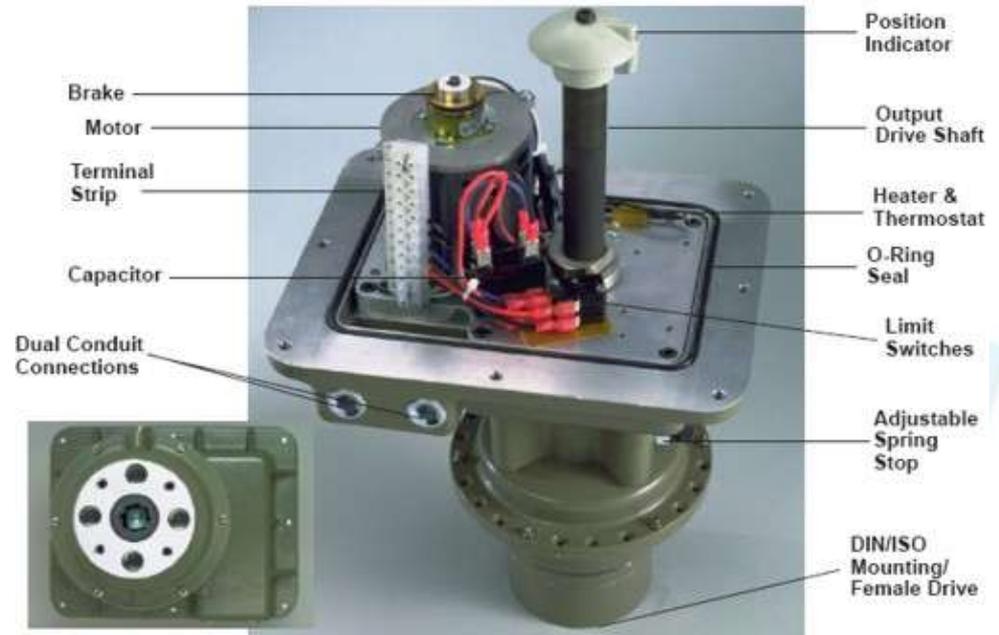


# Curso de Mecatrónica

## ACTUADORES



Dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” sobre otro dispositivo mecánico

La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles:

- ✓ Presión neumática,
- ✓ presión hidráulica
- ✓ fuerza motriz.

Dependiendo de el origen de la fuerza el actuador se denomina

- ✓ Eléctricos
- ✓ Neumáticos
- ✓ Hidráulicos

Cada uno de estos sistemas presenta características diferentes, siendo preciso evaluarlas a la hora de seleccionar el tipo de actuador más conveniente.

Las características a considerar son, entre otras:

**Potencia** - Controlabilidad - **Peso y volumen** - Precisión - **Velocidad** -  
Mantenimiento - Coste

Las características de control, sencillez y precisión de los accionamientos eléctricos han hecho que sean los mas usados en los robots industriales actuales.

Dentro de los actuadores eléctricos pueden distinguirse tres tipos diferentes:

- ✓ Motores de corriente continua (DC). Servomotores
- ✓ Motores paso a paso
- ✓ Motores de corriente alterna (AC)



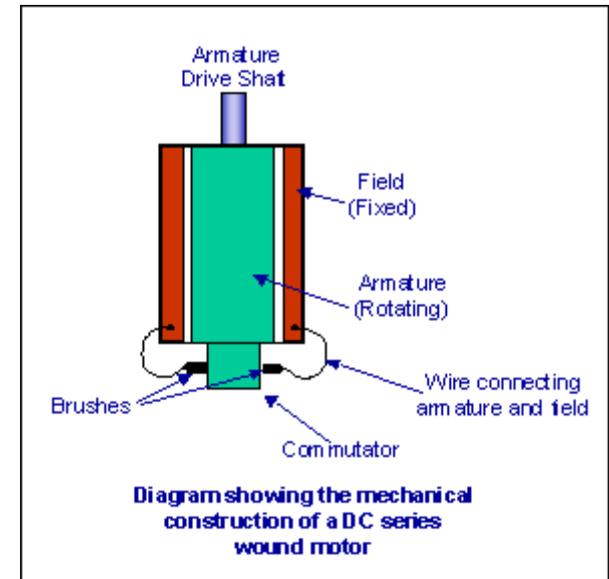
- Son los más utilizados en la actualidad debido a:
  - ❑ Facilidad de control
  - ❑ Mayor potencia/peso
  - ❑ Rendimiento
  - ❑ Precio



Se utiliza en el propio motor un sensor de posición (Encoder) para poder realizar su control.

Los motores de DC están constituidos por dos devanados internos, inductor e inducido, que se alimentan con corriente continua:

El inductor, también denominado devanado de excitación, está situado en el estator y crea un campo magnético de dirección fija, denominado excitación.



El inducido, situado en el rotor, hace girar al mismo debido a la fuerza de Lorentz que aparece como combinación de la corriente circulante por él y del campo magnético de excitación. Recibe la corriente del exterior a través del colector de delgas, en el que se apoyan unas escobillas de grafito.

La velocidad de giro es (en iguales condiciones de carga) proporcional al voltaje.

Las velocidades de rotación que se consiguen con estos motores son del orden de 1000 a 3000 rpm con un comportamiento muy lineal y bajas constantes de tiempo. Las potencias que pueden manejar pueden llegar a los 10KW.

# Accionamiento Directo



- Ventajas:
  - Incrementa Eficiencia.
  - Posicionamiento rápido y preciso.
  - Mucho torque a poca velocidad.
- Desventajas.
  - Complicado mecanismo de control.
  - Motor especial.



