASO 2 B+)** En este paso se realizará la activación de la bobina (Y3) para que se dé la salida del cilindro (B), acción que la realiza el relé (K2) al recibir la señal de preparación (K1) y del final de carrera (A1). Se debe prever un contacto normalmente cerrado que en el futuro sirva para tumbar la autorretención de los relees.





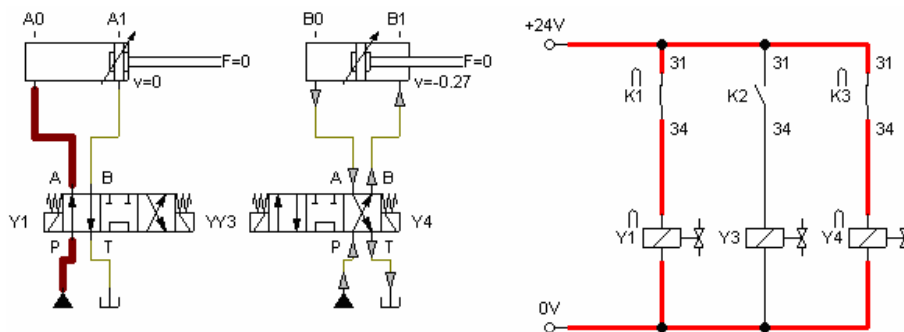
K2 activa a Y2 y sale el cilindro B

**Nota:** todo circuito que siga después del primer paso se deben preparar para que cuando hayan señales del mismo final de carrera no se vuelvan a activar indeseablemente.

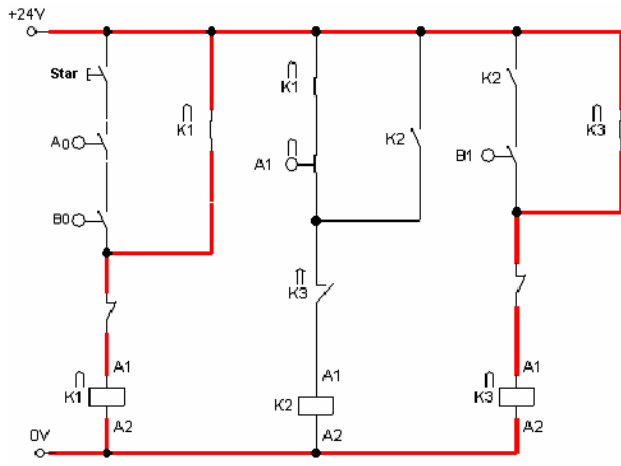
Seguimos teniendo en cuenta que tanto el primer y el segundo relee no se han desactivado.

**(PASO 3 B-)** El diagrama de espacio-fase nos dice que el cilindro B al finalizar la salida del mismo tiene que retornar de inmediato, puesto que está gobernado por una válvula biestable, está no puede activar los solenoides (Y3 y Y4) de ambos lados de la válvula porque no conmutaría.

Una vez el cilindro (B) llega al final de su recorrido, debe realizar dos acciones simultáneamente, la primera es activar (K3) para que alimente la bobina (Y4) y la segunda es desactivar a (Y3) tumbado la autorretención de (K2) y de esta forma regrese el cilindro (B).

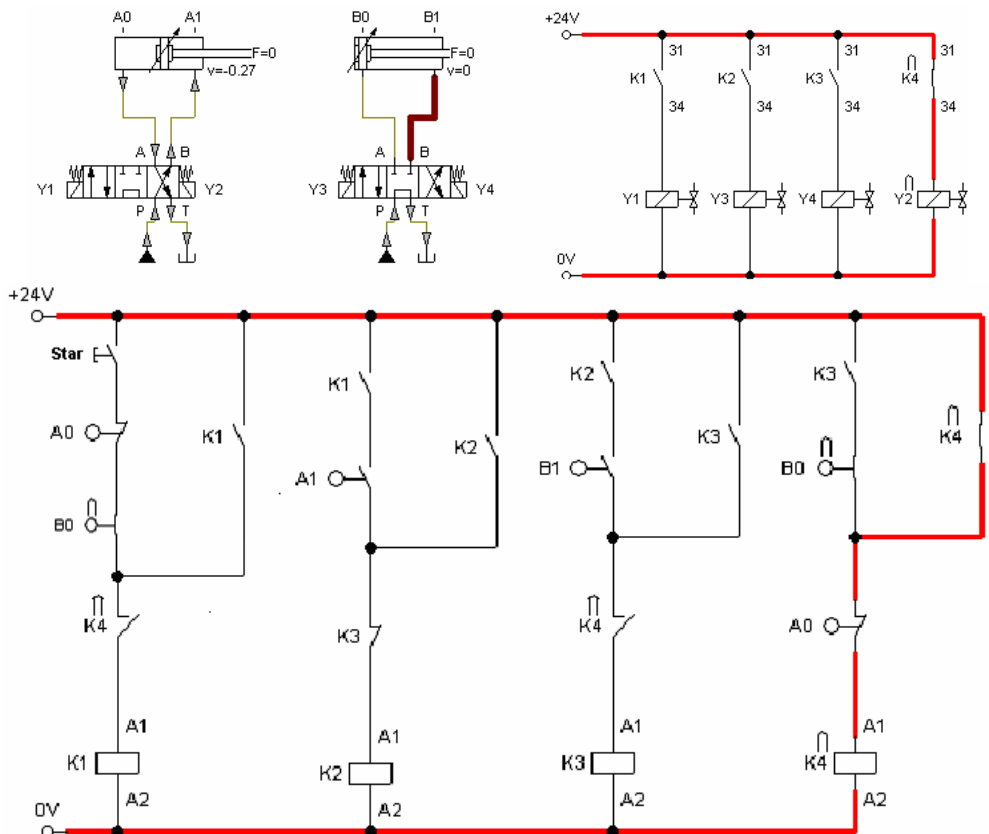






K3 desenergiza a K2 (Y3) y activa a Y4, el cilindro B regresa

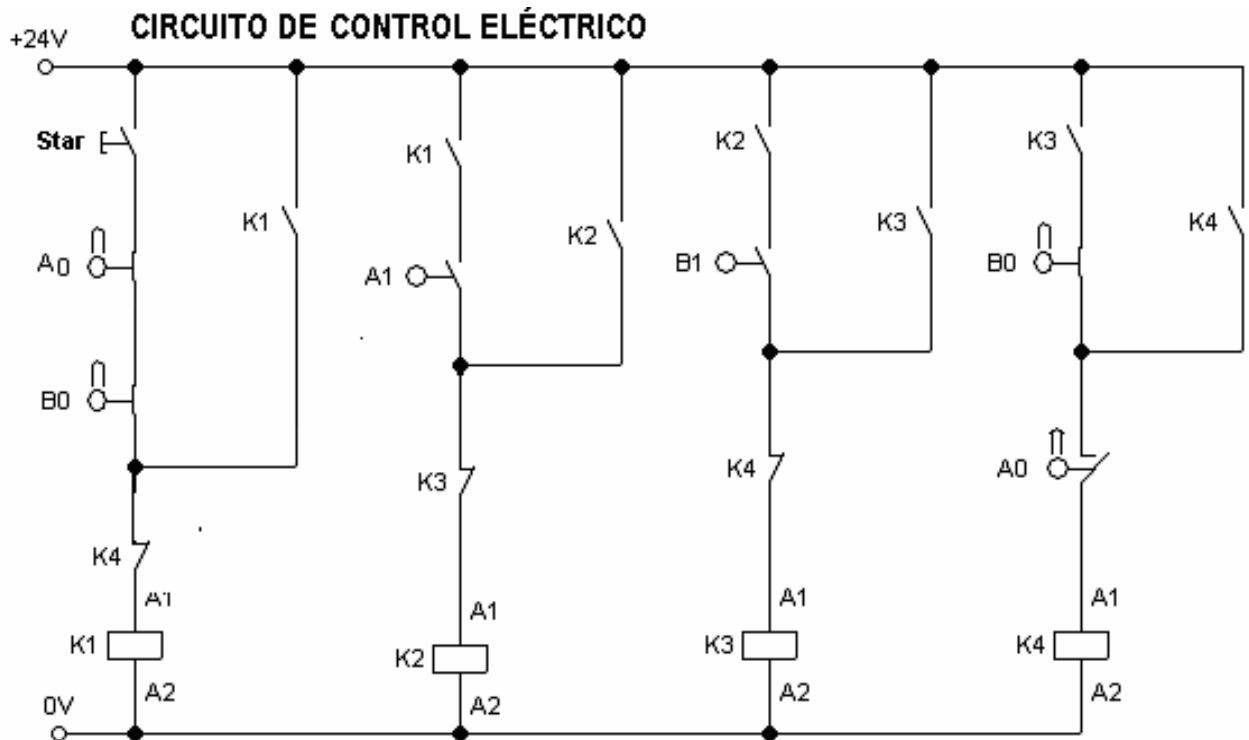
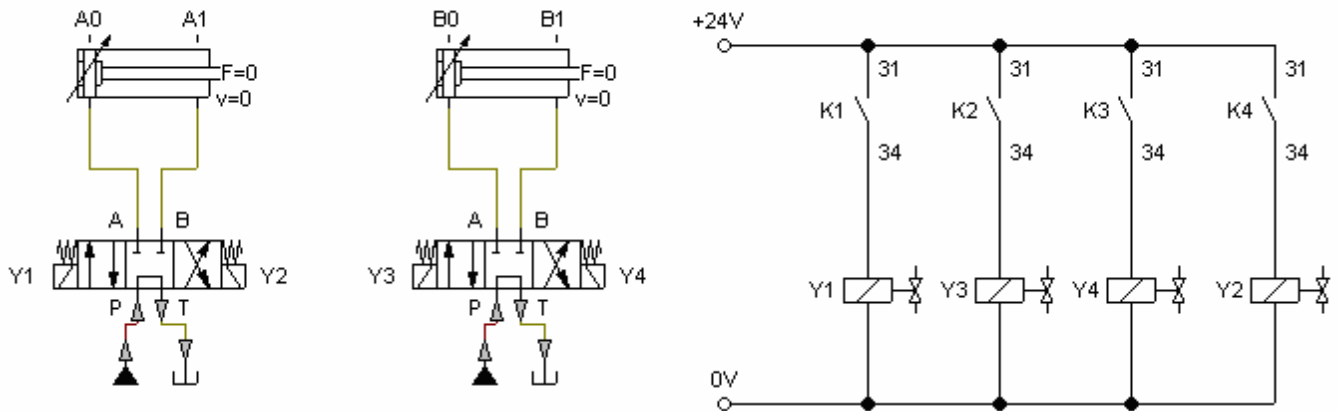
**(PASO 4 A-)** Ya que el cilindro (B) retornó, el final de carrera B0 activa el relé K4 para que se dé el último paso (regreso del cilindro A). De igual forma como se definió las acciones de los relés K2 y K3 (mutuamente excluyentes, es decir que solo puede estar uno de ellos activo); el relé K1 que activó al solenoide Y1, no puede estar activo al momento de entrar K4 que activa a Y2. Ya que la válvula se bloquearía. Por tal razón una vez el cilindro (B) regresa completamente y toca el final de carrera (B0), debe realizar dos acciones simultáneamente, la primera es activar (K4) para que alimente la bobina (Y2) y la segunda es desactivar a (Y1) tumbado la autorretención de (K1) y de esta forma regrese el cilindro (A).



