

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ACTUADORES NEUMÁTICOS

2.1.1 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

2.1.1.1 Símbolos y Esquemas

Es preciso que en los sistemas neumáticos se puedan representar a los elementos mediante símbolos usando un código para crear los sistemas neumáticos para que sean más fáciles de comprender, utilizando menor espacio y mayor condensación de elementos, sin recurrir a dibujarlos por sus formas exteriores. Estos símbolos están reunidos en la norma ISO 1219-1¹

2.1.1.2 Actuadores Neumáticos

Se llamarán actuadores o efectores neumáticos a aquellos componentes capaces de transformar la energía potencial latente en el aire comprimido en trabajo mecánico, para el accionamiento de máquinas o mecanismos.

2.1.1.2.1 Clasificación de los actuadores neumáticos

Dependiendo de la forma en que se entrega el trabajo mecánico, se clasificarán a los actuadores en:

- Cilindros.- Entregarán trabajo en forma rectilínea de empuje – tracción.
- Actuadores de giro.- Proporcionan movimientos angulares.
- Motores rotativos o neumáticos.- Poseen un eje fijo que puede girar para accionar mecanismos rotativos.

2.1.1.2.2 Parámetros Básicos

¹ Ver ANEXO 1.

Los parámetros básicos dependen del tipo de actuador, y estos serán:

- Para cilindros serán fuerza y carrera.
- Para actuadores de giro serán par y ángulo.
- Para motores neumáticos serán par y revoluciones.

2.1.2 CILINDROS

2.1.2.1 Parámetros básicos y funcionales

Son actuadores de acción lineal; transforman la energía del aire comprimido en trabajo mecánico definido por:

$$T = F \times l \quad (2.1)$$

Donde

T= trabajo

P= presión

A= área

l= longitud de carrera

En un cilindro la sección transversal y la carrera son constantes.

La sección activa del cilindro viene dada por:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (2.2)$$

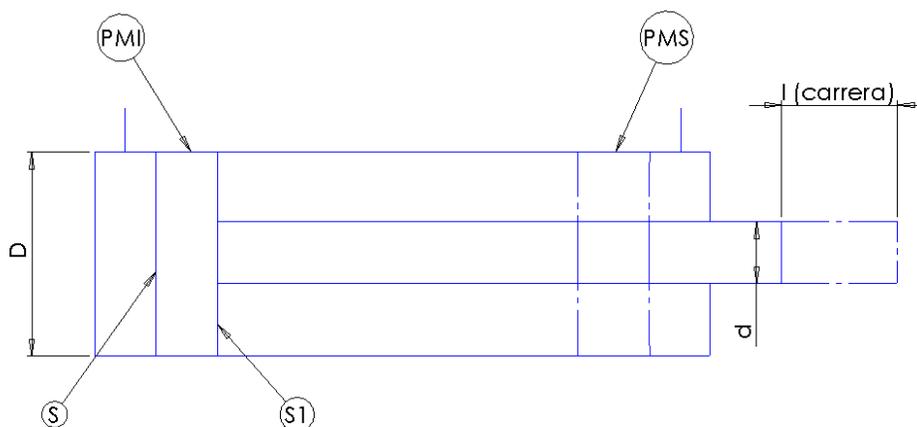


Figura 2.1 Esquema de un cilindro neumático de doble efecto

2.1.2.1.1 Fuerza.

La fuerza teórica que es capaz de ejercer un cilindro esta dada por:

$$F = P \times A \quad (2.3)$$

Donde la presión está expresada en kilogramos por centímetro cuadrado, el área en centímetros cuadrados y la fuerza en kilogramos.

2.1.2.1.2 Carrera.

La carrera, la otra constante del cilindro, viene definida por la diferencia de posición entre el punto muerto superior (PMS) y el punto muerto inferior (PMI).

Al efectuar los cálculos de esfuerzos se debe tener en cuenta que en el sentido de salida del vástago hemos tomado la superficie total del tubo. En el sentido de entrada del vástago la superficie es más pequeña puesto que es preciso descontar la superficie del vástago.

Siendo D , el diámetro interior del tubo y d , el diámetro del vástago, la superficie efectiva viene dada por:

$$A_1 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \quad (2.4)$$

Por lo tanto la fuerza efectuada por el cilindro en la dirección de entrada es:

$$F_1 = P \times \pi \times \frac{D^2 - d^2}{4} \quad (2.5)$$

Por tanto, $F > F_1$ y se conectan a dos entradas del cilindro a una misma fuente de presión, el vástago tenderá a salir.

2.1.2.1.3 Consumo.

El consumo de aire en un cilindro neumático se lo mide en litros por metro a condiciones normales y depende del diámetro, carrera y el número de ciclos de ida y vuelta que se efectúa en la unidad de tiempo. En los cilindros pequeños la reducción del volumen resulta despreciable.

Volumen del cilindro al salir en la dirección del vástago para la carrera l :

$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times l \quad (2.6)$$

Volumen del cilindro al entrar en la dirección del vástago para la carrera l :

$$V_1 = \frac{\pi \times (D^2 - d^2)}{4} \times l \quad (2.7)$$

La suma de $V+V_1$ representa el volumen del cilindro al realizar una carrera de ida y vuelta. Como el cilindro se llena de aire a presión, es preciso corregir este volumen por medio de la aplicación de la ley de Boyle, multiplicando el volumen por la presión absoluta (presión manométrica + 1).

Por tanto, el volumen de aire consumido por el cilindro en cada ciclo viene dado por:

$$Consumo = (V + V_1) \times (P + 1) \quad (2.8)$$

valor que, al multiplicarlo por el número de ciclos efectuados por el cilindro en la unidad de tiempo, nos da como resultado el consumo.

2.1.2.1.4 Velocidad de Accionamiento

Con la utilización de aire comprimido para accionar cilindros es utilizada debido a una de sus grandes ventajas que es su gran velocidad de desplazamiento, la cual depende de:

- Presión de Aire
- Sección y Longitud de las tuberías y conexiones que condicionan la pérdida de presión
- La fuerza que a de vencerse
- Relación entre las superficies del émbolo y tubería de alimentación

La velocidad de los cilindros neumáticos oscila entre 0.1 y 1 m/s. Por debajo de 0.1 m/s, puede producirse un funcionamiento irregular. Por encima de 1m/s debe cuidarse mucho la amortiguación la energía cinética y los tipos de aceite lubricante para obtener vidas útiles razonables de los componentes.

Para evitar movimientos incontrolados es necesaria la regulación de la velocidad, la cual se consigue por medio de los estranguladores de caudal que limitan el caudal de aire que sale del cilindro hacia el escape. Nunca debe estrangularse el aire a la entrada del cilindro ya que produce saltos en el movimiento del émbolo.

2.1.2.1.5 Amortiguación

Cuando el émbolo llega al final de su recorrido, golpea contra la cabeza correspondiente; si este golpeteo es repetitivo y representativo, entonces se producen deformaciones que acaban destruyendo el cilindro. Para evitar este golpeteo se emplea las siguientes soluciones:

- Amortiguación elástica.- se utiliza en los pequeños cilindros que han de soportar golpeteos ligeros y consisten en anillos de material elástico que evitan el choque metal-metal, y que con su deformación absorben la energía cinética del sistema.
- Amortiguación neumática regulable.- se usa en todos aquellos cilindros que han de amortiguar repetitivamente a las masas en movimiento. Consiste en dos émbolos supletorios del embolo que en su final de recorrido se introducen en la tapa sobre la cual va finalizar el movimiento. Cuando el cilindro se desplaza el aire escapa por un orificio central el cual está, controlado mediante un tornillo cónico. La resistencia al paso de aire opuesto al movimiento que produce el tornillo cónico logra crear un cojín amortiguador consiguiéndose incluso que al final del recorrido no se escuche ningún sonido mecánico.

2.1.2.2 Clasificación

Los cilindros neumáticos se clasifican según su accionamiento:

A) Cilindro de simple efecto.- Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos más que en un sentido. Se necesita

aire sólo para un movimiento de traslación. El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa.

El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande.

En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de éste limita la carrera. Por eso, estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100 mm. Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.

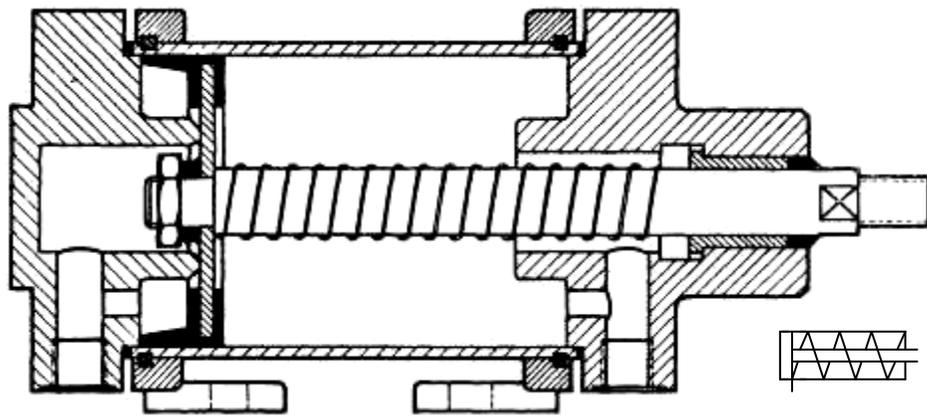


Figura 2.2 Cilindro de simple efecto

B) Cilindros de doble efecto.- La fuerza ejercida por el aire comprimido mueve al émbolo, en los cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno. Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido. También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas.

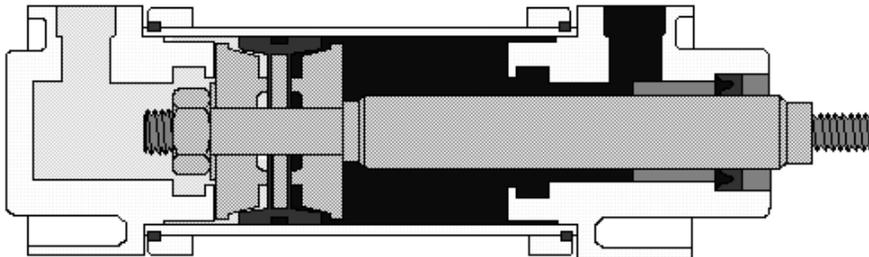
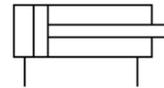


Figura 2.3 Cilindro de doble efecto.