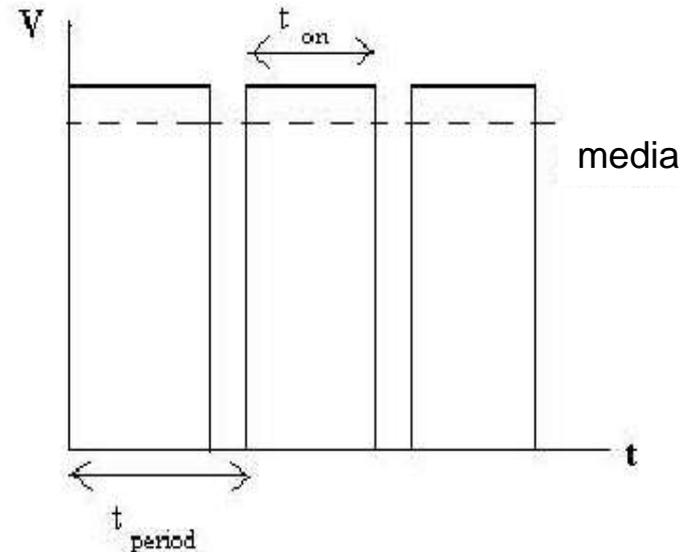
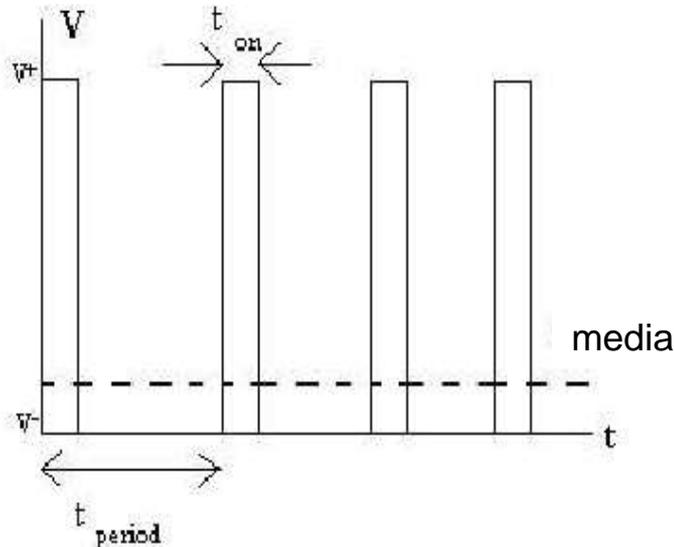
- Simple en comparación a otros actuadores
- Ideal cuando es necesario generar fuerza rápidamente
- Posicionamiento preciso.



- Aplicaciones de regulación de velocidad en general
  - Maquinas de envase y ensamblaje
  - Cintas transportadores
  - Ventilación
- Aplicaciones que requieren precisión
  - Posicionamiento
- Regulación de par y par a cero rpm
  - Enrolladoras
  - Elevación
- Regulación de motores de potencias grandes
  - Laminadoras
  - Extrusoras



- A más intensidad más par. Típicamente:  $T = K_p \cdot I$
- Sistemas digitales lo modulan con PWM (Modulación de la anchura del pulso, "Pulse Width Modulation"):
  - Voltaje proporcional a la componente de continua (el motor actúa de filtro paso de baja; sólo "ve" la continua) y ésta proporcional al "duty cycle" porcentaje de actividad
- Periodo no importa: se escoge una frecuencia alta para evitar sonidos audibles.





Los motores DC son controlados mediante referencias de velocidad. Éstas normalmente son seguidas mediante un bucle de retroalimentación de velocidad analógica que se cierra mediante una electrónica específica (accionador del motor). Se denominan entonces [servomotores](#).

Sobre este bucle de velocidad se coloca otro de posición, en el que las referencias son generadas por la unidad de control (microprocesador) sobre la base del error entre la posición deseada y la real.

El motor de corriente continua presenta el inconveniente del obligado mantenimiento de las escobillas. Por otra parte, no es posible mantener el par con el rotor parado mas de unos segundos, debido a los calentamientos que se producen en el colector.