K4 desenergiza a K1 (Y1) y activa a Y2, el cilindro A regresa

Al regresar completamente el cilindro (A) y tocar al final de carrera A0, desactiva la línea de paso final (K4) y el circuito queda en su estado inicial, listo para comenzar un nuevo ciclo.

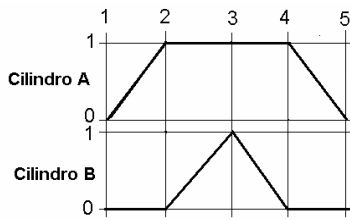
### CIRCUITO ELECTROHIDRÁULICO



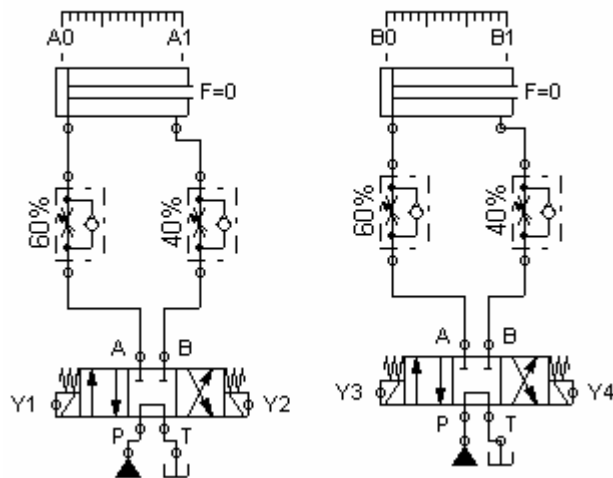
A0 desenergiza a K4 dejando el circuito igual que al principio

# Práctica N° 15 (Banco de Pruebas Electrohidráulico)

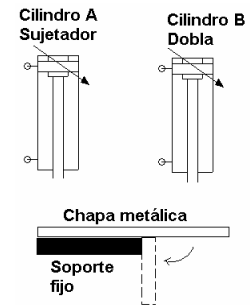
## Prensa



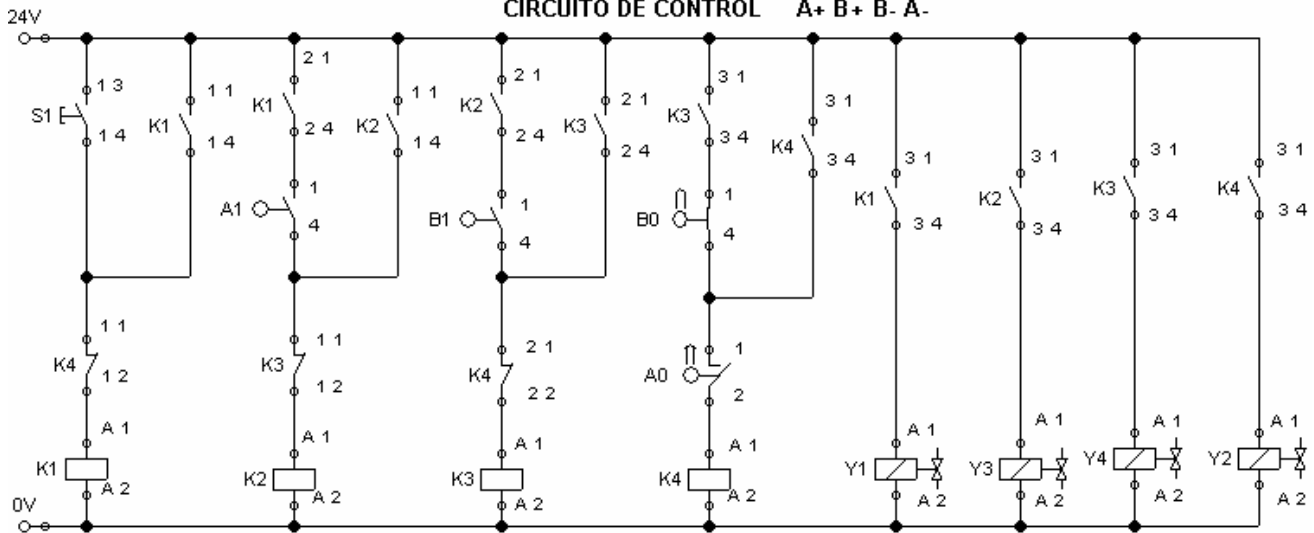
## CIRCUITO ELECTROHIDRÁULICO



## electrohidráulica

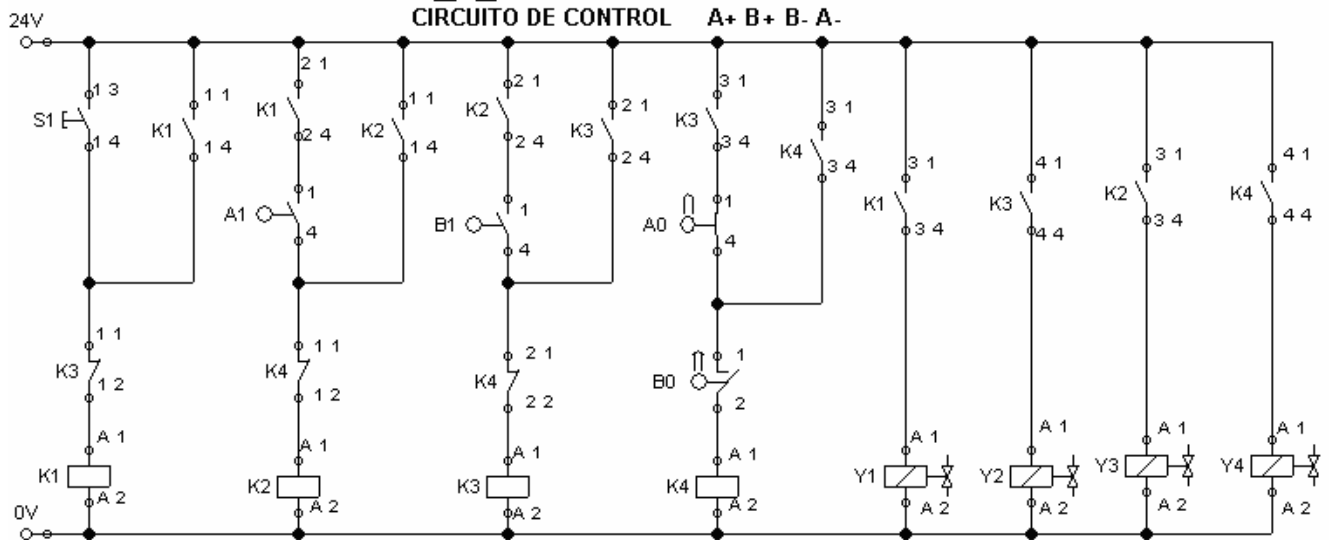
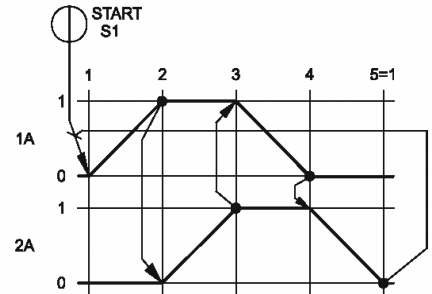
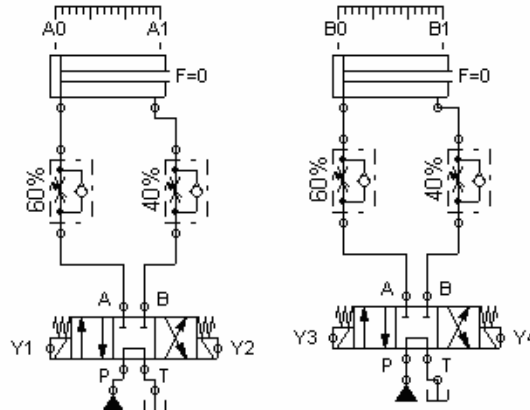
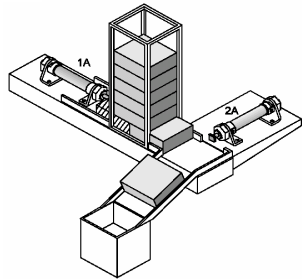