C) Cilindros con guía antigiro.- Existen muchas aplicaciones mecánicas en las que se precisa que los desplazamientos sean guiados, lo cual es incompatible con la geometría cilíndrica del conjunto tubo-vástago.

Los cilindros antigiro son fabricados para diferentes aplicaciones:

- Con bloque guía de bronce o con bloque guía de bolas reciclables.
- Cilindros paralelos con vástagos unidos por los extremos.
- Multivástagos (2 o 3 vástagos).
- Cilindros con vástagos de sección cuadrada o poligonal.

Esta clasificación se ha efectuado considerando la fiabilidad y la rigidez.

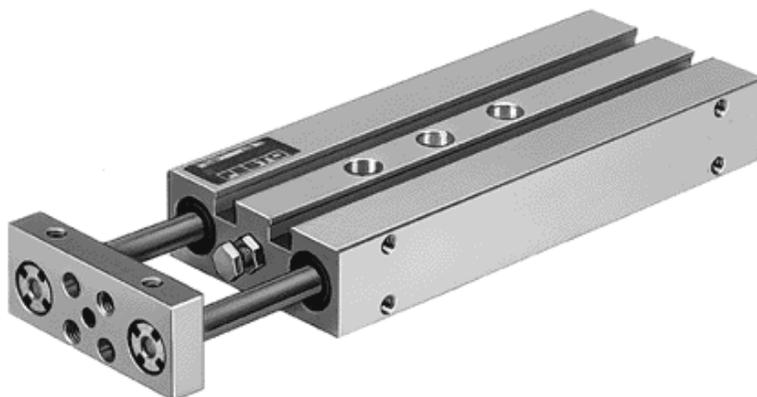


Figura 2.4 Cilindro con guía antigiro.

D) Cilindros de giro.- Son empleados cuando el elemento de máquina a mover precisa un accionamiento angular. El par que es capaz de ejercer un cilindro de giro, depende del diámetro interior, la presión de trabajo y el diámetro primitivo de la corona. El ángulo de giro depende de la relación entre la carrera de los cilindros y el diámetro primitivo de la citada corona. Normalmente, estos cilindros de giro se fabrican para cualquier número de grados razonable, ya que todo depende, en principio, de la carrera del cilindro. Los ángulos estándar considerados son 90, 120, 180, 270, 360°.

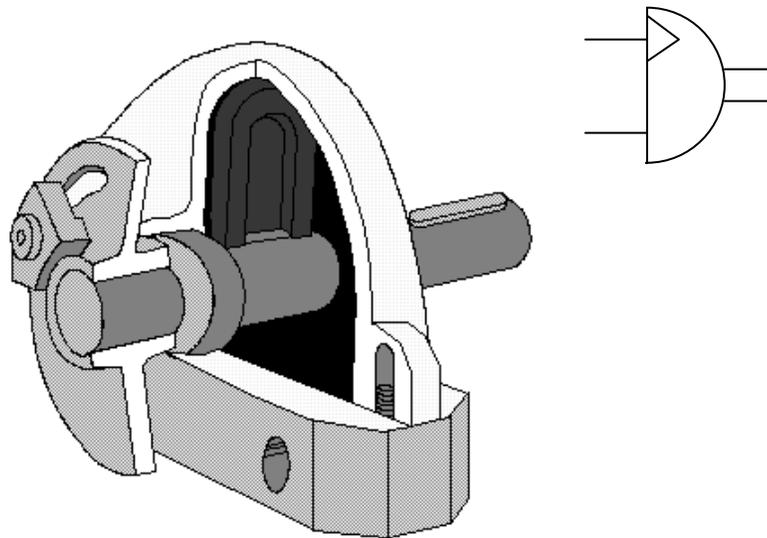


Figura 2.5 Cilindro de giro.

2.2 COMPONENTES NEUMÁTICOS AUXILIARES DE CIRCUITOS

2.2.1 REGULADORES DE FLUJO

Los reguladores de flujo o reguladores de caudal tienen la misión de estrangular el caudal de aire en las conducciones.

Los reguladores de caudal se dividen en dos grupos principales:

- Reguladores unidireccionales.
- Reguladores bidireccionales.

Los reguladores de caudal unidireccionales disponen de dos caminos en paralelo para el paso del aire. En uno de ellos hay un antiretorno simple y en el otro está la regulación propiamente dicha.

La acción de regulación sólo se manifiesta en el sentido en el cual el antiretorno impide el paso, puesto que en el otro sentido el caudal de aire levanta la clapeta y pasa libremente.

En los reguladores bidireccionales no existe, por tanto, la válvula antiretorno y, en consecuencia, el efecto estrangulador se manifiesta en ambos sentidos de paso.

Cuando se intenta controlar la velocidad de movimiento de un cilindro neumático de doble efecto, los reguladores de caudal se instalan con el sentido de libre paso hacia el cilindro. Con esta instalación el aire llega pleno hacia el cilindro y los reguladores actúan sobre el aire que escapa de él. Debe recordarse lo indicado en el apartado de cilindros acerca de las limitaciones en el control de su velocidad motivado por la elasticidad del aire.

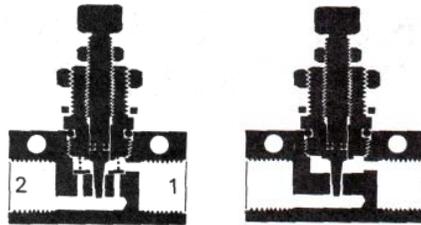


Figura 2.6 Sección de reguladores de flujo uni y bidireccionales.

En la figura 2.1 Puede apreciarse el tornillo de regulación y la contratuerca, que debe apretarse sin falta después del ajuste para evitar que el tornillo gire por efecto de las vibraciones de la máquina. En el modelo unidireccional se distingue la clapeta que hace la función de antiretorno. El paso del orificio 2 al orificio 1 es libre. El paso del 1 al 2 es controlado. El dibujo seccionado se denomina «en línea». Existen otros modelos con la misma función que se atornillan directamente sobre el cilindro y responden a la nomenclatura «tipo banjo» por tener una forma parecida al instrumento musical.

2.2.2 VALVULAS NEUMÁTICAS

2.2.2.1 Generalidades

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y un aporte de trabajo, Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas.

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba neumática o almacenada en un depósito. En lenguaje internacional, el término "válvula" o "distribuidor" es el término general de todos los tipos tales como válvulas de corredera, de bola, de asiento, grifos, etc.

Esta es la definición de la norma DIN/ISO 1219 conforme a una recomendación del CETOP².

Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

1. Válvulas de vías o distribuidoras
2. Válvulas de bloqueo
3. Válvulas de presión
4. Válvulas de caudal
5. Válvulas de cierre

Para nuestro estudio, analizaremos más detenidamente las válvulas distribuidoras, ya que son las que se van a utilizar en el proyecto.

2.2.2.1.1 Válvulas distribuidoras

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire, a saber, principalmente puesta en marcha y paro (Start-Stop).

² Comité Européen des Transmissions Oiéohydrauliques et Pneumatiques (Comité europeo de fluidos de energía)

Representación esquemática de las válvulas

Para representar las válvulas distribuidoras en los esquemas de circuito se utilizan símbolos; éstos no dan ninguna orientación sobre el método constructivo de la válvula; solamente indican su función.

Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados.

La cantidad de cuadrados combinados indica la cantidad de posiciones de la válvula distribuidora.



Figura 2.7 Esquema de válvula

El funcionamiento se representa esquemáticamente en el interior de las casillas (cuadros).

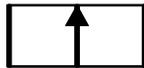


Figura 2.8 Esquema de funcionamiento

Las líneas representan tuberías o conductos. Las flechas, el sentido de circulación del fluido.



Figura 2.9 Esquema para tuberías

Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales.



Figura 2.10 Posiciones de cierre

La unión de conductos o tuberías se representa mediante un punto.

Las conexiones (entradas y salidas) se representan por medio de trazos unidos a la casilla que esquematiza la posición de reposo o inicial.

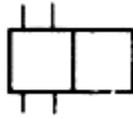


Figura 2.11 Esquema de conexiones

La otra posición se obtiene desplazando lateralmente los cuadrados, hasta que las conexiones coincidan.

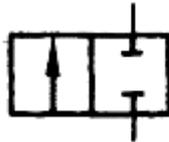


Figura 2.12 Cambio de posiciones

Las posiciones pueden distinguirse por medio de letras minúsculas a, b, c ... y 0.

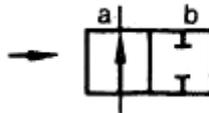


Figura 2.13 Identificación de posiciones

Válvula de 3 posiciones. Posición intermedia = Posición de reposo.

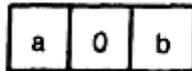


Figura 2.14 Válvula de 3 posiciones

Por posición de reposo se entiende, en el caso de válvulas con dispositivo de reposición, p. ej., un muelle, aquella posición que las piezas móviles ocupan cuando la válvula no está conectada.

La posición inicial es la que tienen las piezas móviles de la válvula después del montaje de ésta, establecimiento de la presión y, en caso dado conexión de la tensión eléctrica. Es la posición por medio de la cual comienza el programa preestablecido.

Conductos de escape sin empalme de tubo (aire evacuado a la atmósfera).

Triángulo directamente junto al símbolo.

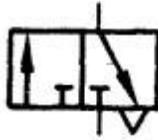


Figura 2.15 Esquema de conductos de escape sin empalme

Conductos de escape con empalme de tubo (aire evacuado a un punto de reunión). Triángulo ligeramente separado del símbolo.

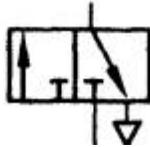


Figura 2.16 Esquema de conductos de escape con empalme

Esta información se encuentra ampliada en la norma ISO 1219-1, que se refiere a la Simbología sobre los Elementos de Sistemas Neumáticos.³

2.2.2.2 Accionamiento de válvulas

Según el tiempo de accionamiento se distingue entre:

1. Accionamiento permanente, señal continua

La válvula es accionada manualmente o por medios mecánicos, neumáticos o eléctricos durante todo el tiempo hasta que tiene lugar el reposicionamiento. Este es manual o mecánico por medio de un muelle.