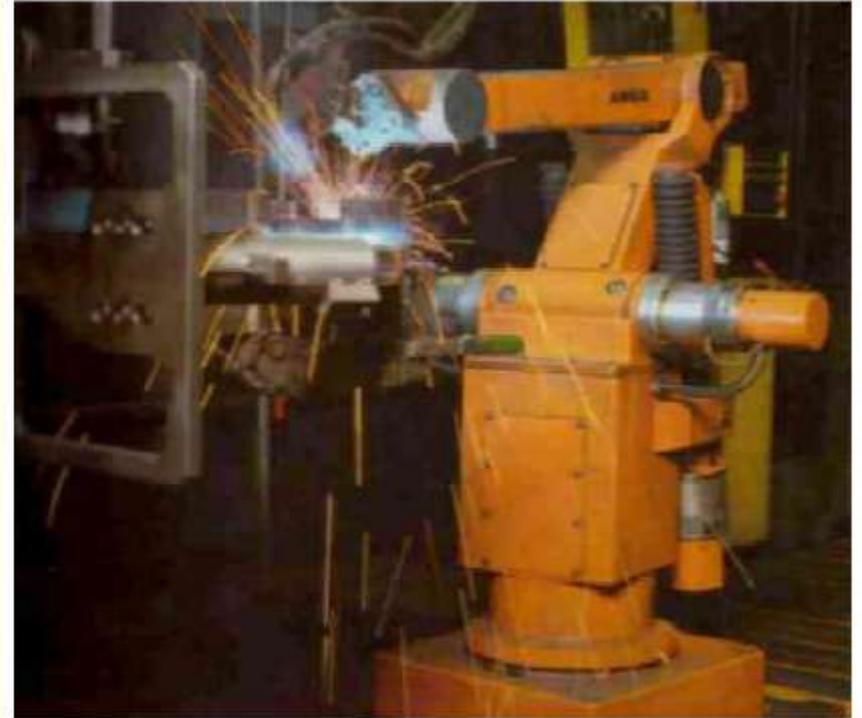


- Motor síncrono con rotor de imanes permanentes
- Potencias pequeñas con pares de hasta 7Nm
- Velocidades de hasta 6000 rpm
- Trabaja con un amplificador que controla su funcionamiento
- Las ordenes de posicionamiento se generan en :
  - control numérico
  - Equipo dedicado
  - Autómata con tarjeta de control de ejes
- Gran precisión de posicionado
- Estabilidad de velocidad repititividad del movimiento
- Elevada respuesta dinamica

- Existen principalmente 2 tipos de drives para motores síncronos de imanes permanentes diferenciados por la forma de señal de corriente que comunican el motor y por el tipo de sistema de retroalimentación:
  - Drive con conmutación tipo bloque / Brushless DC
  - Drive con conmutación sinusoidal / Brushless AC



Máquina Herramienta

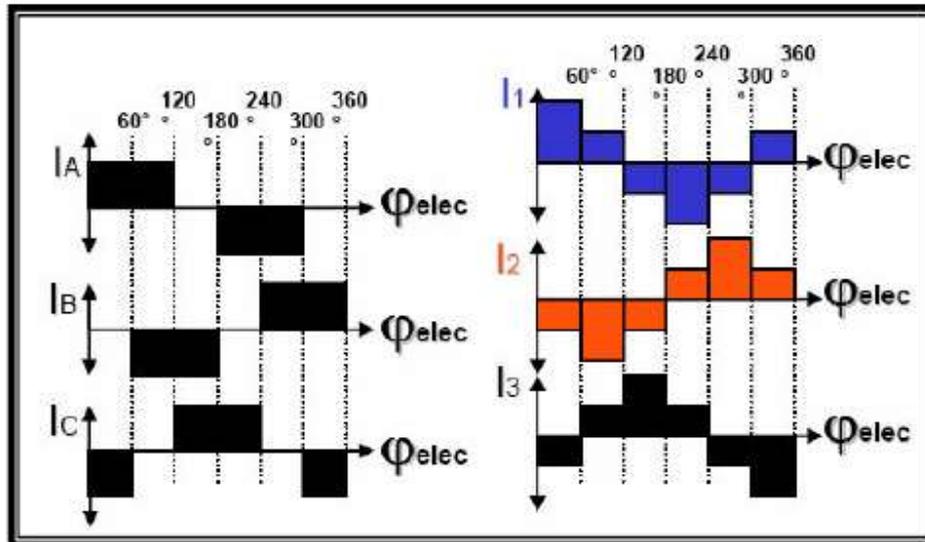


Robótica

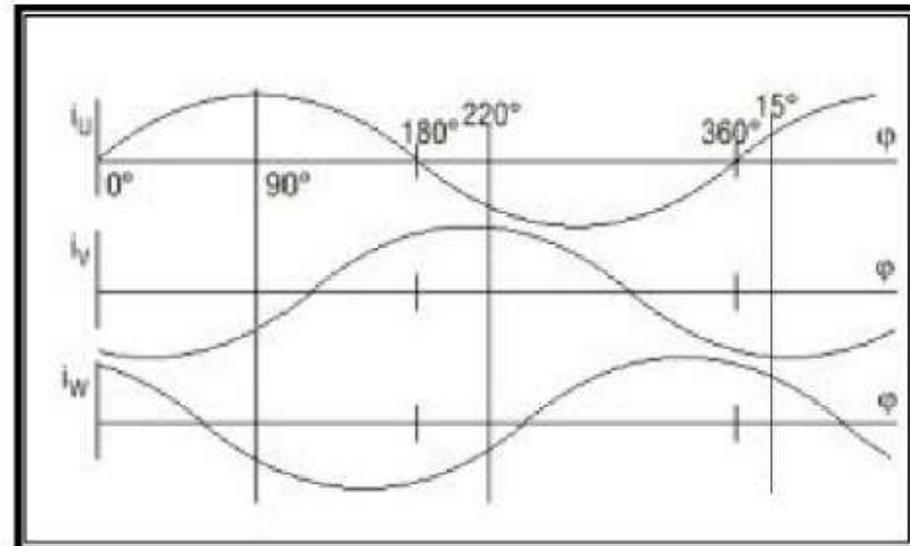


- La tecnología Brushless DC fué la primera que se aplicó para el control de motores Brushless síncronos, el desarrollo de la tecnología del tratamiento digital de la señal ha permitido el desarrollo de la tecnología Brushless AC
- Los drives Brushless DC requieren de un encoder de baja resolución para realizar la conmutación, por motivos de coste se opta por sensores de efecto Hall, normalmente hay seis puntos de conmutación por rev. eléctrica. Mientras que los Brushless AC necesitan un encoder absoluto de alta resolución (4096 -16384 puntos de conmutación por vuelta)