## CIRCUITO DE CONTROL A+ B+ B- A-



# Práctica N° 16 (Banco de Pruebas Electrohidráulico) Apilador de paquetes

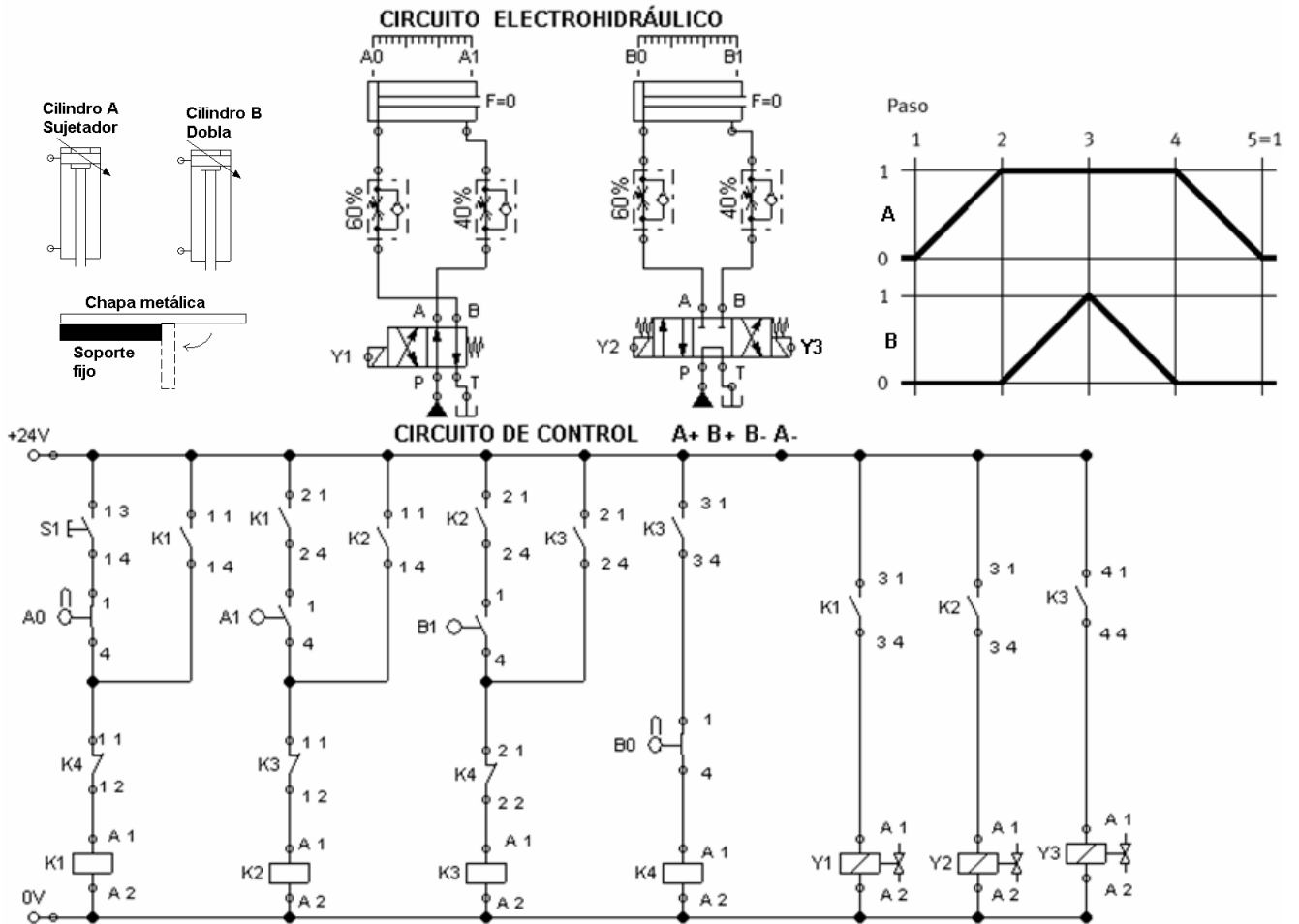
## CIRCUITO A+ B+ A- B- APILADORA DE PAQUETES CIRCUITO ELECTROHIDRÁULICO



# Práctica N° 17 (Banco de Pruebas Electrohidráulico)

## Presna electrohidráulica

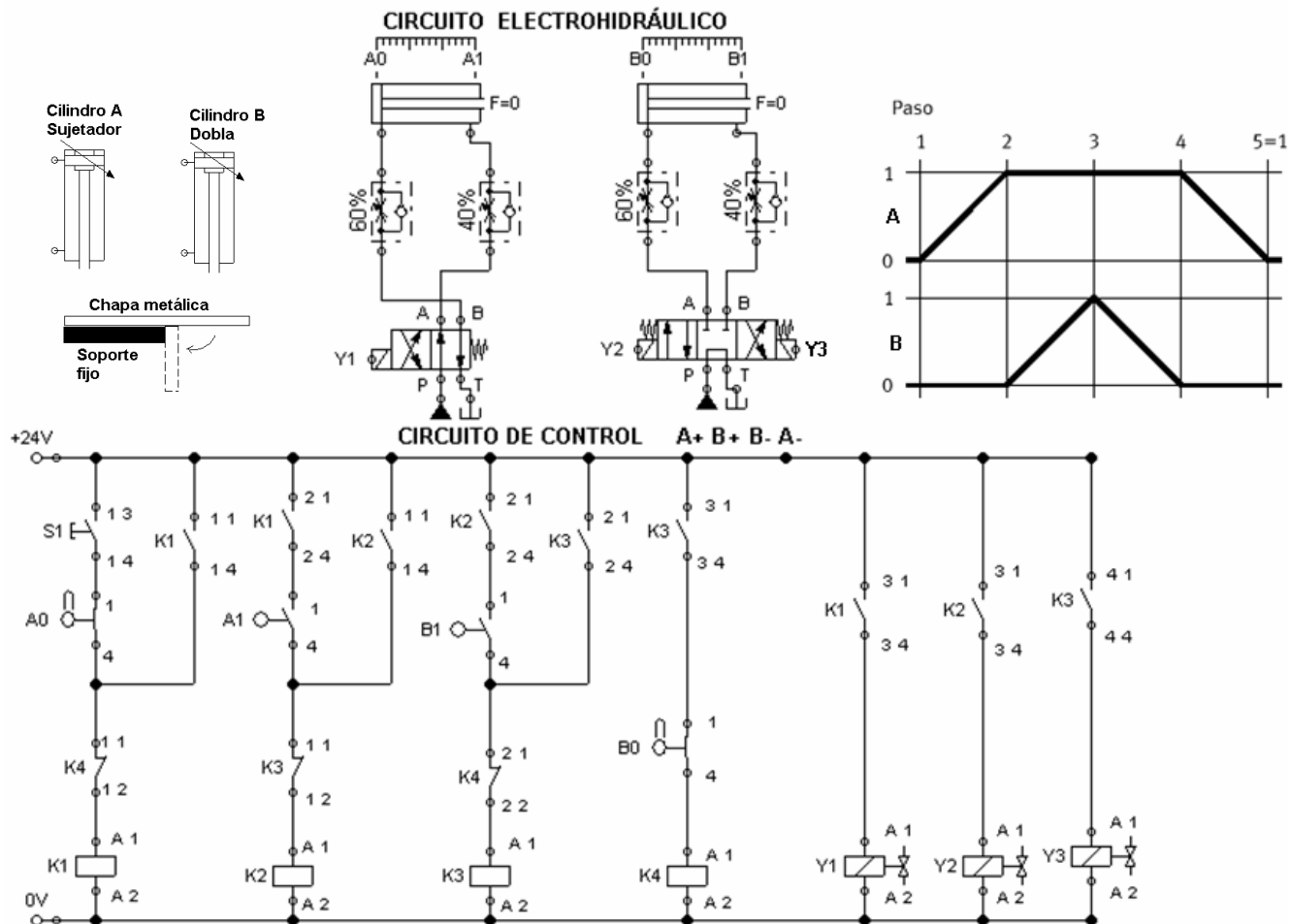
### CIRCUITO A+ B+ B- A- VÁLVULA MONO-BI PRENSA ELECTROHIDRÁULICA