2. Accionamiento momentáneo, impulso

La válvula es invertida por una señal breve (impulso) y permanece indefinidamente en esa posición, hasta que otra señal la coloca en su posición anterior.

Características de construcción de válvulas distribuidoras

Las características de construcción de las válvulas determinan su duración, fuerza de accionamiento y tamaño.

³ Ver ANEXO 1.

2.2.3 VÁLVULAS DE ASIENTO

En estas válvulas, los empalmes se abren y cierran por medio de bolas, discos, placas o conos. La estanqueidad se asegura de una manera muy simple, generalmente por juntas elásticas. Los elementos de desgaste son muy pocos y, por tanto, estas válvulas tienen gran duración. Son insensibles a la suciedad y muy robustas.

La fuerza de accionamiento es relativamente elevada, puesto que es necesario vencer la resistencia del muelle incorporado de reposicionamiento y la presión del aire.

2.2.3.1 Válvulas de asiento esférico

Estas válvulas son de concepción muy simple y, por tanto, muy económicas. Se distinguen por sus dimensiones muy pequeñas.

Un muelle mantiene apretada la bola contra el asiento; el aire comprimido no puede fluir del empalme P hacia la tubería de trabajo A. Al accionar el taqué, la bola se separa del asiento. Es necesario vencer al efecto la resistencia M muelle de reposicionamiento y la fuerza del aire comprimido. Estas válvulas son distribuidoras 2/2, porque tienen dos posiciones (abierta y cerrada) y dos orificios activos (P y A).

Con escape a través del taqué de accionamiento, se utilizan también como válvulas distribuidoras 3/2. El accionamiento puede ser manual o mecánico.

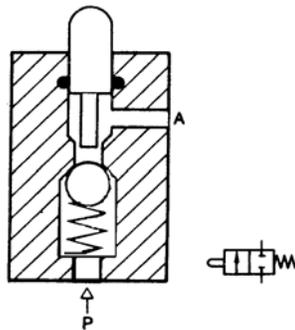


Figura 2.17 Válvula Distribuidora 2/2

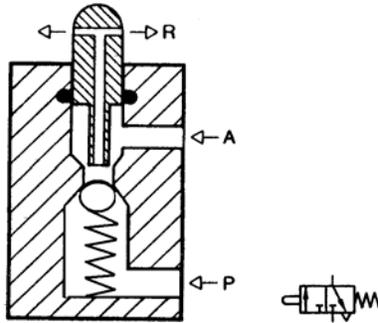


Figura 2.18 Válvula distribuidora 3/2

2.2.3.2 Válvulas de asiento plano

Las válvulas representadas en la figura 90 tienen una junta simple que asegura la estanqueidad necesaria. El tiempo de respuesta es muy pequeño, puesto que un desplazamiento corto determina un gran caudal de paso, También estas válvulas son insensibles a la suciedad y tienen, por eso, una duración muy larga. Al accionar el taqué, en un margen breve se unen los tres empalmes P, A y R. Como consecuencia, en movimientos lentos una cantidad grande de aire comprimido escapa de P hacia R, a la atmósfera, sin haber rendido antes trabajo. Estas son válvulas que no tienen escape exento de solapo.

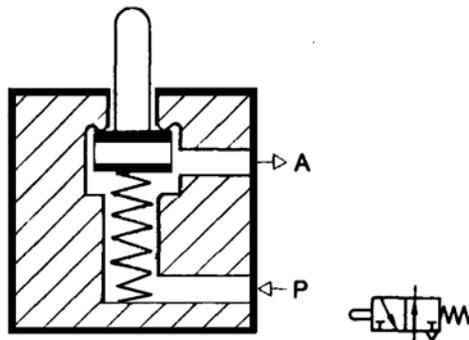


Figura 2.19 Válvula distribuidora 3/2 abierta

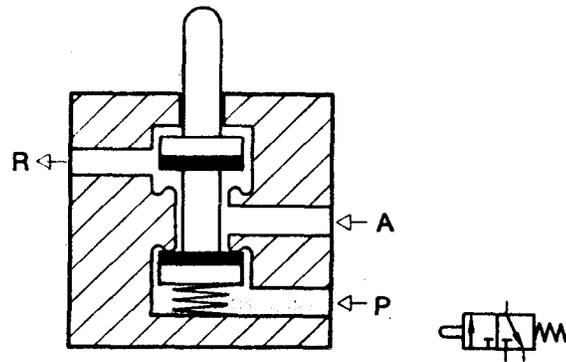


Figura 2.20 Válvula distribuidora 3/2 abierta

Las válvulas construidas según el principio de disco individual tienen un escape sin solapo. No se pierde aire cuando la conmutación tiene lugar de forma lenta. Al accionar el taqué se cierra primeramente el conducto de escape de A hacia R, porque el taqué asienta sobre el disco. Al seguir apretando, el disco se separa del asiento, y el aire puede circular de P hacia A. El reposicionamiento se realiza mediante un muelle.

Las válvulas distribuidoras 3/2 se utilizan para mandos con cilindros de simple efecto o para el pilotaje de servoelementos.

En el caso de una válvula abierta en reposo (abierta de P hacia A), al accionar se cierra con un disco el paso de P hacia A. Al seguir apretando, otro disco se levanta de su asiento y abre el paso de A hacia R. El aire puede escapar entonces por R. Al soltar el taqué, los muelles reposicionan el émbolo con los discos estanqueizantes hasta su posición inicial.

Las válvulas pueden accionarse manualmente o por medio de elementos mecánicos, eléctricos o neumáticos.

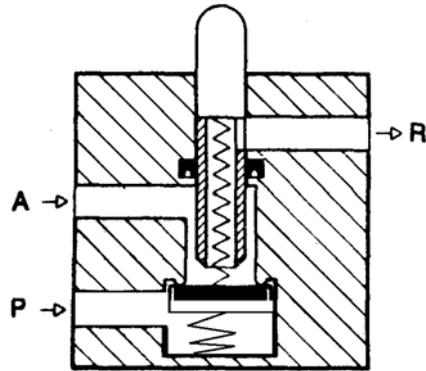


Figura 2.21 Válvula distribuidora 3/2 (cerrada en posición de reposo)

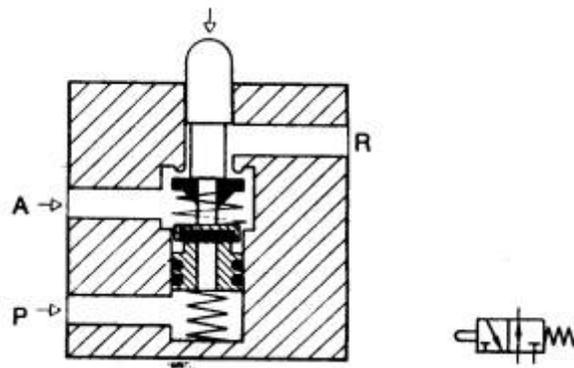


Figura 2.22 Válvula distribuidora 3/2 (abierta en posición de reposo)

2.2.4 ELECTROVÁLVULAS (VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS)

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro luz de pequeño, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes.

2.2.4.1 Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético)

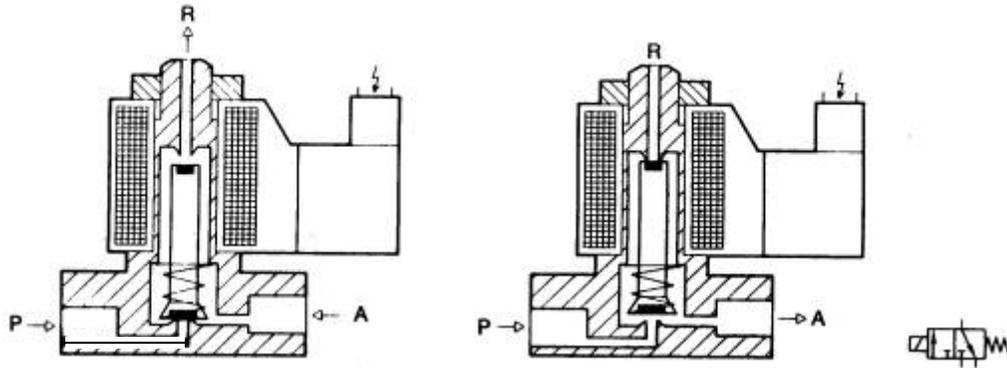


Figura 2.23 Válvula distribuidora 3/2 de mando electromagnético

Al conectar el imán, el núcleo (inducido) es atraído hacia arriba venciendo la resistencia del muelle. Se unen los empalmes P y A. El núcleo obtura, con su parte trasera, la salida R. Al desconectar el electroimán, el muelle empuja al núcleo hasta su asiento inferior y cierra el paso de P hacia A. El aire de la tubería de trabajo A puede escapar entonces hacia R. Esta válvula tiene solapa; el tiempo de conexión es muy corto.

Para reducir al mínimo el tamaño de los electroimanes, se utilizan válvulas de mando indirecto, que se componen de dos válvulas: Una válvula electromagnética de servopilotaje (312, de diámetro nominal pequeño) y una válvula principal, de mando neumático.

2.2.4.2 Válvula distribuidora 4/2 (válvula electromagnética y de mando indirecto)

Funcionamiento:

El conducto de alimentación P de la válvula principal tiene una derivación interna hacia el asiento de la válvula de mando indirecto. Un muelle empuja el núcleo contra el asiento de esta válvula. Al excitar el electroimán, el núcleo es atraído, y el aire fluye hacia el émbolo de mando de la válvula principal, empujándolo hacia abajo y levantando los discos de válvula de su asiento. Primeramente se cierra la unión entre P y R (la válvula no tiene solapa). Entonces, el aire puede fluir de P hacia A y escapar de B hacia R.

Al desconectar el electroimán, el muelle empuja el núcleo hasta su asiento y corta el paso del aire de mando. Los émbolos de mando en la válvula principal son empujados a su posición inicial por los muelles.