### Conmutación Brushless DC



### Conmutación Brushless AC

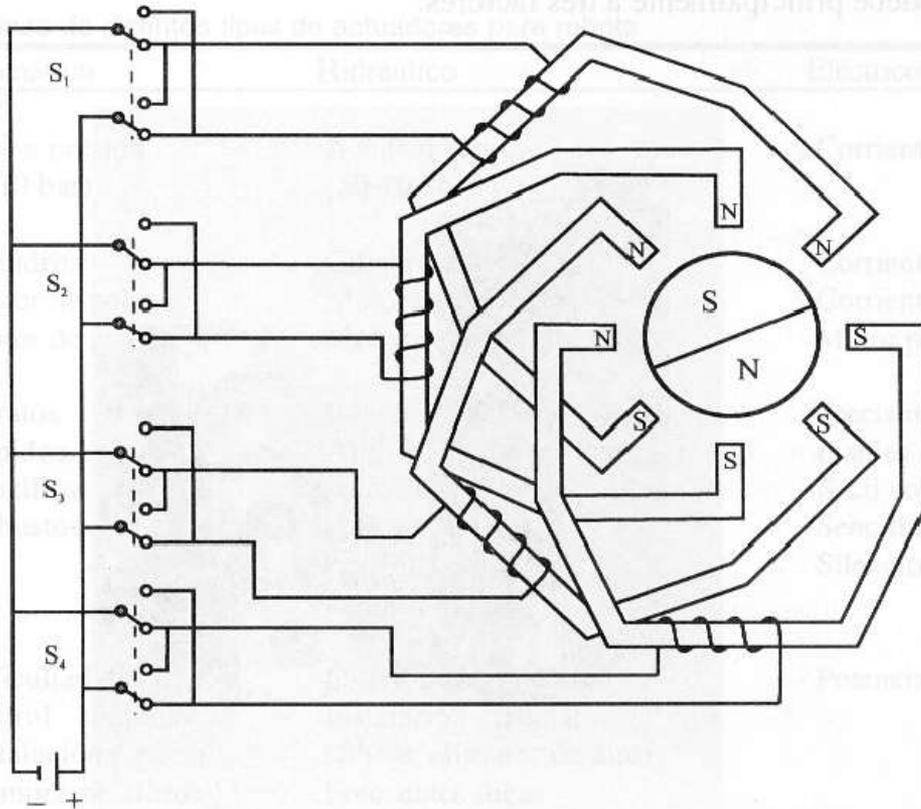




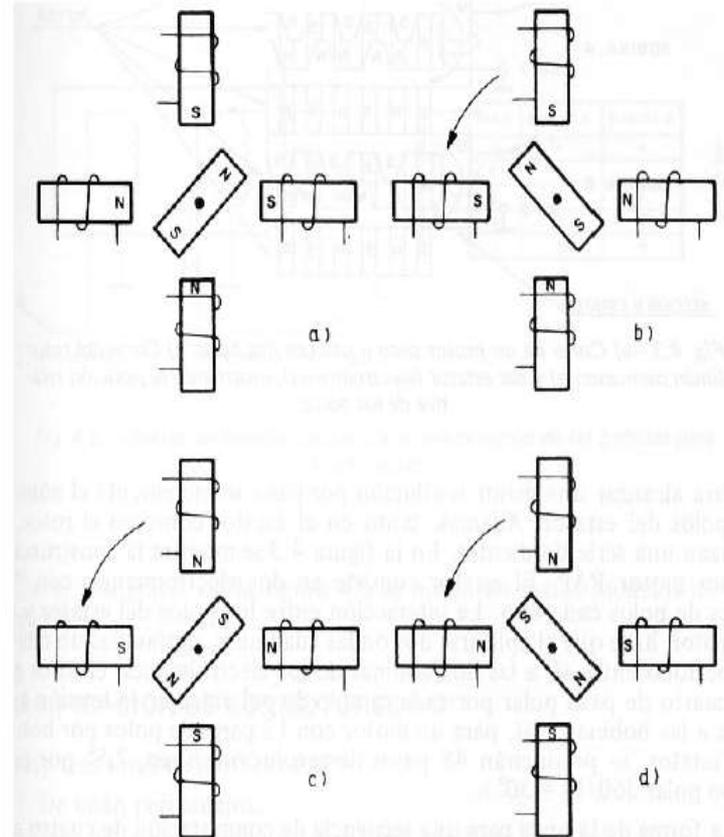
# Motores paso a paso





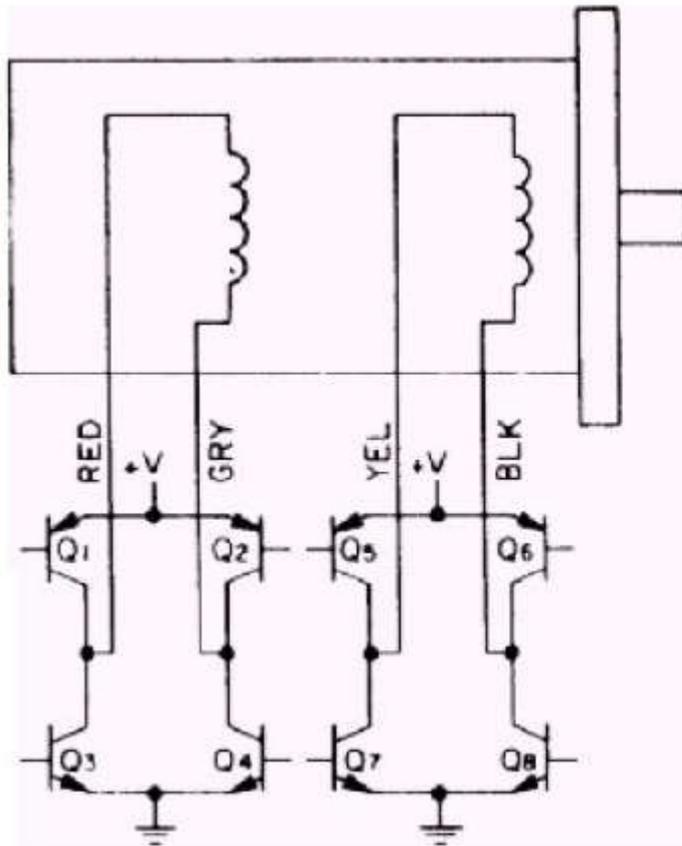


Esquema motor paso a paso

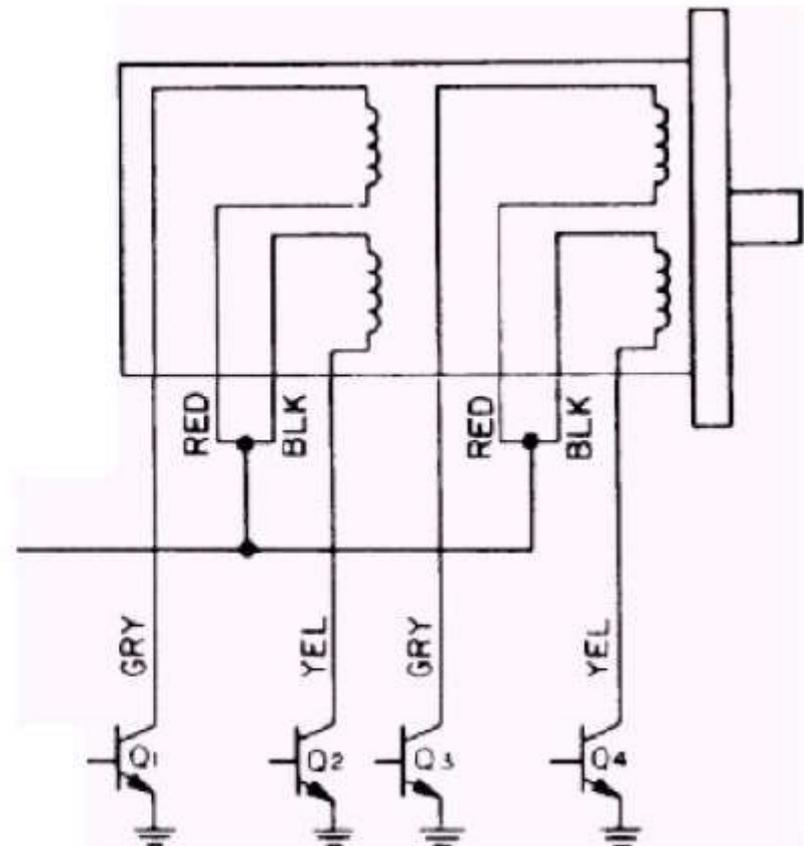


Esquema de funcionamiento de los motores paso a paso