# Práctica N° 18 (Banco de Pruebas Electrohidráulico)

## Prensa electrohidráulica

### CIRCUITO A+ B+ B- A- VÁLVULA MONO-BI PRENSA ELECTROHIDRÁULICA



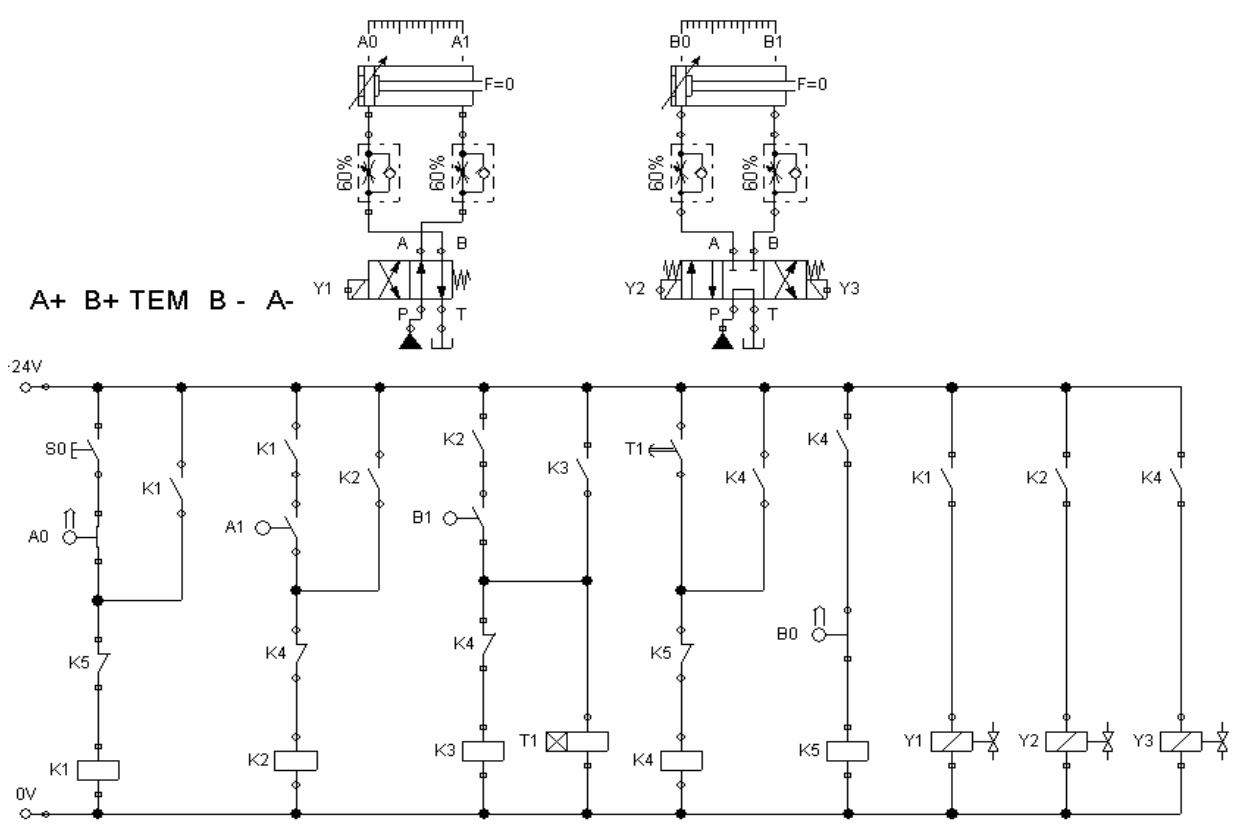
# Práctica N° 19 Fluid Sim 3.5 Ciclo Único

Mando Electrohidráulico de Dos Cilindros con Válvulas Monoestable para el Cilindro (A) y Biestable para el Cilindro (B)

### Circuito Electrohidráulico con Temporización (A+B+TEMP B- A-)

En este circuito se ha incorporado un temporizador (T1) de tal forma que el cilindro (B) se mantenga extendido en su posición final delantera durante 5s.

Con este dispositivo se puede incluir la variable de tiempo y retardos de las acciones en los circuitos electrohidráulicos.



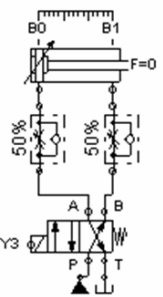
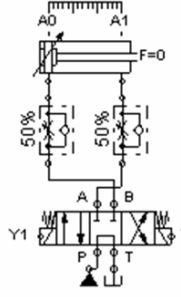
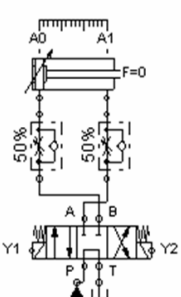
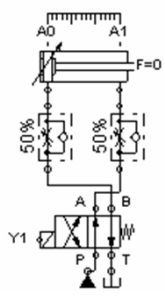
Una vez sale el cilindro (B) acciona el final de carrera (B1) e inicia la temporización, el rele (K3) tiene la función de alimentar al temporizador.

**Actividad:** realice el circuito de control eléctrico para cada uno de los tres casos siguientes.

**A+ TEM1 A- A+ TEM2 A-**

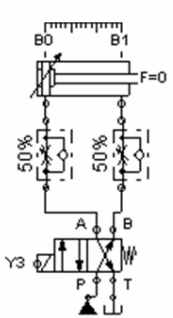
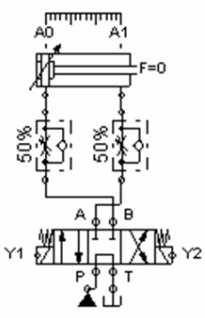
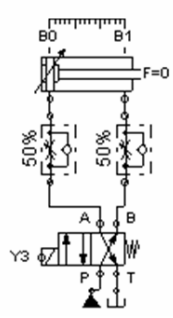
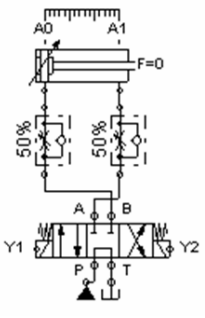
**A+ TEM1 A- A+ TEM2 A-**

**A+ / TEM1 / B+ / B- / TEM2 / A-**



**A+ / TEM1 / B+ / TEM2 / B- / A-**

**A+ / TEM1 / A- / B+ / TEM2 / B-**

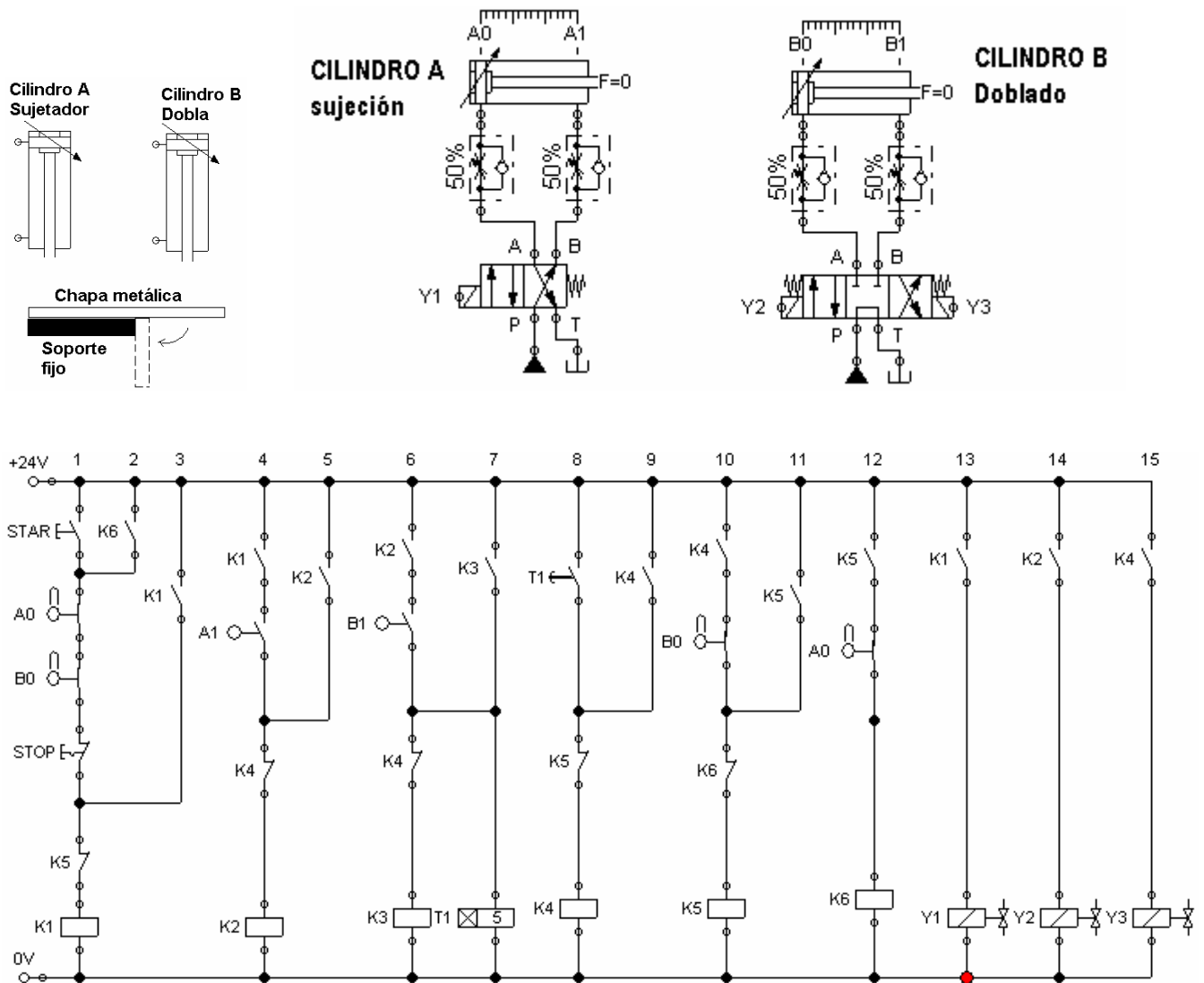


# Práctica N° 20 Fluid Sim – H 3.5 Ciclo Continuo de un Circuito Electrohidráulico

## Ciclo continuo de un Circuito Electrohidráulico con Temporización (A+B+TEMP B- A-)

Este circuito corresponde exactamente a la prensa dobladora de chapas de la práctica N° 18, solo que se le ha incorporado un relé (K6) el cual es activado con la última señal del ciclo (A0) y tiene la función principal de reiniciar el ciclo, reemplazando el pulsador (STAR) en la línea de control (2).

De esta forma el circuito repetirá indefinidamente el ciclo (A+B+TEMP B- A-) hasta que se pulse el interruptor (STOP).