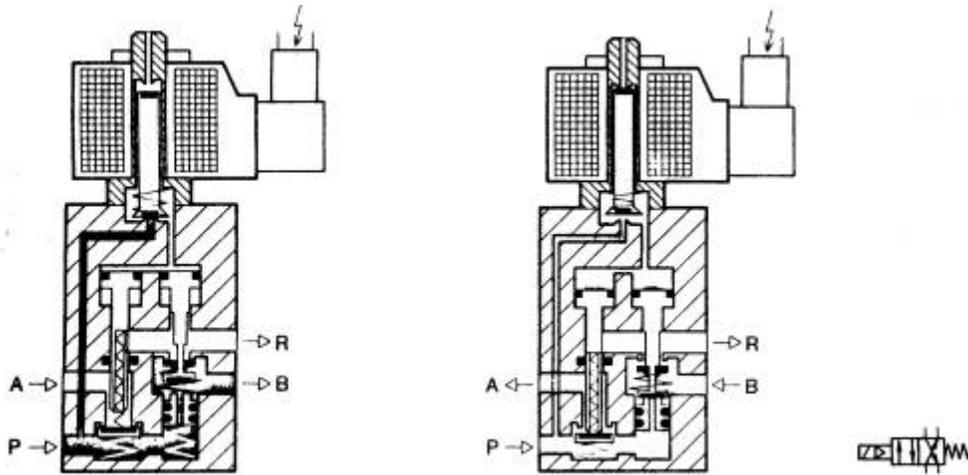


Figura 2.24 Válvula distribuidora 4/2 eletromagnética

2.2.4.3 Válvula distribuidora 3/2, servopilotada (principio de junta de disco)

Para que las fuerzas de accionamiento no sean grandes, las válvulas de mando mecánico se equipan también con válvulas de servopilotaje.

La fuerza de accionamiento de una válvula es decisiva para el caso de aplicación. En la válvula descrita de 1/8", con 600 kPa (6 bar), es de 1,8 N (180 p), aprox.

2.2.4.4 Válvula distribuidora 3/2 (cerrada en posición de reposo)

Funcionamiento:

La válvula de servopilotaje está unida al empalme de presión (P) por medio de un taladro pequeño, Cuando se acciona el rodillo, se abre la válvula de servopilotaje. El aire comprimido circula hacia la membrana y hace descender el platillo de válvula.

La inversión se realiza en dos fases:

En primer lugar se cierra el conducto de A hacia R, y luego se abre el P hacia A. La válvula se reposiciona al soltar el rodillo. Se cierra el paso de la tubería de presión hacia la membrana y se purga de aire. El muelle hace regresar el émbolo de mando de la válvula principal a su posición inicial.

Este tipo de válvula puede emplearse opcionalmente como válvula normalmente abierta o normalmente cerrada. Para ello sólo hay que permutar los empalmes P y R e invertir el cabezal de accionamiento 180°.

En la válvula distribuidora 4/2 servopilotada, a través de la válvula de servopilotaje reciben aire comprimido dos membranas, y dos émbolos de mando unen los diversos empalmes. La fuerza de accionamiento no varía; es también de 1,8 N.

2.2.5 VÁLVULAS DE CORREDERA

En estas válvulas, los diversos orificios se unen o cierran por medio de una corredera de émbolo, una corredera plana de émbolo o una corredera giratoria.

Válvula de corredera longitudinal

El elemento de mando de esta válvula es un émbolo que realiza un desplazamiento longitudinal y une o separa al mismo tiempo los correspondientes conductos. La fuerza de accionamiento es reducida, porque no hay que vencer una resistencia de presión de aire o de muelle (como en el principio de bola o de junta de disco). Las válvulas de corredera longitudinal pueden accionarse manualmente o mediante medios mecánicos, eléctricos o neumáticos. Estos tipos de accionamiento también pueden emplearse para reposicionar la válvula a su posición inicial. La carrera es mucho mayor que en las válvulas de asiento plano.

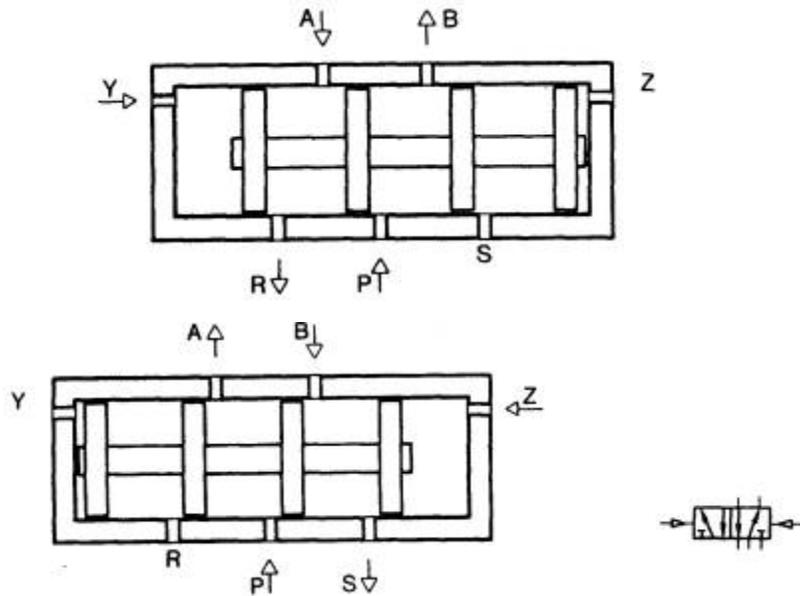


Figura 2.25 Válvula distribuidora 5/2

En esta ejecución de válvulas de corredera, la estanqueidad representa un problema. El sistema conocido «metal contra metal» utilizado en hidráulica exige un perfecto ajuste de la corredera en el interior del cilindro. Para reducir las fugas al mínimo, en neumática, el juego entre la corredera y el cilindro no debe sobrepasar 0,002 a 0.004 mm. Para que los costos de fabricación no sean excesivos, sobre el émbolo se utilizan juntas tóricas (anillos toroidales) o de doble copa o juntas tóricas fijas en el cuerpo. Al objeto de evitar que los elementos estanqueizantes se dañen, los orificios de empalme pueden repartirse en la superficie del cilindro.

2.2.6 VÁLVULA DE CORREDORA Y CURSOR LATERAL

En esta válvula, un émbolo de mando se hace cargo de la función de inversión. Los conductos se unen o separan, empero, por medio de una corredera plana adicional. La estanqueización sigue siendo buena aunque la corredera plana se desgaste, puesto que se reajusta automáticamente por el efecto del aire comprimido y del muelle incorporado. En el émbolo de mando mismo, hay anillos toroidales que hermetizan las cámaras de aire. Estas juntas no se deslizan nunca por encima de los orificios pequeños.

La válvula representada en la figura 2.26, es una válvula distribuidora 4/2 (según el principio de corredera y cursor lateral). Se invierte por efecto directo de aire comprimido. Al recibir el émbolo de mando aire comprimido del empalme de mando Y, une el conducto P con B, y el aire de la tubería A escapa hacia R. Si el aire comprimido viene del orificio de pilotaje Z, se une P con A, y el aire de B escapa por R. Al desaparecer el aire comprimido de la tubería de mando, el émbolo permanece en la posición en que se encuentra momentáneamente, hasta recibir otra señal del otro lado.

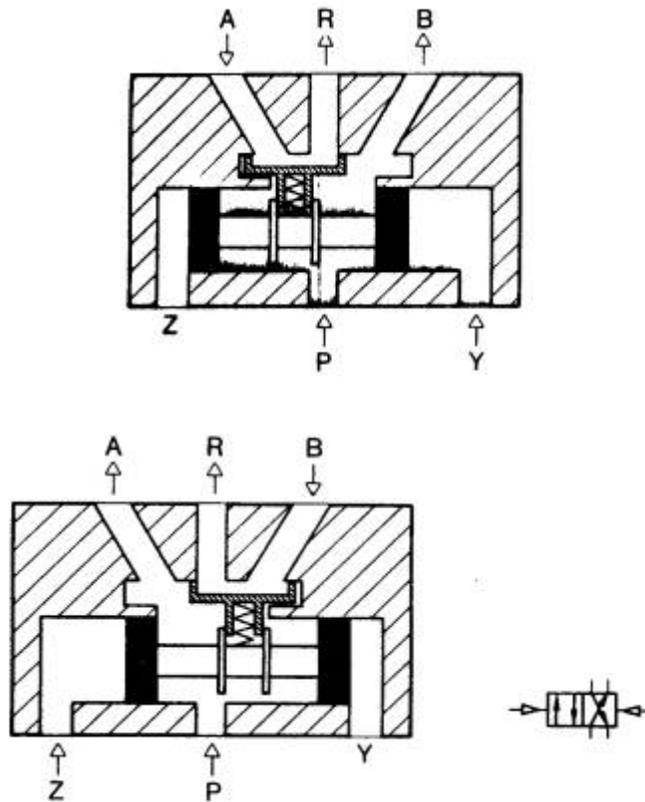


Figura 2.26 Válvula 4/2 de corredera y cursor lateral

2.2.6.1 Mando por aplicación bilateral de presión:

Existe otro tipo de distribuidor que se distingue del precedente por su modo de accionamiento. Se trata de un distribuidor de impulsos negativos de presión.

En este caso el aire es evacuado de las dos cámaras de pilotaje. Por eso, el émbolo de mando tiene en ambos lados orificios pequeños que comunican con

el empalme de presión P. Cuando hay aire comprimido en este empalme, también reciben presión los dos lados del émbolo de mando.

Cuando el empalme de mando Y abre el paso, en este lado disminuye la presión. En el otro lado Z reina una presión mayor, que empuja el émbolo de mando hacia el lado del que acaba de escapar aire. El empalme P se une con el conducto de trabajo B, y el conducto de trabajo A con el de escape de aire R.

Después de cerrar el empalme de mando Y, en esta cámara se forma de nuevo presión, y el émbolo de mando permanece en la posición en que se encuentra hasta que se abre el empalme Z y tiene lugar una inversión en el otro sentido. La segunda tubería de trabajo A se une entonces con el empalme de presión P y B con R.