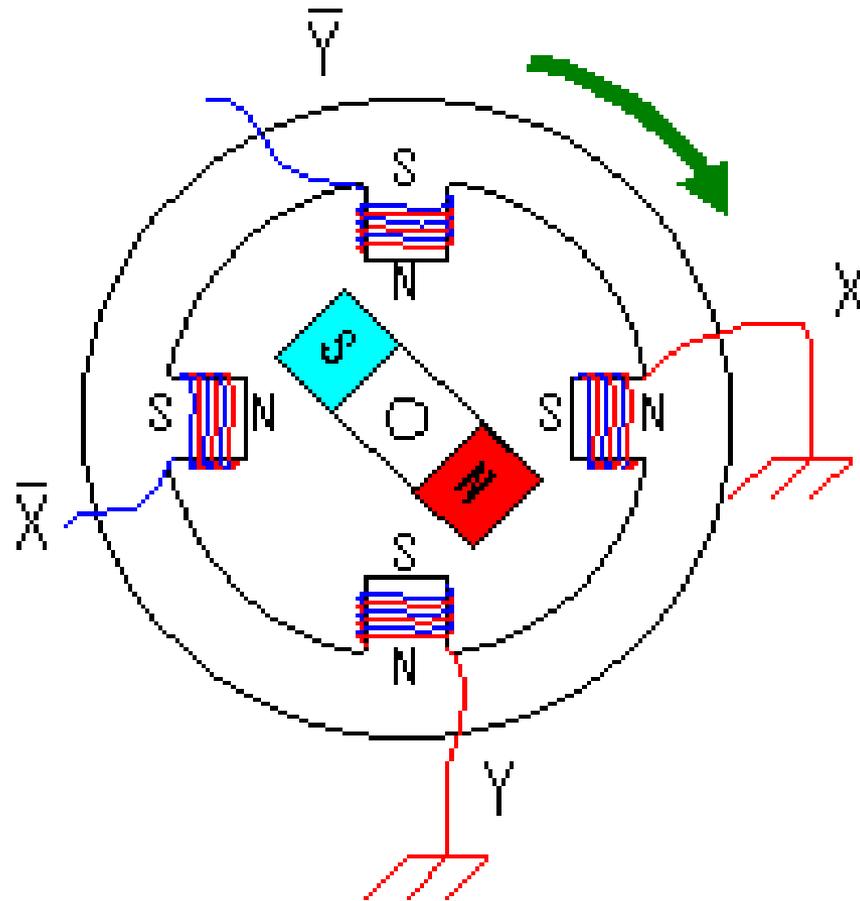
- Tecnologia Bipolar



unipolar



# Motores paso a paso

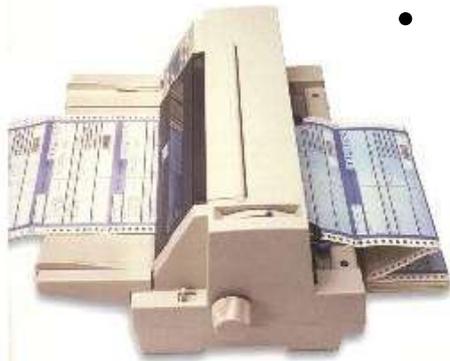


| X | $\bar{X}$ | Y | $\bar{Y}$ |
|---|-----------|---|-----------|
| 0 | 1         | 0 | 1         |
| 1 | 0         | 0 | 1         |
| 1 | 0         | 1 | 0         |
| 0 | 1         | 1 | 0         |