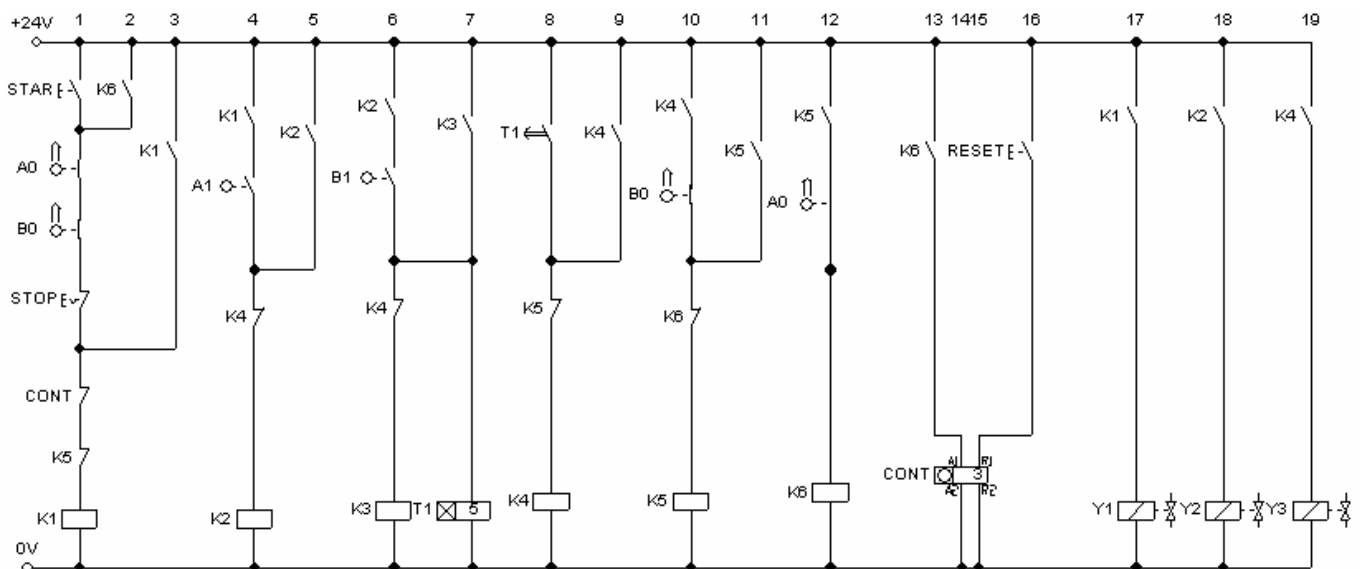
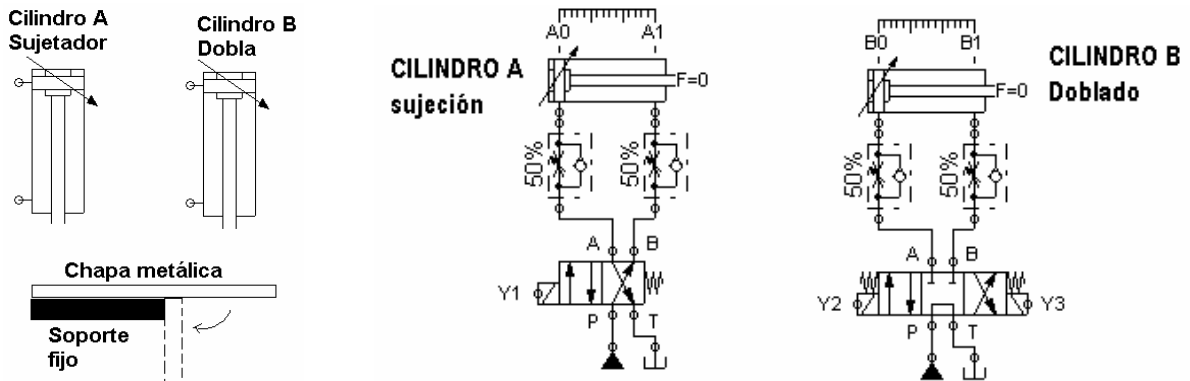




# Practica N° 21 Fluid Sim 3.5 Ciclo X 3 de un Circuito Electrohidráulico

En este caso la secuencia (A+B+TEMP B- A-) sólo se ha de realizar 3 veces, esto se logra incorporando al circuito del a práctica N° 19 un contador (CONT) el cual recibe una señal de conteo de ciclo por parte del relé (K 6) , cuando este relé le haya enviado tres pulsos a la entrada del contador, este se activará y abrirá su contacto asociado en la primera línea del circuito, con lo cual no se podrá repetir el ciclo , a menos que se dé una señal de reseteo del contador (RESET) con la que el contador vuelve a su estado inicial.

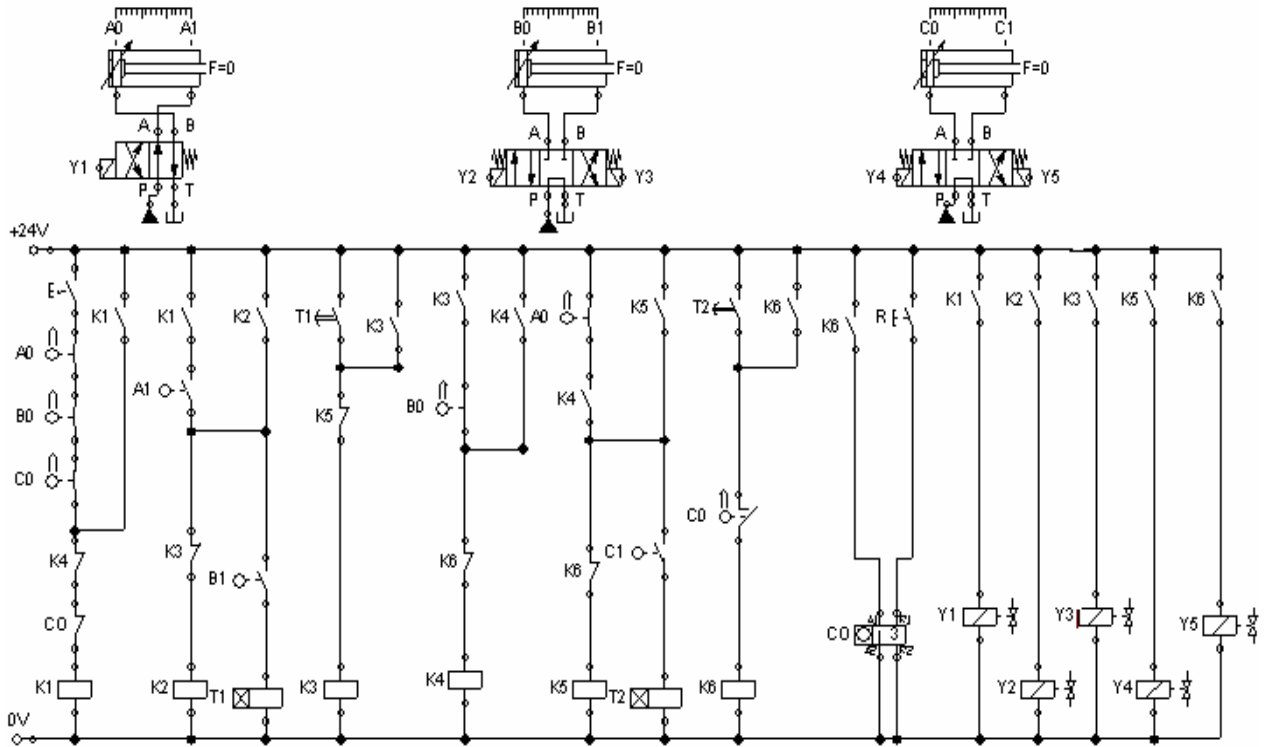
Para iniciar una nueva tanda de tres piezas hay que pulsar (RESET) y luego (STAR)



# Práctica N° 22 Fluid Sim 3.5

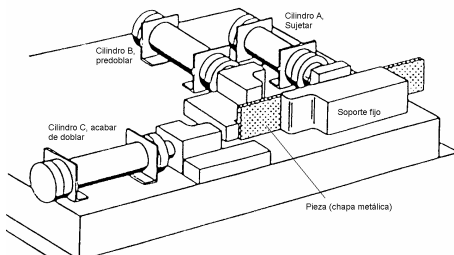
## Ciclo X 3 de una Dobladora De Láminas

A+ /B+ /TEMP1/ B- /A- /C+ / TEMP2/ C- / X 3 CICLOS

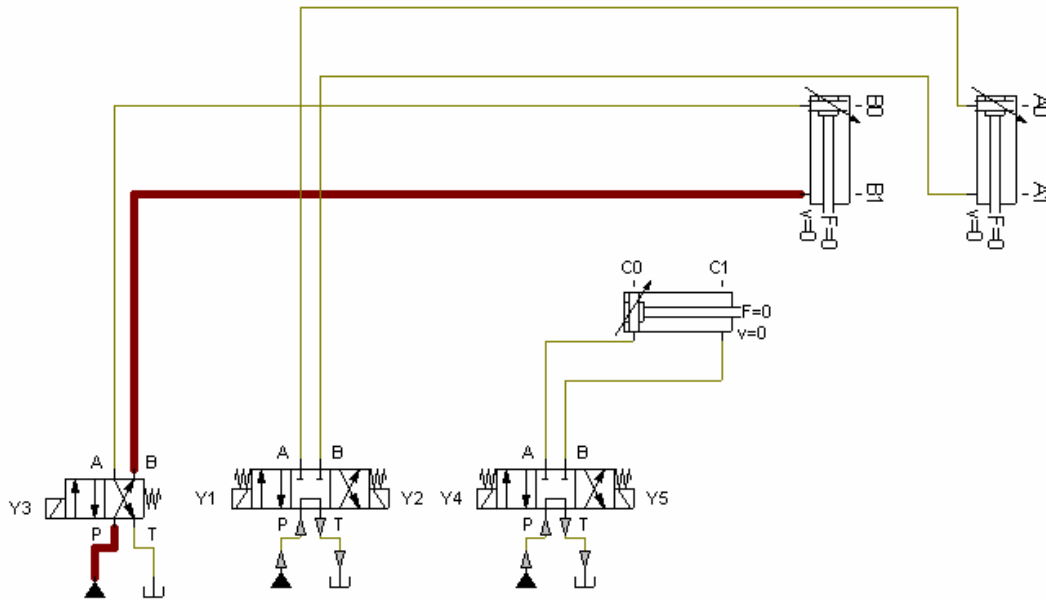


### 5.10 Método Abreviado para la Elaboración de Circuitos Electrohidráulicos Con Múltiples Cilindros

Croquis de la situación:



## Circuito Electrohidráulico



### Descripción de las fases en orden cronológico

#### Elementos de trabajo

#### Fases de trabajo

Cilindro A	La pieza de chapa es sujeta
Cilindro B	La pieza de chapa es redoblada.
Cilindro B	Retorno a la posición inicial
Cilindro C	La pieza de chapa es acabada de doblar
Cilindro C	Retorno a la posición inicial
Cilindro A	La pieza de chapa es soltada

### Representación simbólica de los movimientos

En esta representación hay que prestar atención a la coordinación de los movimientos de salida y entrada.

Designación para	Carrera de avance	con +
	Carrera de retroceso	con -

La representación simbólica describe los movimientos de los elementos en orden al desarrollo:

Se sobre entiende que el análisis de secuencia se basa en métodos establecidos por el estudiante ya que toda secuencia lleva un correspondiente paso o etapa con referencia a la función que se quiere lograr.

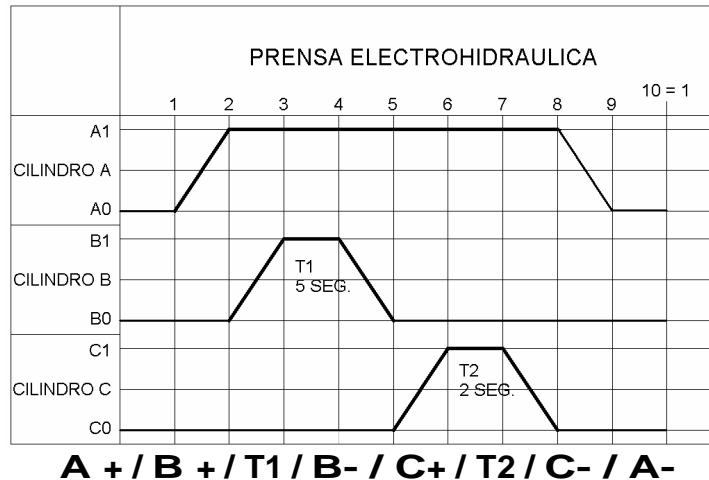
Toda secuencia de control eléctrico tiene un método que lo hace mas fácil al momento de diseñar los circuitos de control y también el análisis con respecto del diagrama espacio-fase, este método trabaja con una hoja de calculo (EXCEL) como forma de presentación.

En el ejemplo anterior de la prensa hidráulica se establecieron los pasos necesarios para diseñar un circuito de control electrohidráulico, dependiendo de la situación problemática partimos a desarrollar el método por mapeo o tabla de la verdad.

Primero se hace el análisis de la situación problemática:

Diseñe un circuito de electrohidráulico para una prensa de doblado rectificadora, consta de un cilindro de sujeción y dos cilindros de doblado. Como se muestra en la Fig. El cilindro sujeta (cilindro A) la pieza contra el soporte fijo, el cilindro de pre-doblado (cilindro B) se extiende doblando la pieza, se queda un tiempo a fuera y después se retrae. Luego un tercer cilindro de acaba el doblado de la pieza y hace la misma operación que la del cilindro de pre-doblado.

El diagrama de espacio-fase se puede simplificar de la siguiente forma.



En ciertas ocasiones es necesario hacer el análisis de ambas formas dependiendo de la complejidad de la función de un proceso.

Como se muestra en el diagrama espacio-fase simplificado podemos sacar la cantidad de elementos con los cuales se van a trabajar y empezaremos a trabajar con el método de mapeo. Este método trabaja de forma simplificada y se debe tener siempre en cuenta que todo paso o etapa debe tener un contacto de preparación.

ACTIVACION	START							
DESACTIVACION								
RELE	K1							
SOLENOIDE	Y1							
SECUENCIA	A+	B+	TEMP	B-	C+	TEMP	C-	A-
COMENTARIO		CONEX. H			CONEX. H			

Se muestra que el cilindro A o sujeción fue activado por acción del pulsador (NA) START activando el solenoide (Y1) haciendo que extienda (válvula biestable).

ACTIVACION	START	A1						
DESACTIVACION								
RELE	K1	K2						
SOLENOIDE	Y1	Y3						
SECUENCIA	A+	B+	TEMP	B-	C+	TEMP	C-	A-
COMENTARIO		CONEX. INDIVID.			CONEX. H			

Después de salir el cilindro A o de sujeción activando el solenoide (Y3) del cilindro B o de pre-doblado por acción del final de carrera A1, y este a su vez se extiende.

ACTIVACION	START	A1	B1					
DESACTIVACION								
RELE	K1	K2	T1					
SOLENOIDE	Y1	Y3						
SECUENCIA	A+	B+	TEMP	B-	C+	TEMP	C-	A-
COMENTARIO		CONEX. H			CONEX. H			

Con acción del final de carrera B1 activa de un temporizador 1 que se puede conectar en H con respecto a la etapa de activación del cilindro B.

ACTIVACION	START	A1	B1	T1				
DESACTIVACION		<b>K3</b>						
RELE	K1	K2	T1	K3				
SOLENOIDE	Y1	Y3						
SECUENCIA	A+	B+	TEMP	B-	C+	TEMP	C-	A-
COMENTARIO		CONEX. H			CONEX. H			

Con el pasar del tiempo (5 seg.) el cilindro de pre-doblado se retrae. Se muestra en la celda de B - que el relé K3 desactiva la etapa de activación del cilindro B teniendo en cuenta que es una monoestable no se marca solenoide y se puede considerar como una línea terminal que se puede desactivar con el siguiente relé pero que presentaría interferencia porque la etapa anterior esta activa y tanto el final de carrera y el contacto de preparación de igual forma sigue activo dando corriente a la etapa del cilindro B y para asegurar su paso secuencial la línea terminal se desactivara con el ultimo relé.

ACTIVACION	START	A1	B1	T1	B0			
DESACTIVACION		K3						
RELE	K1	K2	T1	K3	K4			
SOLENOIDE	Y1	Y3			Y4			
SECUENCIA	A+	B+	TEMP	B-	C+	TEMP	C-	A-
COMENTARIO		CONEX. H			CONEX. H			

Ahora el final de carrera B0 activa el solenoide (Y4) del cilindro C o de doblado final del cual se extiende.

ACTIVACION	START	A1	B1	T1	B0	C1		
DESACTIVACION		K3						
RELE	K1	K2	T1	K3	K4	T2		
SOLENOIDE	Y1	Y3			Y4			
SECUENCIA	A+	B+	TEMP	B-	C+	TEMP	C-	A-
COMENTARIO		CONEX. H			CONEX. H			

Con acción del final de carrera C1 activa de un temporizador 2 que se puede conectar en H como en la etapa de activación del cilindro B.

ACTIVACION	START	A1	B1	T1	B0	C1	T2	
DESACTIVACION		K3			<b>K5</b>			
RELE	K1	K2	T1	K3	K4	T2	K5	
SOLENOIDE	Y1	Y3			Y4		Y5	
SECUENCIA	A+	B+	TEMP	B-	C+	TEMP	C-	A-
COMENTARIO		CONEX. H			CONEX. H			

Con el pasar del tiempo (2 seg.) el cilindro de doblado final se retrae. Se muestra en la celda de C - que el relé K4 desactiva al relé que activo la salida del cilindro C teniendo en cuenta que es una biestable y del cual se puede considerar como una línea terminal.

ACTIVACION	START	A1	B1	T1	B0	C1	T2	C0
DESACTIVACION	<b>K6</b>	K3		<b>K6</b>	K5		<b>K6</b>	
RELE	K1	K2	T1	K3	K4	T2	K5	K6
SOLENOIDE	Y1	Y3			Y4		Y5	Y2
SECUENCIA	A+	B+	TEMP	B-	C+	TEMP	C-	A-
COMENTARIO		CONEX. H			CONEX. H			

El accionamiento del final de carrera C0 activa la última etapa que es la del retorno del cilindro A o de sujeción desactivando su etapa de desactivación y la línea que se consideraron terminales.

ACTIVACION	START	A1	B1	T1	B0	C1	T2	C0
DESACTIVACION	K6	K3		K6	K5		K6	<b>A0</b>
RELE	K1	K2	T1	K3	K4	T2	K5	K6
SOLENOIDE	Y1	Y3			Y4		Y5	Y2
SECUENCIA	A+	B+	TEMP	B-	C+	TEMP	C-	A-
COMENTARIO		CONEX. H			CONEX. H			

Después de retraerse el cilindro la última etapa se puede desactivar con acción del final de carrera A0 culminando la función del circuito electrohidráulico.

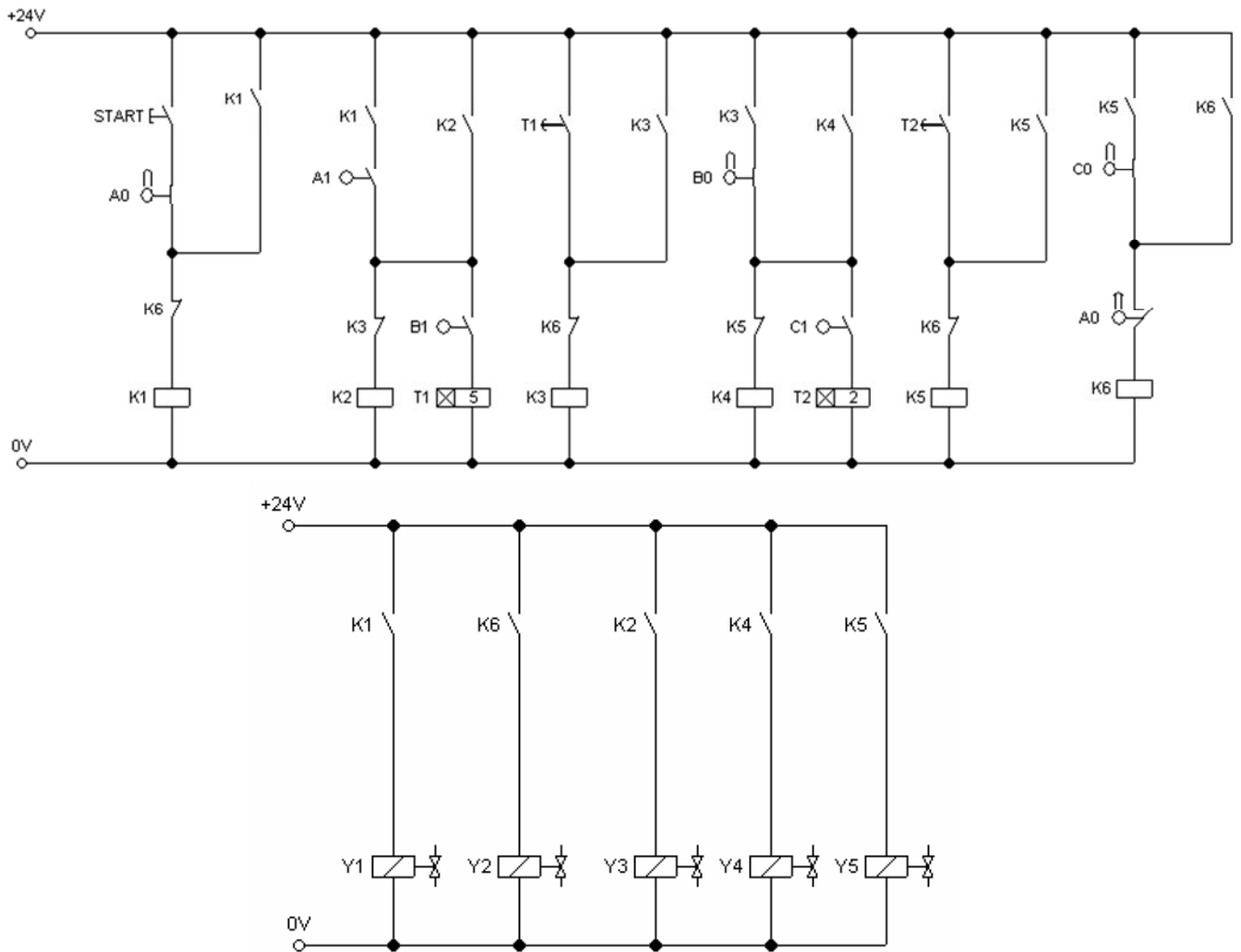
**NOTA: NOTA: Al final de un ciclo no debe quedar ningún relé activo**

Teniendo la información de la tabla anterior se procede a armar el circuito de control eléctrico.

Ahora se arma el circuito de control eléctrico.

### Circuito de control eléctrico

En la primera línea se puede simplificar los contactos de seguridad de los finales de carrera con el de A0 porque es el primero que sale y el último que entra.



## PROYECTO SIERRA AUTOMÁTICA PARA CORTE DE BARRAS DE ACERO

### DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

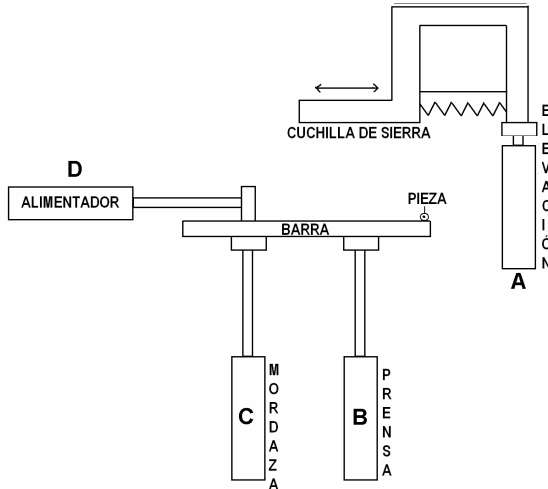
La operación continua de este circuito automático depende enteramente del sensor indicador de pieza que se activa cuando en la máquina hay colocada una barra de suficiente longitud.

Una vez satisfecho esta condición se puede darle señal de inicio a través del pulsador Start el cual activa la válvula (1) haciendo que el cilindro A se extienda y eleve la cuchilla de la sierra hacia la carrera vertical del pistón, momentáneamente se pulsa el final de carrera de A1 el cual hace que el pistón del cilindro B se retraiga y abra la prensa; cerca del final de su carrera de retracción la varilla del pistón pulsa el final de carrera (B0) activando la válvula (3) retrayendo el pistón del cilindro C para abrir la mordaza. Cuando se encuentre totalmente retraído es activado el sensor (C0) activando la válvula (4) retrayendo el pistón del cilindro D.

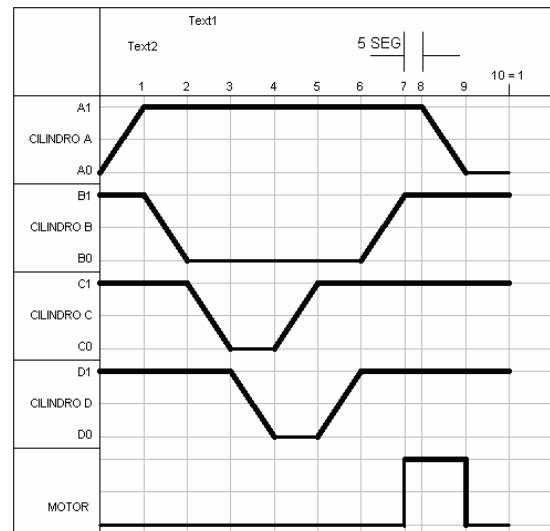
En un punto apropiado depende de la longitud de la barra, se sitúa el final de carrera D0 haciendo pasar aceite al fondo del cilindro C extendiendo el pistón para fijar la barra. Cuando este se encuentre totalmente afuera, activa la válvula (4) extendiendo el pistón del

cilindro D para alimentar en la prensa la longitud requerida, al llegar al final de carrera (D1) cierra la prensa, activando el final de carrera (B1), activando el motor de la sierra y 5seg después deshabilita válvula (1) y logra que retorne el cilindro A por su propio peso realizando el corte de la barra.

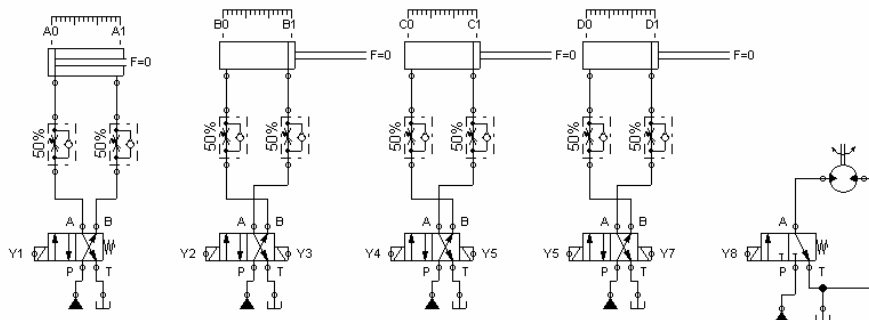
## CROQUIS DE SITUACIÓN



## DIAGRAMA DE FASE



## Circuito electrohidráulico



**Actividad:** diseñe y simule un circuito de control eléctrico para este proyecto



**MATERIAL DE APOYO Y LECTURAS  
RECOMENDADAS  
ARTICULOS EN INGLES**

## **Application of Hydraulics in Mining Equipmen**

The worldwide mining industry uses large loading and transport vehicles and machines from Liebherr for open-cast mining and the extraction of raw materials. These giants move enormous amounts of material under the most arduous conditions and have convinced operators of their high level of reliability. Innovative solutions, mature technical design and components with long service lives guarantee minimum costs for each ton moved.

Liebherr's large hydraulic excavators have power outputs of up to 2,240 kW/ 3,000 hp and standard grab capacities of up to 34 cubic metres. Dumper trucks from Liebherr are the ideal partners for such loading equipment. They have diesel-electric drivelines and are designed to handle payloads of up to 360 tons.

Competent service at any location ensure the uninterrupted availability of these large machines. A close-knit international service network provides efficient customer service and guarantees the supply of original parts around the clock.



Large hydraulic excavators and dumper trucks from Liebherr at an open-cast mining site

## Cerrejon Mining Equipmen

### Large hydraulic Liebherr excavator R995 Litronic

The crawler excavator R 995 Litronic benefits from its tremendous output reserves in various practical requirements. This applies just as well for the direct extraction of tough, bulky overburden, as for the loading of blasted overburden. The capacity of the bucket totals 26.5 m<sup>3</sup> for a material density of 1,8 t/m<sup>3</sup>.



Liebherr-Crawler excavator R 995 Litronic

#### Hydraulic System

##### Hydraulic pumps

for attachment and travel drive \_\_\_\_\_ 6 variable flow axial piston pumps  
Max. flow \_\_\_\_\_ 6 x 840 l/min./6 x 222 gpm  
Max. hydr. pressure \_\_\_\_\_ 320 bar/4640 PSI

##### Hydraulic pumps

for swing drive \_\_\_\_\_ 4 reversible swash plate pumps, closed-loop circuit  
Max. flow \_\_\_\_\_ 4 x 361 l/min./4 x 95.4 gpm  
Max. hydr. pressure \_\_\_\_\_ 350 bar/5076 PSI

Pump regulation \_\_\_\_\_ electro-hydraulic, pressure compensation.

Hydraulic tank capacity \_\_\_\_\_ 3030 l/800 gal

##### Hydraulic system

Capacity \_\_\_\_\_ 6400 l/1690 gal

Hydraulic oil filter \_\_\_\_\_ filtration of entire return flow, 1 high pressure filter for each main pump

Hydraulic oil cooler \_\_\_\_\_ 2 separate coolers, 3 temperature controlled fans driven via hydraulic motors

## KOMATSU Excavators PC600LC-8



### Specifications

Model	Komatsu SAA6D140E-5
Type	4-cycle, water-cooled, direct injection
Aspiration	Turbocharged, aftercooled, cooled EGR
Number of cylinders	6
Bore	5.51"/140 mm
Stroke	6.50"/165 mm
Piston displacement	30 in <sup>3</sup> /15.24 ltr
Governor	All-speed, electronic
Horsepower:	
SAE J1995 (Gross)	433 HP/323 / kW
ISO9249 / SAE J1349 (Net)	429 HP/320 kW
Hydraulic fan at maximum speed (Net)	386 HP/288 / kW
Rated rpm	1800 rpm
Fan drive type	Hydraulic

### ***Productivity Features:***

- ***High Work Equipment Speed*** : Increased arm dumping and bucket dumping speed yields efficient loading operation.

- **Lifting Mode:** Lifting mode increases lifting force and capacity by 17%.
- **Large Digging Force:** Pressing the Power Max button temporarily increases digging force by 8%.
- **Two-mode Setting for Boom :** Switch selection allows either powerful digging or smooth boom operation.
- **Excellent Swing Performance:** is achieved by twin-swing motor system.
- **Large drawbar pull and steering force :** provide excellent mobility.

#### **Excellent Reliability and Durability:**

- **Strengthened Boom and Arm**
- **Fuel Pre-filter:** with water separator equipped as standard
- **O-ring Face Seals :** which have excellent sealing performance, are used for the hydraulic hoses
- **High-pressure In-line Filtration:** The cool-running hydraulic system is protected with the most extensive filtration system available, including a high pressure in-line filter for each main pump.
- **Highly Reliable Electronic Devices :** Exclusively designed electronic devices have passed severe testing. • Controllers • Sensors • Connectors • Heat resistant wiring.

#### **Easy Maintenance:**

- **Easy Cleaning of Cooling Unit :** Reversing fan function facilitates radiator and oil cooler cleaning.
- **Radiator and oil cooler are easily serviced with full open type engine hood**

---

#### **Centralized Arrangement of Engine Checkpoints**

- **New slip-resistant plates for improved foot traction during maintenance**

- **Large Handrails, Steps, and Catwalk**  
provide easy access to the engine and hydraulic equipment

#### **Ecology and Economy Features:**

- **Komatsu SAA6D140E-5 Engine is EPA Tier 3 and EU stage 3A emission certified**
- World's first cooled EGR system with bypass-assist type electronically controlled venturi
- Offers high power and low fuel consumption, while conforming to Tier 3 emission regulations

- Reduces NOx emissions by approximately 40%
- Equipped with an electronically controlled variable speed fan
- **Economy mode Four-level Setting** : Enables operator to select the appropriate Economy mode level to match production requirement with lowest fuel consumption.
- **Reduction of Ambient Noise** :Meets the EU Tier 2 noise regulations.
- Electronically controlled variable speed fan drive
- Large hybrid fan
- Low-noise muffler and noise reducing cover around the muffler

**Working Environment:**

- **Large Comfortable Cab.**
  - Low noise and vibration with cab damper mounting
  - Large-capacity auto air conditioner
  - Pressurized cab prevents external dust from entering
  - Cab top guard level 2 (ISO 10262 standard) capable with optional bolt-on top guard
  - **Advanced Monitor Features.**
  - Machine condition can be checked with Equipment Management Monitoring System (EMMS)
  - Two working modes combine with lifting mode for maximum productivity
-

## CATERPILLAR 789C Mining Truck (195 tons)

The 789C Mining Truck is engineered for performance, designed for comfort, and built to last. Developed specifically for high production mining and hauling applications, the 789C Mining Truck keeps material moving at high volume to lower your cost-per-ton. Rugged construction creates a durable machine. Easy maintenance procedures ensure high reliability and long life with low operating costs.



### Specification

#### Engine

Units: [US](#) | [Metric](#)

Net Power	1770.15 hp/ 1320 kW
Net Power - SAE J1349	1771 hp/1320 kW
Rated Power	1750 RPM/1750 RPM
Engine Model	Cat® 3516B EUI/ Cat® 3516B EUI
Net Power - ISO 9249	1791 hp/1335 kW
Net Power - 80/1269/EEC	1791 hp/1335 kW
Bore	6.7 in/170 mm
Stroke	7.5 in/190 mm
Displacement	4211 in <sup>3</sup> /69 L
Gross Power - SAE J1995	1900 hp/1417 kW

#### Operating Specifications

Nominal Payload Capacity	195 tons/177 tonnes
Top Speed – Loaded	32.7 mph/52.6 km/h
Body Capacity (SAE 2:1)	137 yd <sup>3</sup> /105 m <sup>3</sup>
Maximum Capacity	174.2 tons/177 tonnes
Maximum Capacity	Custom
Maximum Capacity Struck (SAE)	120.33 yd <sup>3</sup> /92 m <sup>3</sup>
Maximum Capacity Struck (SAE)	flat floor
Steer Angle	36 DegreesTurning
Radius	Front 90.1 ft/27.5 m
Raise Time	19 Seconds

Lower Time	17.3 Seconds
Turning Circle Clearance Diameter	99.1 ft/30.2 m
<b>Weights - Approximate</b>	
Gross Machine Operating Weight	700000 lb/317515 kg
Chassis Weight	218300 lb/99020 kg
Body Weight Range	29 950 kg, 59,000 lb
Operating Weight – Empty	299100.8 lb/135670 kg
<b>Transmission</b>	
Forward 1	7.2 mph/11.6 km/h
Forward 2	9.8 mph/15.7 km/h
Forward 3	13.2 mph/21.3 km/h
Forward 4	17.8 mph/28.7 km/h
Forward 5	24.2 mph/38.9 km/h
Forward 6	32.7 mph/52.6 km/h
Reverse	6.5 mph/10.5 km/h
<b>Final Drives</b>	
Differential Ratio	2.35:1
Planetary Ratio	10.83:1
Total Reduction Ratio	25.46:1
<b>Suspension</b>	
Effective Cylinder Stroke – Front	4 in/105 mm
Effective Cylinder Stroke – Rear	3.5 in/93 mm
<b>Brakes</b>	
Brake Surface – Front	12662 in <sup>2</sup> /81693 cm <sup>2</sup>
Brake Surface – Rear	18024 in <sup>2</sup> / 116283 cm <sup>2</sup>
Standards	SAE J1473 OCT90
<b>Body Hoists</b>	
Pump Flow – High Idle	193 gal/min/731 L/min
Relief Valve Setting – Raise	2500 psi/17238 kPa
Body Raise Time - High Idle	18.9 Seconds
Body Lower Time – Float	17.3 Seconds
Body Power Down - High Idle	15.6 Seconds
<b>Approximate Weights - Dual Slope</b>	
Gross Weight – Empty	310525 lb/140852 kg
Chassis	225500 lb/102285 kg
Body	59625 lb/27045 kg
Full Liner	20840 lb/9453 kg
Tail Extension	1700 lb/771 kg
Side Boards	2860 lb/1297 kg
<b>Approximate Weights - Flat Floor</b>	
Gross Weight – Empty	299100 lb/135670 kg



Chassis	225400 lb/102240 kg
Body	66200 lb/30018 kg
Grid Liner	3300 lb/1500 kg
Overall Body Length	38.35 ft/11690 mm
Inside Body Length	26.75 ft/8154 mm
Overall Length	39.95 ft/12177 mm
Wheelbase	18.7 ft/5700 mm
Rear Axle to Tail	11.87 ft/3617 mm

**Clearance**

Ground Clearance	3.85 ft/1173 mm
Dump Clearance	4.36 ft/1330 mm
Loading Height – Empty	17.08 ft/5206 mm
Inside Body Depth – Max	7.29 ft/2221 mm
Overall Height - Body Raised	39.05 ft/11902 mm
Operating Width	25.18 ft/7674 mm
Centerline Front Tire Width	17.81 ft/5430 mm
Engine Guard Clearance	3.92 ft/1195 mm
Outside Body Width	22.77 ft/6940 mm
Inside Body Width	21.33 ft/6500 mm
Front Canopy Height	20.18 ft/6150 mm
Rear Axle Clearance	4.02 ft/1225 mm
Centerline Rear Dual Tire Width	5.16 ft/4622 mm
Overall Tire Width	22.72 ft/6926 mm