La estructura de un mando con estas válvulas es sencilla y económica, pero el mando no es seguro, porque en caso de rotura de una tubería la válvula invierte automáticamente. No pueden resolverse los mandos y las exigencias adicionales en todo caso. Si las longitudes de tubería de mando (volumen) son muy variadas, en el momento de conectar la presión puede producirse una inversión automática. Para garantizar una inversión correcta, es necesario que el volumen de aire de las dos cámaras sea lo más pequeño posible.

2.2.6.2 Caudal de válvulas

Los datos de pérdida de presión y de caudal de aire de válvulas neumáticas son muy interesantes para la persona que las aplique. Para la elección de las válvulas deben conocerse:

- Volumen y velocidad del cilindro
- Cantidad de conmutaciones exigidas
- Caída de presión admisible

Es indispensable, pues, marcar las válvulas neumáticas con su caudal nominal VN. En el cálculo de los valores de paso deben tenerse en cuenta diversos factores, tales como:

P_1 = Presión de entrada de la válvula [Kpa/bar]

P_2 = Presión de salida de la válvula [kPa/bar]

ΔP = Presión diferencial (P_1-P_2) [kPa/bar]

T_1 =Temperatura [K]

V_N = Caudal nominal [l/min]

En la medición, el aire fluye a través de la válvula en un solo sentido. Se conoce la presión de entrada, y puede medirse la de salida. La diferencia entre estos dos valores es igual a la presión diferencial Δp . Con un caudalímetro se mide la cantidad de aire que pasa a través de la válvula.

El valor V_N es un valor de calibración, referido a una presión de 600 kPa (6 bar), una caída de presión Δp - 100 kPa (1 bar) y una temperatura de 293 K (20 C Si se trabaja con otras presiones, caídas de presión y temperaturas, hay que calcular con el valor V_N (caudal de aire).

2.3 MOTOR PASO A PASO (PAP)

El motor de paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa es que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un convertidor digital-analógico y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8°, es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360°.

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el

motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

Este motor presenta las ventajas de tener alta precisión y repetibilidad en cuanto al posicionamiento. Entre sus principales aplicaciones destacan como motor de frecuencia variable, motor de corriente continua sin escobillas, servomotores y motores controlados digitalmente.

Existen 3 tipos fundamentales de motores paso a paso: el motor de reluctancia variable, el motor de magnetización permanente, y el motor paso a paso híbrido.

2.3.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El motor paso a paso está constituido, como la mayoría de motores eléctricos, esencialmente de dos partes:

Una parte fija llamada "estator", construida a base de cavidades en las que van depositadas las bobinas que excitadas convenientemente formarán los polos norte-sur de forma que se cree un campo magnético giratorio.

Una parte móvil, llamada "rotor" construida bien con un imán permanente o bien por un inducido ferromagnético, con el mismo número de pares de polos que el contenido en una sección de la bobina del estator; este conjunto va montado sobre un eje soportado por dos cojinetes que le permiten girar libremente.

Si por el medio del control que sea (electrónico, informático, etc.), conseguimos excitar el estator creando los polos N-S, y hacemos variar dicha excitación de modo que el campo magnético formado efectúe un movimiento giratorio, la respuesta del rotor será seguir el movimiento de dicho campo, produciéndose de este modo el giro del motor.

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están alimentadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

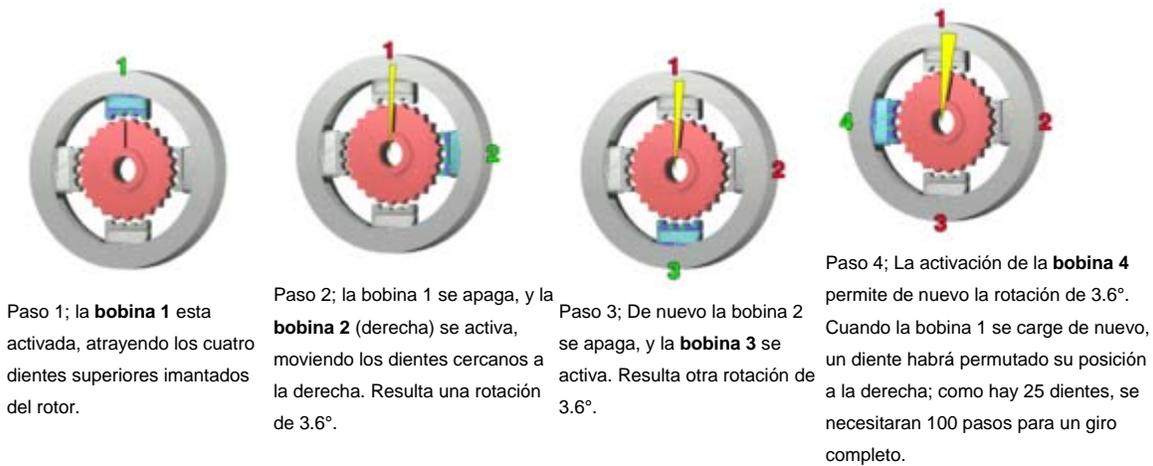


Figura 2.27 Secuencia de funcionamiento de un motor de pasos

2.3.2 SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO

Obsérvese como la variación de la dirección del campo magnético creado en el estator producirá movimiento de seguimiento por parte del rotor de imán permanente, el cual intentará alinearse con campo magnético inducido por las bobinas que excitan los electroimanes (en este caso A y B). Vcc es la alimentación de corriente continua (por ejemplo 5V, 12V, 24V...)

Tabla 2.1 Orden de fases. En este caso concreto el motor tendrá un paso angular de 90° y un semipaso de 45°

Paso	Terminal 1 Bobina A	Terminal 2 Bobina A	Terminal 1 Bobina B	Terminal 2 Bobina B	Imagen
Paso 1	+Vcc	-Vcc			

Tabla 2.1 Orden de fases. En este caso concreto el motor tendrá un paso angular de 90° y un semipaso de 45° (continuación)

(Semi-)Paso 2	+Vcc	-Vcc	+Vcc	-Vcc	
Paso 3			+Vcc	-Vcc	
(Semi-)Paso 4	-Vcc	+Vcc	+Vcc	-Vcc	
Paso 5	-Vcc	+Vcc			
(Semi-)Paso 6	-Vcc	+Vcc	-Vcc	+Vcc	
Paso 7			-Vcc	+Vcc	
(Semi-)Paso 8	+Vcc	-Vcc	-Vcc	+Vcc	

2.3.3 CONTROL DE LAS BOBINAS

Para el control del motor paso a paso de este tipo (bipolar), se establece el principio de "puente en H", si se activan T1 y T4, permiten la alimentación en un

sentido; si cambiamos el sentido de la alimentación activando T2 y T3, cambiaremos el sentido de alimentación y el sentido de la corriente.

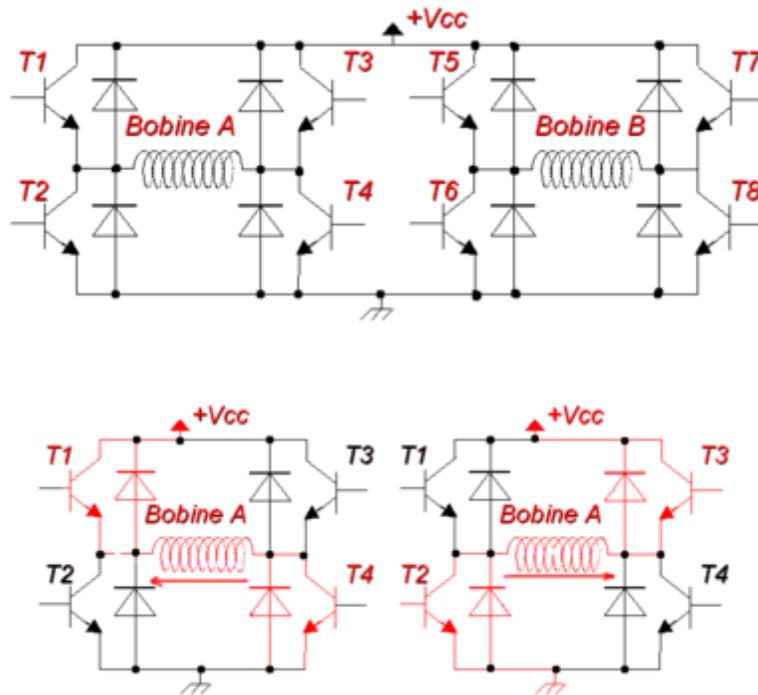


Figura 2.28 Topología de "puente en H" para las bobinas A y B y variación de la alimentación de corriente de la bobina A según los transistores T1, T2, T3, T4

Velocidad de rotación La velocidad de rotación viene definida por la ecuación:

$$N = 60 * \frac{f}{n}$$

Donde:

f: frecuencia del tren de impulsos

n: número de polos que forman el motor

Si bien hay que decir que para estos motores, la máxima frecuencia admisible suele estar alrededor de los 625 Hz. Si la frecuencia de pulsos es demasiado elevada, el motor puede reaccionar erróneamente en alguna de las siguientes maneras:

Puede que no realice ningún movimiento en absoluto.

Puede comenzar a vibrar pero sin llegar a girar.

Puede girar erráticamente.

O puede llegar a girar en sentido opuesto.

2.4 SERVOMOTORES

Un servomotor es un motor al que se le aplica una fuerza exterior para ayudar al movimiento rotatorio originado, por lo que amplifica un esfuerzo pequeño en uno mucho mayor. Los servomotores que se usan para aplicaciones de robótica comúnmente son los mismos que se los aplica en aeromodelismo, sin embargo existen tres tipos más que no se involucra en el estudio de este proyecto.

Un Servo es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado. Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que una señal codificada exista en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia.

A continuación se indica en la figura, este tipo de motores.