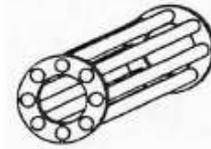
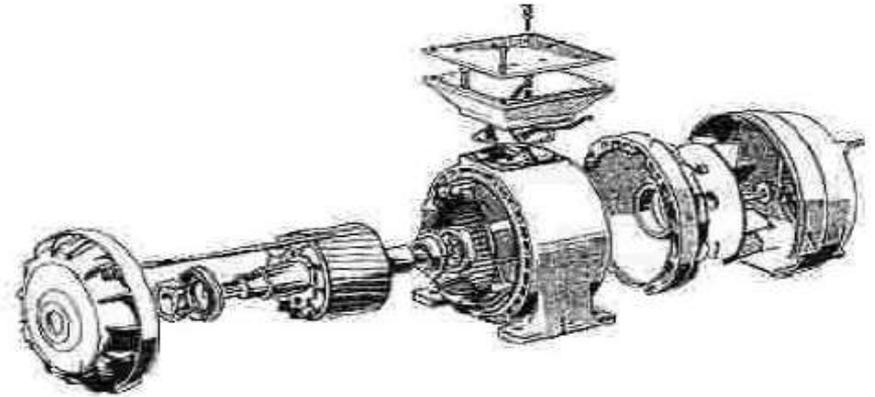
- 3 formas de trabajo básicas
  - Paso completo : 2 fases conectadas a la vez
  - Medio paso: secuencias de 1 fase y de 2 fases
  - Micropaso : Conmutación continua

- Aplicaciones :

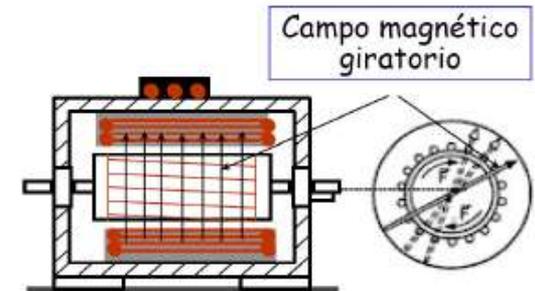
- Posicionamientos precisos en :
  - Industria Textil
  - Maquinas de envases – embalaje
  - Equipos médicos



# Motor Corriente alterna

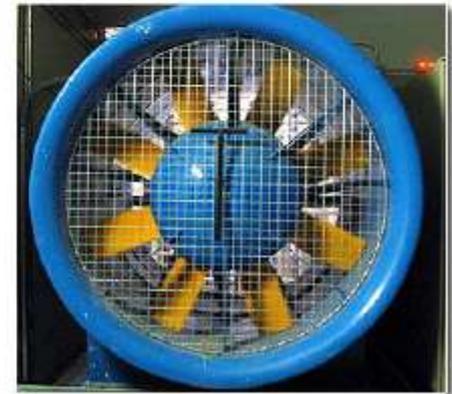


Rotor de jaula ardilla  
(sin el paquete de chapas)



- De potencias fraccionarias hasta centenas de KW
- Coste motor bajo
- Arranque por contactores, arrancadores con contactores
- Coste arranque con contactores bajo
- Regulación de velocidad hasta la decena de KW
- Buena precisión entre 10 y 100% Velocidad nominal
- Par nominal en ese tramo
- Coste variador alto
- Coste variador + motor mas caro que otras alternativas

- Accionamientos directos con contactores
- Accionamientos con arrancadores electrónicos
- Variadores de velocidad de poca potencia y precisión
- Aplicaciones sin regulación



# Actuadores comparaciones



|  |       |  |             |  |
|--|-------|--|-------------|--|
| Integración sistema                    |       |  |             |  |
| Regulación Posición<br>Preciso, Rápido | Servo |  |             |  |
| Posicionamiento                        | PaP   |  |             |  |
| Regulación Par                         | CC    |  |             |  |
| Regulación velocidad                   |       |  |             |  |
| Variación velocidad                    | CA    |  | CA Bobinado |  |
| Accionamiento sencillo                 | Soft  |  |             |  |