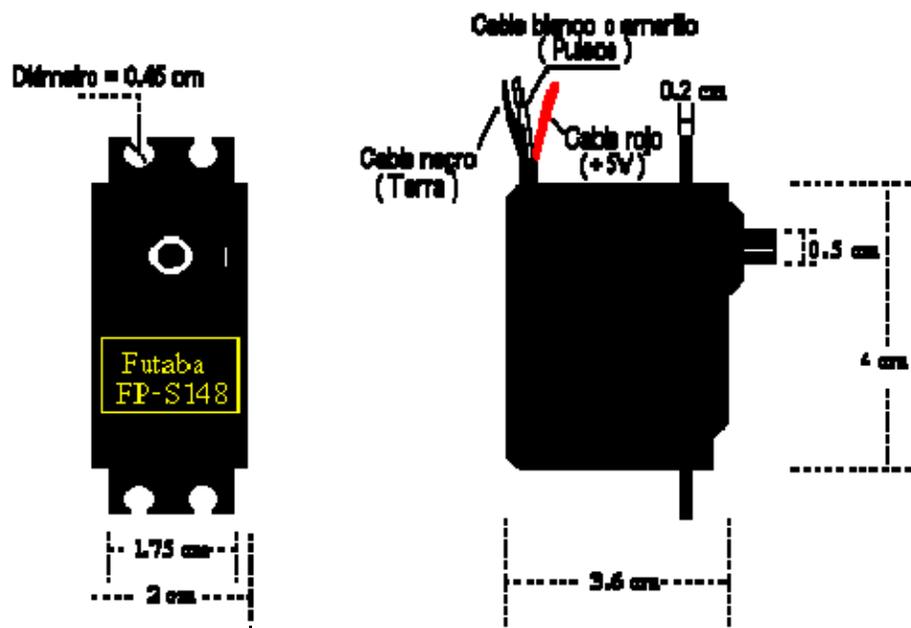


Figura 2.29 Servomotor Futaba FP – S148

Estos motores básicamente contienen un motor eléctrico que con un sistema orbital de engranajes genera un torque específico y que dependiendo del

número de vueltas registradas en su circuito análogo se controla el rango del ángulo de giro siendo generalmente de aproximadamente 180 grados (no dan vueltas completas como los motores normales pero se puede modificar esta característica). Tienen TRES cables que salen del motor (caja negra). El rojo es de alimentación de voltaje (+5V), el negro es de tierra (0V, GND o Vss). El cable blanco (a veces amarillo) es el cable por el cuál se le pide al servomotor la posición que puede estar entre cero grados a ciento ochenta grados.

Dentro del servomotor, una tarjeta controladora le dice a un pequeño motor de corriente directa cuántas vueltas girar para acomodar la **flecha** en la posición que se le ha pedido.

En la siguiente figura se observa cómo están acomodadas estas piezas dentro del servomotor:

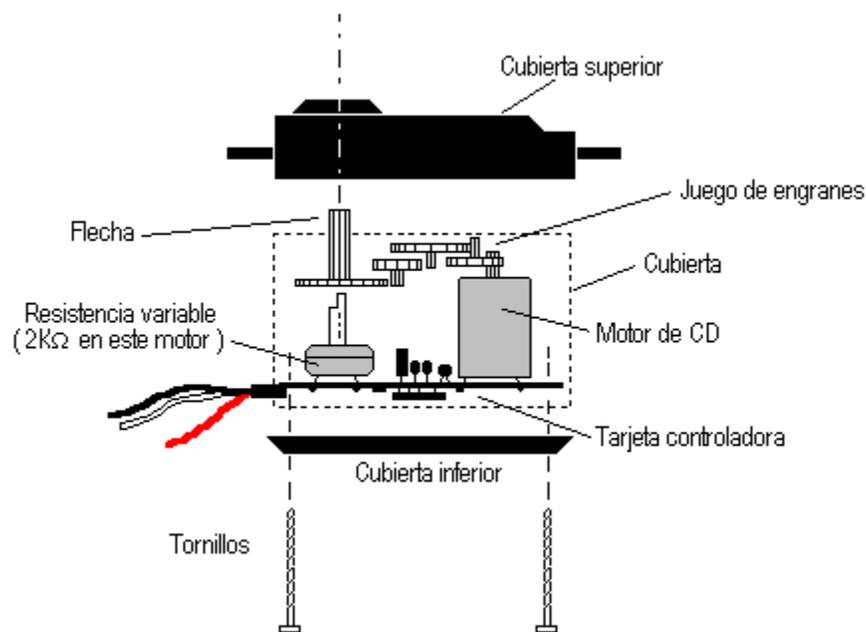


Figura 2.30 Estructura interna del servomotor

La resistencia variable (también llamada "*potenciómetro*") está sujeta a la flecha, y mide hacia dónde está rotada en todo momento. Es así como la tarjeta controladora sabe hacia dónde mover al motor.

La posición deseada se le da al servomotor por medio de pulsos. Todo el tiempo debe haber una señal de pulsos presente en ese cable. Si por alguna razón se

necesita tener el servomotor prendido y no pueden generarle pulsos **entonces se debe aterrizar ese cable** (conectar a cero volts).

La señal de pulsos controla al servo de la siguiente forma:

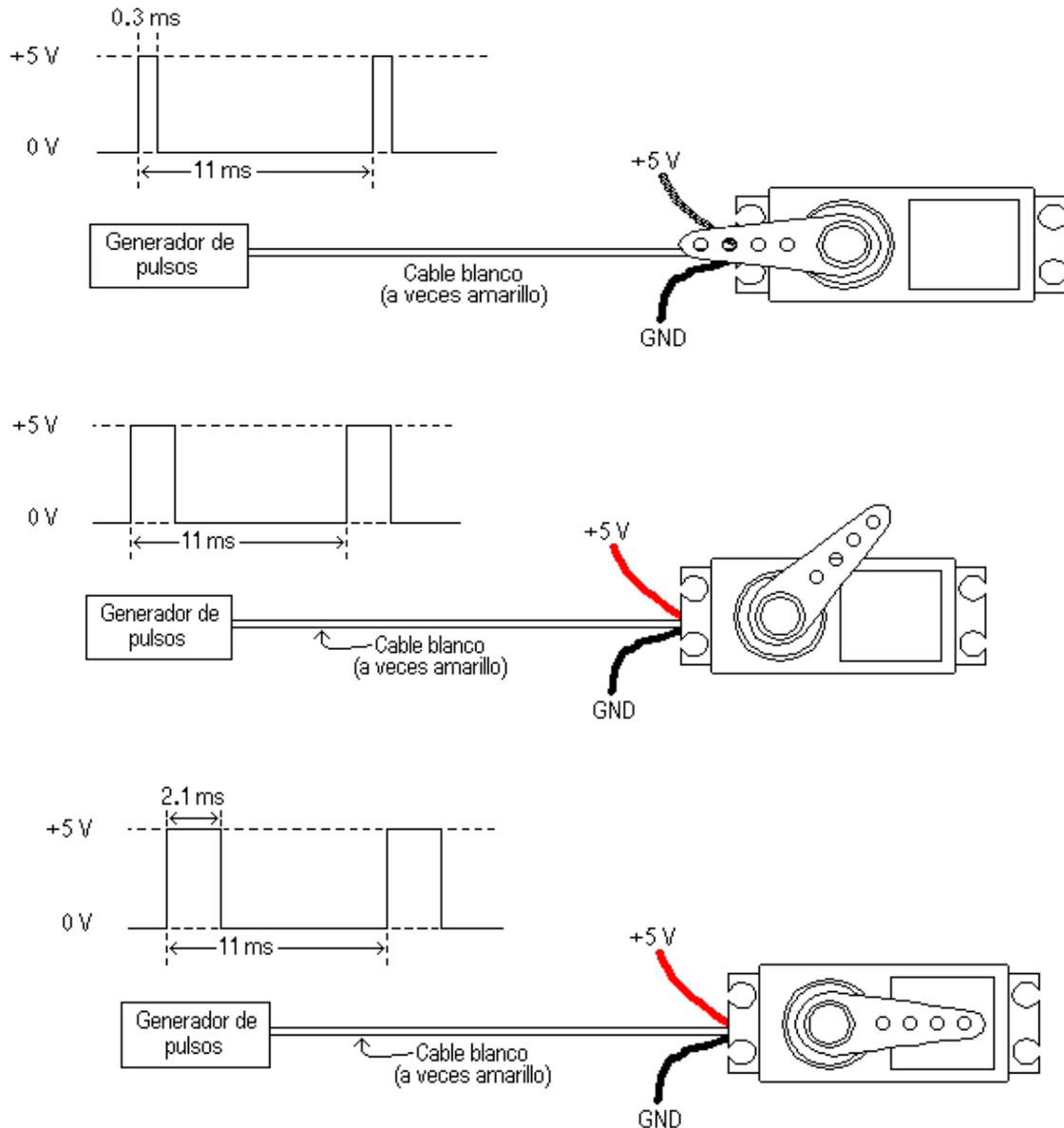


Figura 2.31 Tiempos de pulso para el control del servomotor

Nótese que el intervalo de tiempo entre pulsos se mantiene constante, y la variación del ancho de los mismos es lo que le indica al servo la posición que se desea y son bastante tolerables en cuanto al período de los pulsos de control. Responden adecuadamente a pulsos desde 50 Hz hasta aproximadamente 100

Hz, pero una vez escogida una frecuencia de operación debe procurarse mantener la misma frecuencia todo el tiempo.

Para cada tipo de servo que se desee controlar, se deberá realizar una prueba preliminar para encontrar exactamente el período y la duración de los pulsos que mejor le funcionen. Un osciloscopio y un generador de señales facilitan mucho las cosas.

2.4.1 CONSIDERACIONES AL TRABAJAR CON SERVOMOTORES

Se debe tomar muy en cuenta la conexión de las **TIERRAS**. La tierra (cable negro) del servo tiene que ir conectada a la tierra de su fuente de alimentación (es decir, a la salida de cero volts), **y también tiene que ir conectado a la tierra del microcontrolador.**

Si se usa cables demasiado largos para controlar los servos, es probable que se tenga ruido (tartamudeo) en los servos, esto ocurre porque mientras más largo es el cable resulta más vulnerable a ruido electromagnético (efecto antena) e incluso es perturbado por señales de otros servos. Esto se soluciona utilizando cable blindado (coaxial), solo hay recordar aterrizar el blindaje.

Tratar de no cargarles demasiado peso a los servos. Un servo en operación normal **NO** se deben calentar. Si se calienta es que se le está pidiendo que sostenga más peso del que es capaz (y entonces puede echarse a perder pronto). Hay que recordar que básicamente un servo es para **mover** algo, no para **cargarlo**. Si el servo tiene que soportar mucho peso, rediseña el brazo de palanca o colocar resortes (o ligas) para ayudarlo.

Siempre que sea posible utilizar fuentes de voltaje separadas para los servomotores y para la electrónica digital. Cuando se controla los servos con una PC no hay que preocuparte por eso (la PC ya tiene su fuente propia), pero si se quiere manejar los servos con un microcontrolador es muy recomendable que tener dos fuentes de voltaje separadas (claro, con las tierras unidas también) porque los servomotores generan bastante ruido hacia su línea de alimentación.

Los servos también envejecen con el uso. Si se trata bien pueden durar mucho tiempo. Si el servo comienza a tartamudear y estamos seguros de que la causa no es ninguna de las anteriores, hay que tratar de recalibrarlo. Esto significa cambiar el intervalo de tiempo entre los pulsos de control hasta encontrar el nuevo más óptimo. Otra opción es desarmarlo y limpiar el potenciómetro que tienen dentro con algún spray limpiado. Si todo falla y el servo definitivamente ya no quiere funcionar bien, no hay que tirar. Todavía se puede desarmarlo y utilizar el motor con la caja de engranes, y (a veces) se puede aprovechar incluso parte de la electrónica de control de su tarjeta.

2.5 INTERRUPTORES MAGNÉTICOS

Debido a la ausencia de actuadores mecánicos, los interruptores magnéticos, presentan importantes ventajas respecto a los interruptores electromecánicos:

- Velocidades muy altas o muy bajas de accionamiento.
- Elevado número de maniobras.
- Ambientes muy agresivos, polvo, etc.
- Humedad elevada.
- Agentes químicos corrosivos.
- Variaciones importantes del actuador al interruptor, en distancia.

Para efectuar una correcta selección, se deben conocer las ventajas, los inconvenientes, y el modo de funcionamiento de los interruptores magnéticos.

Normalmente, se componen de dos partes: el imán actuador, y el interruptor propiamente dicho. El interruptor consiste en unas lengüetas de material magnético, aleación especial de ferroniquel, con zona de contacto protegida por un recubrimiento de metal noble, generalmente de oro, con una separación entre ambas partes de 0,2 a 0,3 mm.

Un envoltorio de cristal, mantiene las lengüetas en la posición correcta, y además permite mantener en su interior, una atmósfera especial, mezcla de Nitrógeno e Hidrógeno, para una óptima protección de la zona de contactos. Este sistema ofrece una muy elevada fiabilidad de contactos, un muy elevado

número de maniobras, y una protección absoluta contra ambientes desfavorables.

Existen tres tipos básicos de interruptores magnéticos: ABIERTOS, CERRADOS y BIESTABLES aunque algunas veces también es posible obtener contactos conmutados.

Un punto exacto de ruptura se obtiene mediante los imanes de polarización alojados en el interior del interruptor, ya que son regulados a su punto preciso durante el proceso de fabricación. Con ello se logra una total intercambiabilidad, entre interruptores de un mismo tipo. Los actuadores son generalmente imanes permanentes cerámicos, con o sin protección mecánica, o también pueden ser electroimanes, en este caso, se pueden actuar a distancia, eléctricamente.

Los interruptores abiertos y cerrados se actúan mediante imanes N-S; los interruptores biestables, se actúan mediante un N, o bien mediante un S, según la función deseada, apertura o cierre del contacto.

Los imanes, están contruidos en ferrita de Bario, y no pierden su poder magnético, ni con el tiempo, ni bajo influencia de otros imanes exteriores. Las variaciones de temperatura, influyen en los imanes, y hay que tener en cuenta que un coeficiente de 0,2% °C hace disminuir el magnetismo al aumentar la temperatura, sin embargo, entre los -30 C y los +90 C estas variaciones no son permanentes, y recuperan el magnetismo inicial al restablecerse la temperatura.

2.5.1 CONTACTOS NORMALMENTE ABIERTOS (EN REPOSO):

Al acercarse el imán actuador, las lengüetas del interruptor son recorridas por las líneas de fuerzas magnéticas del actuador, y la atracción entre ambas aumenta; al aumentarse, la fuerza de atracción entre ambas lengüetas crece logarítmicamente, y con ello se obtiene un cierre muy rápido del contacto, entre 0,3 y 1,5 milisegundos; inversamente al descender el umbral magnético, produce también una apertura rápida del contacto en 0,3 - 0,6 milisegundos. En el interior del interruptor magnético, un imán antagonista, impide la doble ruptura del interruptor, incluso a distancias muy pequeñas.

2.5.2 CONTACTOS NORMALMENTE CERRADOS (EN REPOSO):

En estos interruptores, un imán antagonista interno más potente, mantiene las lengüetas de los contactos unidas, y el contacto está CERRADO en reposo, la aproximación de un imán actuador exterior, cuya polaridad es inversa al imán interno, anula la acción de este, y una vez sobrepasado el umbral de retención, las lengüetas se separan en forma brusca.

De todo esto se deduce naturalmente, que los imanes actuadores han de tener la polarización correcta con respecto al interruptor, unas marcas de colores rojo y verde, facilitan la correcta situación de imanes e interruptores en el montaje. Las combinaciones de las líneas de fuerza, permite en ambos casos, tanto en el contacto Abierto, como en el Cerrado, un accionamiento en las tres direcciones posibles, así como un posible giro de 90° del imán actuador.

2.5.3 CONTACTOS BIESTABLES:

Con un apropiado dimensionado del imán interno antagonista, es posible obtener interruptores que se quedan en una determinada posición, según la última información magnética recibida, bien sea contacto Abierto, bien sea contacto Cerrado. Esta maniobra magnética no necesita de ningún sistema exterior de mantenimiento ni eléctrico ni magnético, lo cual simplifica mucho el diseño de dispositivos, que al ser reactivados eléctricamente no requieren puestas a punto, siguen en la posición determinada por la última información magnética del actuador. Los interruptores Biestables "r" deben ser accionados siempre en sentido axial, o sea desplazando el imán actuador paralelamente al eje del interruptor; según sea el sentido en que llega el actuador, y según sea la polaridad de dicho imán actuador, será la posición del interruptor, abierta o cerrada: por ejemplo, si un imán norte abre el interruptor al pasar de derecha a izquierda, lo cierra al pasar de izquierda a derecha, y un imán sur hace la función inversa. La combinación de imanes Norte y Sur, permite lograr el

equivalente magnético de una leva saliente, o bien de una leva entrante, sobre un interruptor electromecánico.

Algunos interruptores magnéticos Biestables, tienen previsto el accionamiento frontal, por el lado opuesto a la salida del cable, y en estos tipos únicamente la polaridad del imán actuador interviene en la actuación magnética del interruptor, no teniendo importancia el sentido de acercamiento del interruptor.

2.5.4 GOLPES Y VIBRACIONES

Todos los interruptores magnéticos pueden resultar afectados por golpes o vibraciones. Se ha logrado minimizar este problema mediante el montaje elástico del sistema de láminas, y también gracias a la polarización interna magnética, sin embargo en los tipos biestables, cuando se produce el acercamiento del imán actuador, es posible que importantes vibraciones o golpes produzcan la apertura o el cierre anticipado del contacto. En circunstancias normales, los interruptores magnéticos STEM resisten vibraciones senoidales de hasta 50 G. Hay que procurar evitar en lo posible las vibraciones o choque en el sentido perpendicular al eje del interruptor, y al contrario, las vibraciones o golpes cuya oscilación sea en el mismo sentido del eje del interruptor tienen poca influencia en él.

2.5.5 HISTÉRESIS

Al igual que los interruptores de acción electromecánicos, hay una histéresis o diferencial entre el punto de ruptura y el de conexión. Esta circunstancia, a veces puede resultar ventajosa, ya que impide la apertura y cierre de contacto con pequeños desplazamientos del imán actuador, y además permite que la presión de contacto entre las lengüetas se mantenga a un valor importante hasta el punto de inversión. No es posible tener un mismo punto para apertura y cierre en un interruptor magnético.

2.5.6 DURACIÓN DE VIDA

Hay que poner la máxima atención en evitar el deterioro de los interruptores magnéticos en la fase de montaje o prueba de los mismos a la máquina o sistema, ya que es frecuente que en los procesos previos a la puesta en marcha se hagan pruebas inadecuadas con corrientes muy intensas, por ejemplo con lámparas de incandescencia o con Contactores; en ambos casos la zona de contacto resulta dañada, y al poco tiempo se pueden presentar problemas, debidos a la sobre intensidad en el caso de lámparas de incandescencia, (la corriente en frío, es del orden de 18 veces la nominal), y de sobretensión en el caso de Contactores o electroimanes, cuya extracorrente de ruptura alcanza fácilmente 12 veces la tensión nominal, debido a la inducción de la bobina al producirse la súbita desmagnetización del núcleo.

2.5.7 UTILIZACIÓN

La sustitución de los interruptores mecánicos por magnéticos es más aconsejable en los casos siguientes:

1. Elevadas velocidades de actuación y elevado número de maniobras, por ejemplo en sistemas de contaje.
2. Ambientes muy desfavorables, por ejemplo instalaciones galvánicas.
3. Ausencia de accionamientos mecánicos, y baja fuerza de actuación, en casos de control de órganos en reposo.
4. Funcionamiento silencioso.
5. Accionamiento sin mecánica, incluso a través de materiales no magnéticos, en presostatos, sistemas de control de nivel, etc.

Existen muchos tipos distintos, que permiten prácticamente una utilización ilimitada desde los casos convencionales a los más específicos.

2.5.8 MONTAJE

Hay que evitar la presencia de partes magnéticas en la inmediata proximidad del interruptor, excepto en los tipos previstos para ello.

2.5.9 IMANES ACTUADORES:

Según el tipo de interruptor y la distancia que se desea conseguir, se podrá escoger el tipo de actuador adecuado, ya que existen muchos modelos distintos de imanes actuadores y dos tipos de electroimán según su utilización en interruptores biestables o normales.

Tanto los imanes actuadores como los interruptores, o sus soportes vienen previstos para su fijación mediante agujeros alargados o bien, roscas métricas.

2.6 MICROCONTROLADOR PIC

Los 'PIC' son una familia de microcontroladores tipo RISC⁴ fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instruments.

El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como *Peripheral Interface Controller* (Controlador de Interfaz Periférico).

El PIC original se diseñó para ser usado con la nueva UCP⁵ de 16 bits CP16000. Siendo en general una buena UCP, ésta tenía malas prestaciones de E/S, y el PIC de 8 bits se desarrolló en 1975 para mejorar el rendimiento del sistema quitando peso de E/S a la UCP. El PIC utilizaba microcódigo simple almacenado en ROM⁶ para realizar estas tareas; y aunque el término no se usaba por aquel entonces, se trata de un diseño RISC que ejecuta una instrucción cada 4 ciclos del oscilador.

⁴ RISC.- **Reduced Instruction Set Computer**, Computadora con Conjunto de Instrucciones Reducido. Es un tipo de microprocesador cuya característica fundamental es que las instrucciones son de tamaño fijo y son presentadas en un reducido número de formatos.

⁵ UCP.- **Unidad Central de Proceso**: Unidad donde se ejecutan las instrucciones de los programas y se controla el funcionamiento de los distintos componentes del ordenador

⁶ ROM.- **Read-Only Memory**; "memoria de sólo lectura": una memoria de semiconductor destinada a ser leída y no destructible

En 1985, dicha división de microelectrónica de General Instruments se convirtió en una filial y el nuevo propietario canceló casi todos los desarrollos, que para esas fechas la mayoría estaban obsoletos. El PIC, sin embargo, se mejoró con EPROM⁷ para conseguir un controlador de canal programable. Hoy en día multitud de PICs vienen con varios periféricos incluidos (módulos de comunicación serie, UARTs⁸, núcleos de control de motores, etc.) y con memoria de programa desde 512 a 32.000 palabras (una *palabra* corresponde a una instrucción en ensamblador, y puede ser 12, 14 o 16 bits, dependiendo de la familia específica de PICmicro).

2.6.1 JUEGO DE INSTRUCCIONES Y ENTORNO DE PROGRAMACIÓN

El PIC usa un juego de instrucciones tipo RISC, cuyo número puede variar desde 35 para PICs de gama baja a 70 para los de gama alta. Las instrucciones se clasifican entre las que realizan operaciones entre el acumulador y una constante, entre el acumulador y una posición de memoria, instrucciones de condicionamiento y de salto/retorno, implementación de interrupciones y una para pasar a modo de bajo consumo llamada *sleep*.

2.6.2 PROGRAMACIÓN DEL PIC

Para transferir el código de un ordenador al PIC normalmente se usa un dispositivo llamado programador. La mayoría de PICs que Microchip distribuye hoy en día incorporan ICSP (*In Circuit Serial Programming*, programación serie incorporada) o LVP (*Low Voltage Programming*, programación a bajo voltaje), lo que permite programar el PIC directamente en el circuito destino. Existen muchos programadores de PICs, desde los más simples que dejan al software los detalles de comunicaciones, a los más complejos, que pueden verificar el dispositivo a diversas tensiones de alimentación e implementan en hardware

⁷ EPROM.- ***Erasable Programmable Read-Only Memory*** (ROM borrable programable). Es un tipo de chip de memoria ROM que retiene los datos cuando la fuente de energía se apaga.

⁸ UARTs.- ***"Universal Asynchronous Receiver-Transmitter"*** (en español, "Transmisor-Receptor Asíncrono Universal"). Se trata de un componente que utilizan ciertos sistemas digitales basados en microprocesador, para convertir los datos en paralelo

casi todas las funcionalidades. Muchos de estos programadores complejos incluyen ellos mismos PICs preprogramados como interfaz para enviar las órdenes al PIC que se desea programar.

2.6.3 TAMAÑO DE PALABRA

El tamaño de palabra de los microcontroladores PIC es fuente de muchas confusiones. Todos los PICs (excepto los dsPIC) manejan datos en trozos de 8 bits, con lo que se deberían llamar microcontroladores de 8 bits.

Pero a diferencia de la mayoría de UCPs, el PIC usa arquitectura Harvard⁹, por lo que el tamaño de las instrucciones puede ser distinto del de la palabra de datos. De hecho, las diferentes familias de PICs usan tamaños de instrucción distintos, lo que hace difícil comparar el tamaño del código del PIC con el de otros microcontroladores. Por ejemplo, un microcontrolador tiene 6144 bytes de memoria de programa: para un PIC de 12 bits esto significa 4096 palabras y para uno de 16 bits, 3072 palabras.

2.6.4 CARACTERÍSTICAS

Los PICs actuales vienen con una amplia gama de mejoras hardware incorporados:

- Núcleos de UCP de 8/16 bits con Arquitectura Harvard modificada
- Memoria Flash y ROM disponible desde 256 bytes a 256 kilobytes
- Puertos de E/S¹⁰ (típicamente 0 a 5,5 voltios)
- Temporizadores de 8/16 bits
- Tecnología Nanowatt para modos de control de energía
- Periféricos serie síncronos y asíncronos:

⁹ **Arquitectura Harvard** originalmente se refería a las arquitecturas de computadoras que utilizaban dispositivos de almacenamiento físicamente separados para las instrucciones y para los datos (en oposición a la Arquitectura Eckert-Mauchly). El término proviene de la computadora Harvard Mark I, que almacenaba las instrucciones en cintas perforadas y los datos en interruptores.

¹⁰ **E/S.**- Se entenderá por periférico a todo conjunto de dispositivos que, sin pertenecer al núcleo fundamental de la computadora, formado por la CPU y la memoria central, permitan realizar operaciones de entrada/salida (E/S)

- Conversores analógico/digital de 10-12 bits
- Comparadores de tensión
- Módulos de captura y comparación PWM¹¹
- Controladores LCD¹²
- Periférico MSSP para comunicaciones I²C, SPI, y I²S
- Memoria EEPROM interna con duración de hasta un millón de ciclos de lectura/escritura
- Periféricos de control de motores
- Soporte de interfaz USB¹³
- Soporte de controlador Ethernet

2.6.5 VARIACIONES DEL PIC

2.6.5.1 PICs modernos

Los viejos PICs con memoria PROM o EPROM se están renovando gradualmente por chips con memoria Flash. Así mismo, el juego de instrucciones original de 12 bits del PIC1650 y sus descendientes directos ha sido suplantado por juegos de instrucciones de 14 y 16 bits. Microchip todavía vende versiones PROM y EPROM de la mayoría de los PICs para soporte de aplicaciones antiguas o grandes pedidos.

Se pueden considerar tres grandes gamas de MCUs PIC en la actualidad: Los básicos (Linebase), los de medio rango (Mid Range) y los de alta performance (high performance). Los PIC18 son considerados de alto desempeño y tienen entre sus miembros a PICs con módulos de comunicación y protocolos avanzados.

2.6.5.2 Clones del PIC

¹¹ **PWM.- *Pulse-Width Modulation*** (La modulación por ancho de pulsos) es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica

¹² **LCD.- (*Liquid Crystal Display*)** son las siglas en inglés de Pantalla de Cristal Líquido, dispositivo inventado por Jack Janning, quien fue empleado de NCR.

¹³ **USB.- *Universal Serial Bus*** (bus universal en serie) fue creado en 1996 por siete empresas: IBM, Intel, Northern Telecom, Compaq, Microsoft, Digital Equipment Corporation y NEC.

Por todos lados surgen compañías que ofrecen versiones del PIC más baratas o mejoradas. La mayoría suelen desaparecer rápidamente. Una de ellas que va perdurando es Ubicorn (antiguamente Scenix) que vende clones del PIC que funcionan mucho más rápido que el original. OpenCores tiene un núcleo del PIC16F84 escrito en Verilog.

2.6.5.3 PICs wireless

El microcontrolador rfPIC integra todas las prestaciones del PICmicro de Microchip con la capacidad de comunicación wireless UHF para aplicaciones RF de baja potencia. Estos dispositivos ofrecen un diseño muy comprimido para ajustarse a los cada vez más demandados requerimientos de miniaturización en aparatos electrónicos. Aún así, no parecen tener mucha salida en el mercado.

2.6.5.4 PICs para procesamiento de señal (dsPICs)

Los dsPICs son el último lanzamiento de Microchip, comenzando a producirlos a gran escala a finales de 2004. Son los primeros PICs con bus de datos inherente de 16 bits. Incorporan todas las posibilidades de los anteriores PICs y añaden varias operaciones de DSP implementadas en hardware, como multiplicación con suma de acumulador (*multiply-accumulate*, o *MAC*), *barrel shifting*, *bit reversion* o multiplicación 16x16 bits.

2.6.6 PICs más comúnmente usados

- PIC12C508/509 (encapsulamiento reducido de 8 pines, oscilador interno, popular en pequeños diseños como el iPod remote)
- PIC16F84 (Considerado obsoleto, pero imposible de descartar y muy popular)
- PIC16F84A (Buena actualización del anterior, algunas versiones funcionan a 20 MHz, compatible 1:1)
- PIC12F629/675
- PIC16F628

- La familia PIC16F87X (los hermanos mayores del PIC16F84, con cantidad de mejoras incluidas en hardware. Este será el que usaremos nosotros, el **PIC16F877A**).
- PIC18F452

2.6.7 PICS EN INTERNET

Se puede encontrar mucha información y documentación sobre PICs en Internet principalmente por dos motivos: el primero, porque han sido muy usados para romper los sistemas de seguridad de varios productos de consumo mayoritario (televisión de pago, Play Station), lo que atrae la atención de los crackers; y segundo, porque el PIC16C84 fue uno de los primeros microcontroladores fácilmente reprogramables para aficionados. Hay muchos foros y listas de correo dedicados al PIC en los que un usuario puede proponer sus dudas y recibir respuestas.

Pero también podemos enfocar el tema de internet a la posibilidad que se tiene de desarrollar con estos, Sistemas SCADA vía Web debido a que pueden adquirir y enviar datos al puerto serial de un computador utilizando transmisión UART y el protocolo RS232, o la posibilidad de implementar el protocolo TCP/IP directamente.