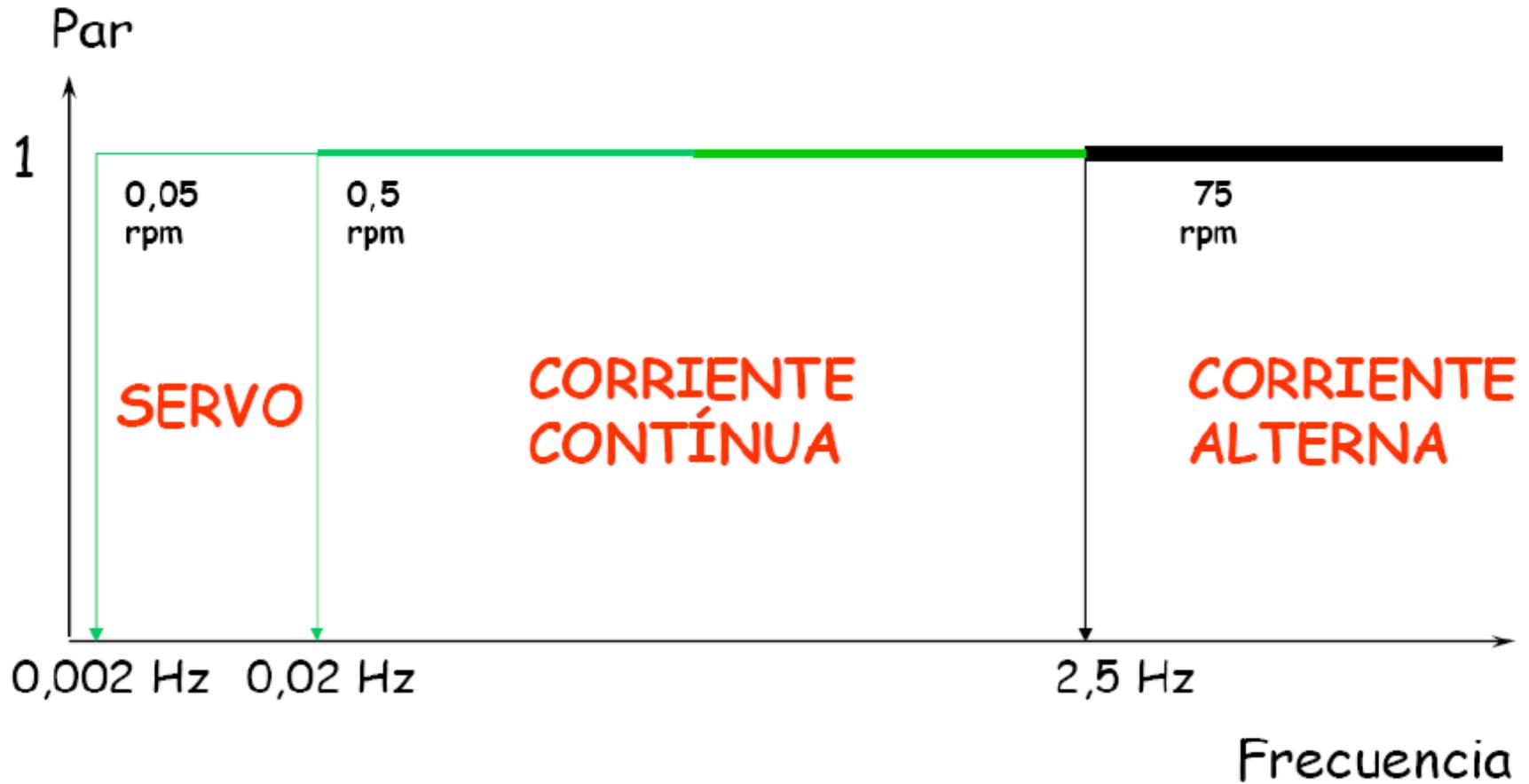
Pequeño

Mediano

Grande

Muy grande

# Actuadores comparaciones



# Actuadores comparaciones



## SOLUCIONES

## Costes

| MOTOR + EQUIPO | COMPRA | INSTALACION | MANTENIMIENTO |
|----------------|--------|-------------|---------------|
| CC             | ALTO   | MEDIO       | ALTO          |
| CA             | BAJO   | BAJO        | MUY BAJO      |
| ROTOR BOBINADO | ALTO   | MEDIO       | ALTO          |
| PASO A PASO    | BAJO   | BAJO        | BAJO          |
| SERVO          | ALTO   | MEDIO       | BAJO          |

# Actuadores comparaciones

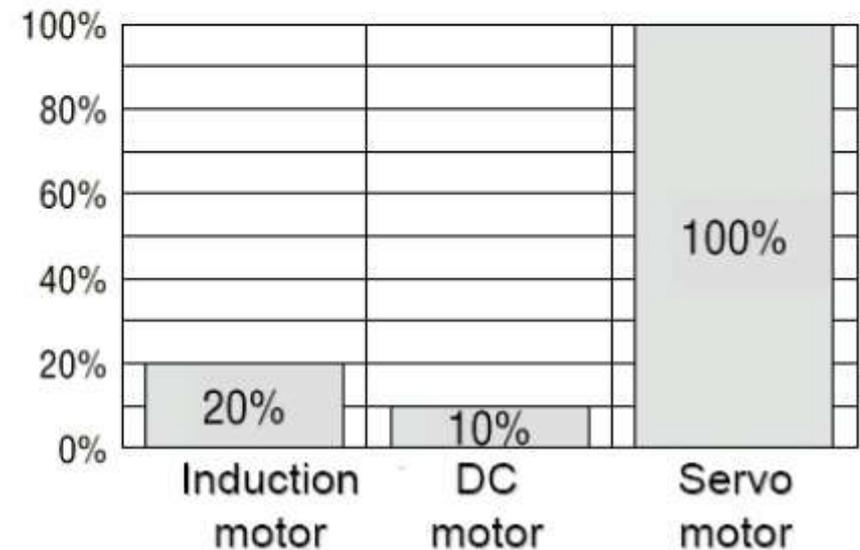


## Comparación CC - CA - Servos

## Dinámica

### Dynamic performance

El servomotor es :  
10 veces mas dinámico que  
el motor de C.C. y  
5 veces mas que el de  
inducción.



---

## Comparación CC - CA - Servos

---

## Conclusiones

- El servomotor tiene:
  - Altas prestaciones dinámicas,
  - Amplio rango de velocidad,
  - Alta precisión de posicionado,
  - Par a velocidad cero
  - Alta capacidad de sobrepasar ( $3 \cdot M_n$ ).
- Es la mejor solución en accionamientos rápidos y precisos
- La configuración de los sistemas es cada vez mas fácil con la ayuda de los programas de alto nivel.

---

## Comparación CC - CA - Servos      Conclusiones

---

- Los motores tiene perdidas en el cobre y en el hierro
- En motores con escobillas tenemos hierro y bobinas en el rotor, causando altas temperaturas y limitando sus prestaciones.
- Los que no tienen escobillas tienen hierro y bobinas en el estator donde la disipación del calor es mas fácil.
- El diseño del rotor sin escobillas reduce su inercia y permite una respuesta dinámica mas rápida.
- La vida de un rotor bobinado es mas corta debido a las escobillas y el colector.
- La desventaja de los servos es el coste relativamente alto

# Actuadores comparaciones

|  | Asíncrono                      | Rotor Bobin.                     | Servo                                | Paso a Paso   | Continua               |
|--|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------|
| Coste del motor                                | Bajo                           | Elevado                          | Elevado                              | Bajo  | Elevado                |
| Motor estanco                                  | Estándar                       | Bajo demanda;<br>caro            | Estándar                             | Estándar  | Posible,<br>muy caro   |
| Arranque directo en la red                     | Cómodo                         | Dispositivo de arranque especial | No previsto                          | No previsto   | No previsto            |
| Variador de velocidad                          | Fácil                          | Posible                          | Siempre                              | Siempre   | Siempre                |
| Coste de la solución con variador de velocidad | Cada vez más económico         | Económico                        | Bastante económico                   | Muy económico   | Muy económico          |
| Prestaciones con variador de velocidad         | Cada vez mayores               | Medias                           | Muy elevadas                         | Media a elevada   | Elevada a muy elevadas |
| Empleo   | Velocidad constante o variable | Velocidad constante o variable   | Velocidad variable                   | Velocidad variable  | Velocidad variable     |
| Utilización industrial                         | Universal                      | En disminución                   | Máquinas herramientas, gran dinámica | Posicionamiento en bucle abierto, para pequeñas potencias | En disminución         |



## Cambios recientes

## Variadores

- Los variadores de velocidad han aumentado su gama de potencias alcanzan 630 KW en ejecuciones estandar.
- Mantienen el par a velocidades muy bajas, algunos modelos dan par a cero rpm
- Incluyen numerosas funciones de automatización
- Opcionalmente pueden integrar una tarjeta automática
- Incluyen de serie comunicaciones
- Interface HMI mejorado, programable desde PC



---

## Cambios recientes

---

## Servos

- Nuevos modelos orientados a nuevas aplicaciones distintas de las tradicionales:
  - Envases y embalajes
  - Pick and Place
  - Aumento productividad
- Calculos simplificados con la ayuda de software adecuado
- Puesta en marcha mas sencilla
  - Reconocimiento automatico del motor
  - Autotuning PID
- Sin controladores especificos, ordenes desde red de comunicaciones desde autómata sin tarjeta especial
- Reducción significativa de precios



## EVOLUCIÓN PREVISTA

El número de aplicaciones de servomotores crecerá en el futuro inmediato.

Lo hará especialmente en nuevas aplicaciones.

El variador de velocidad ha alcanzado:

El rango de potencia

Capacidad de generar par

La precisión

Para asumir la regulación con motores *CA* de la casi totalidad de aplicaciones.

En las aplicaciones mas sencillas sustituirá a los servos

El motor Paso a paso mantendrá su campo de aplicación

El motor de *CC* y el de Rotor Bobinado tenderán a desaparecer

## En la fábrica del futuro

|  | Pequeño | Mediano | Grande | Muy grande |
|--|---------|---------|--------|------------|
| Integración sistema                    | CA      |         |        |            |
| Regulación Posición<br>Preciso, Rápido | Servo   |         |        |            |
| Posicionamiento                        | PaP     |         |        |            |
| Regulación Par                         | CA      |         |        |            |
| Regulación velocidad                   |         |         |        |            |
| Variación velocidad                    |         |         |        |            |
| Accionamiento sencillo                 | Soft    |         |        |            |



- Forma simple de electroimán que consiste de una bobina de alambre de cobre aislado, o de otro conductor apropiado, el cual está enrollado en espiral alrededor de la superficie de un cuerpo cilíndrico, generalmente de sección transversal circular. Cuando se envía corriente eléctrica a través de estos devanados, actúan como electroimán.
- El campo magnético que se crea, es la fuerza motriz para abrir la válvula.

- Dentro del núcleo va un émbolo móvil de acero magnético, el cual es jalado hacia el centro al ser energizada la bobina.



- La válvula de solenoide es utilizada para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada.

- Su función básica es la misma que una válvula de paso operada manualmente.
- Debido a su accionamiento eléctrico, se puede instalar en lugares remotos y puede ser controlada convenientemente por interruptores eléctricos simple
- Utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada.

# Condiciones de servicio

- Deben ser confiables en todo tipo de condiciones climáticas
- Factores a tomar en cuenta:
  - Temperatura ambiente (selección del lubricante)
  - Evitar la corrosión
  - Protección contra explosiones



- [http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr\\_01/robotica/sistema/actuadores.htm](http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/sistema/actuadores.htm)
- Facultad De Ciencias /UASLP
- UNIVERSIDAD DE VIGO - Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática