



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales.

- Para que un sistema electrónico de control pueda controlar un proceso o producto es necesario que **pueda actuar sobre** el mismo.
- Los dispositivos que realizan esta función reciben diversos nombres, entre ellos: **accionamientos** y **actuadores**.
- No existe una única **definición** de actuador aceptada de manera universal. Se considera, en general, que es todo *"dispositivo que convierte una magnitud eléctrica en una salida, generalmente mecánica, que puede provocar un efecto sobre el proceso automatizado"*.
- Tipos de accionamientos más comunes en la industria:
 - **Eléctricos**
 - **Neumáticos**
 - **Hidráulicos**



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

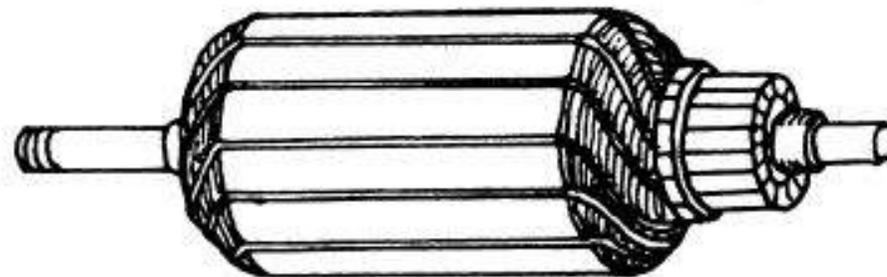
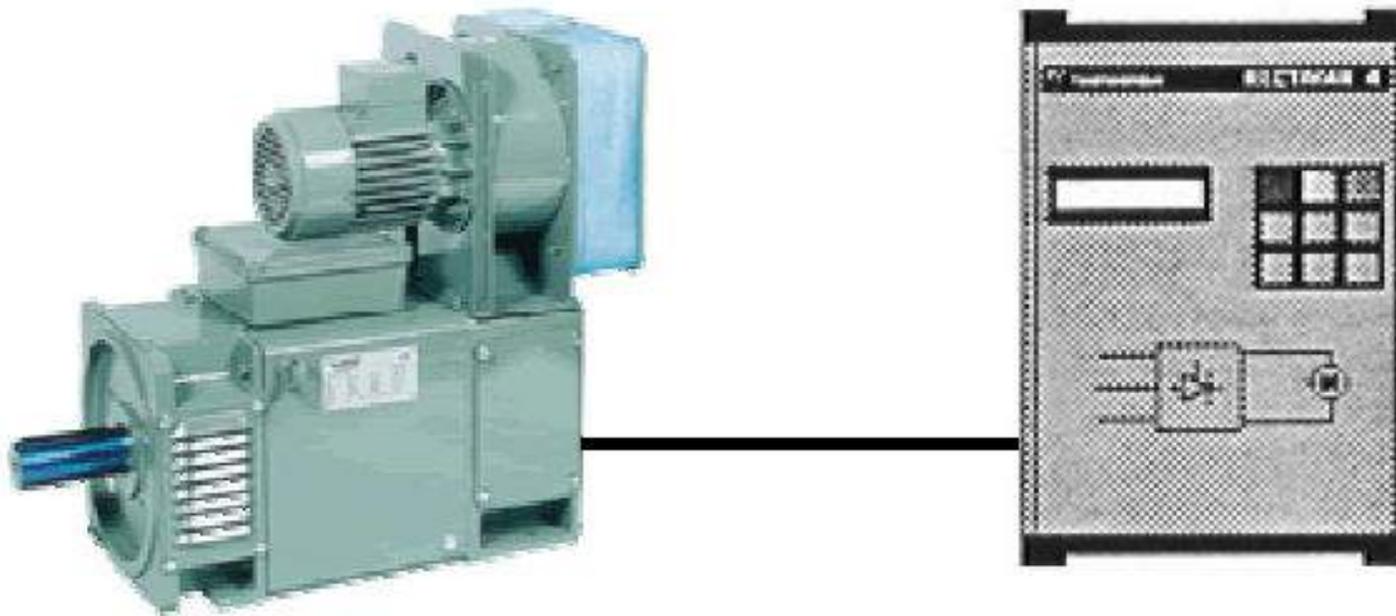
- Tipos de accionamientos eléctricos:
 - **Motor de corriente continua**
 - **Motor de corriente alterna (asíncrono, jaula de ardilla)**
 - **Motor de corriente alterna (rotor bobinado)**
 - **Motor paso a paso**
 - **Servomotores**
 - **Servomotor brushless DC**
 - **Servomotor brushless AC**



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor de corriente continua





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor de corriente continua. Características:

- Desde potencias fraccionarias hasta el millar de KW
- En tareas de regulación de velocidad o par
- Regula desde cero rpm a velocidad nominal con muy buena precisión
- Regulación de par
- Con par a cero rpm



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor de corriente continua. Aplicaciones:

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

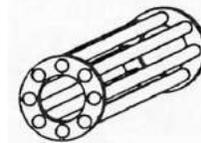
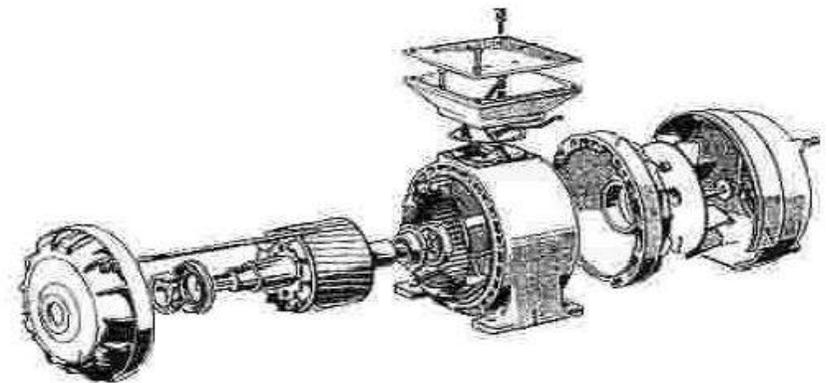
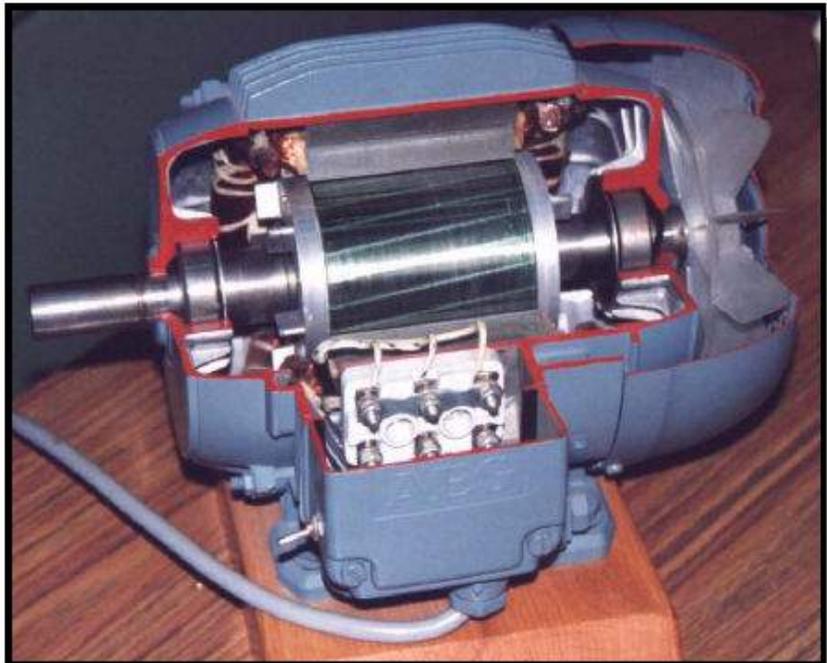




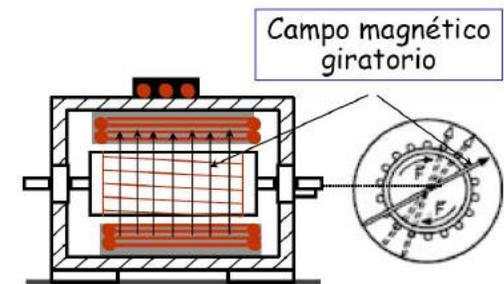
Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor de corriente alterna (asíncrono)



Rotor de jaula ardilla
(sin el paquete de chapas)





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor de corriente alterna (asíncrono). Características:

- 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

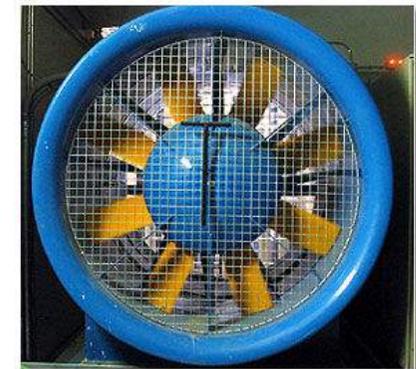


Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor de corriente alterna (asíncrono). Aplicaciones:

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

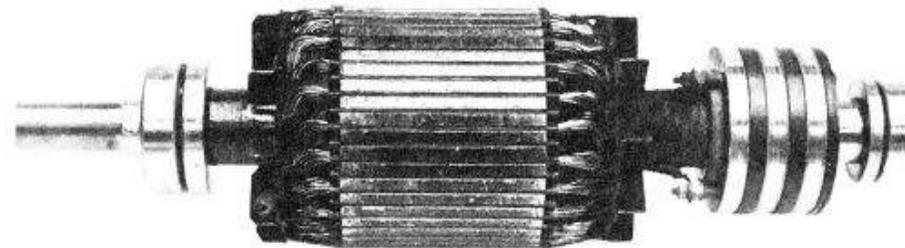
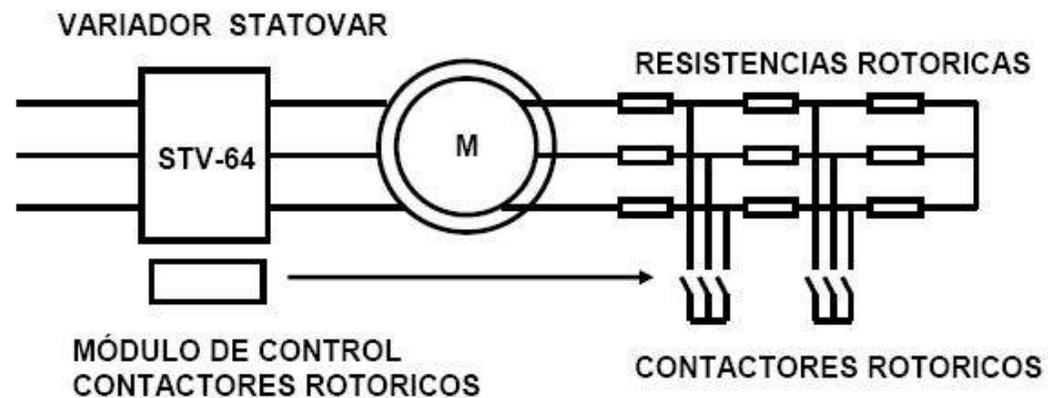
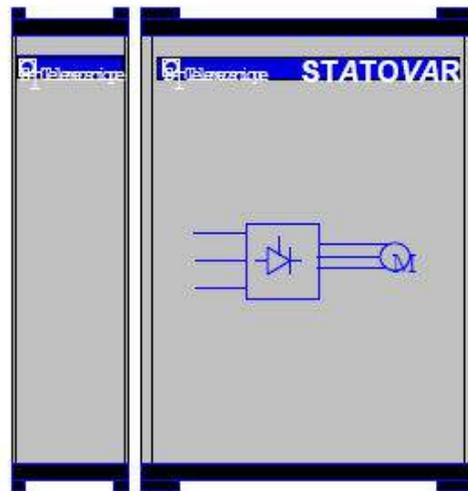




Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor de corriente alterna (rotor bobinado)

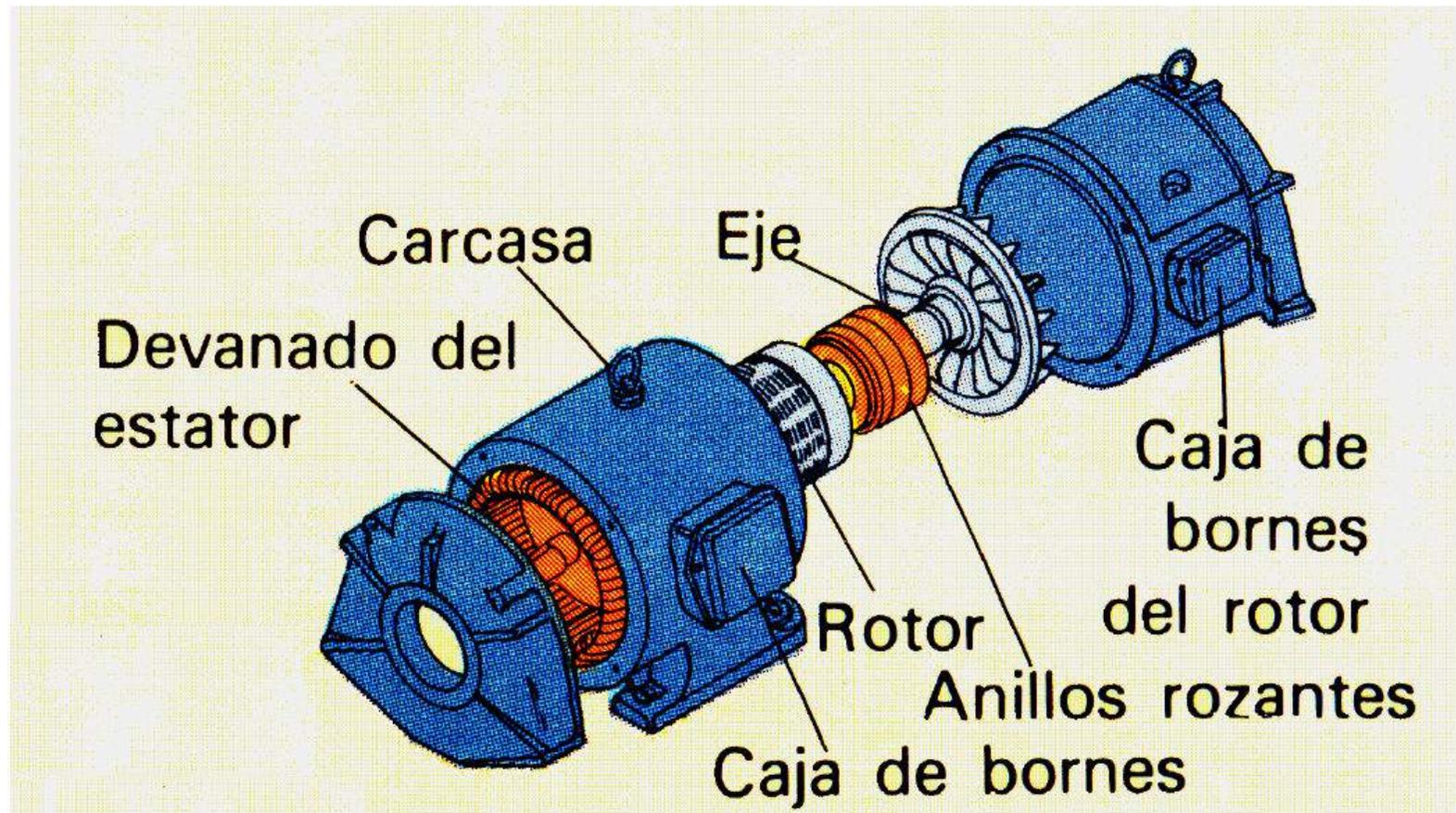




Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor de corriente alterna (rotor bobinado)





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor de corriente alterna (rotor bobinado). Características:

- Desde decenas a centenas de KW
- Como arrancador progresivo
- Regulador de velocidad por deslizamiento
- Prestaciones de regulación medias
- Maniobras de elevación





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor de corriente alterna (rotor bobinado). Aplicaciones:

- Arranque de motores de decenas y centenas KW.
Por medio del sistema de resistencias rotóricas permiten el arranque con puntas de corriente reducidas
La corriente es inferior a la necesaria para un motor con rotor de jaula con arrancador estrella - triángulo
- Regulación de maniobras de elevación con motores de decenas y centenas KW.
Permite sustituir sistemas de corriente continua



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor paso a paso





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor paso a paso. Características:

- Potencias pequeñas
- Velocidades bajas
- Posicionamientos con precisión

Número de pasos físicos: 200/ 400/ 500/ 1000

Número de pasos : 2000/ 4000/ 5000/ 10000

Angulo por paso según tipo de paso: 1.8°/ 0.9°/ 0.72°/ 0.36°

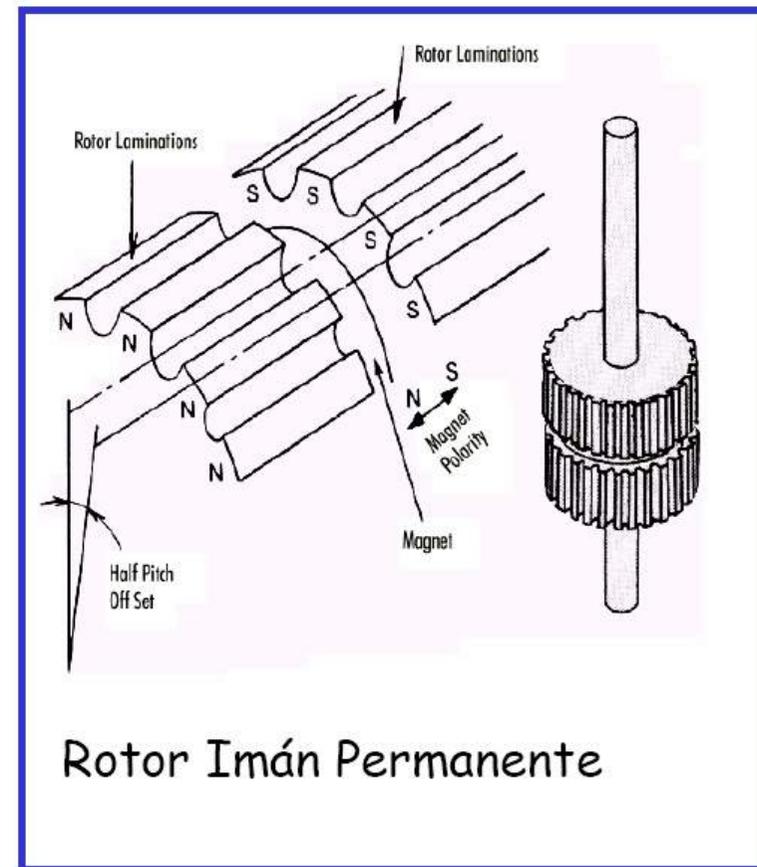
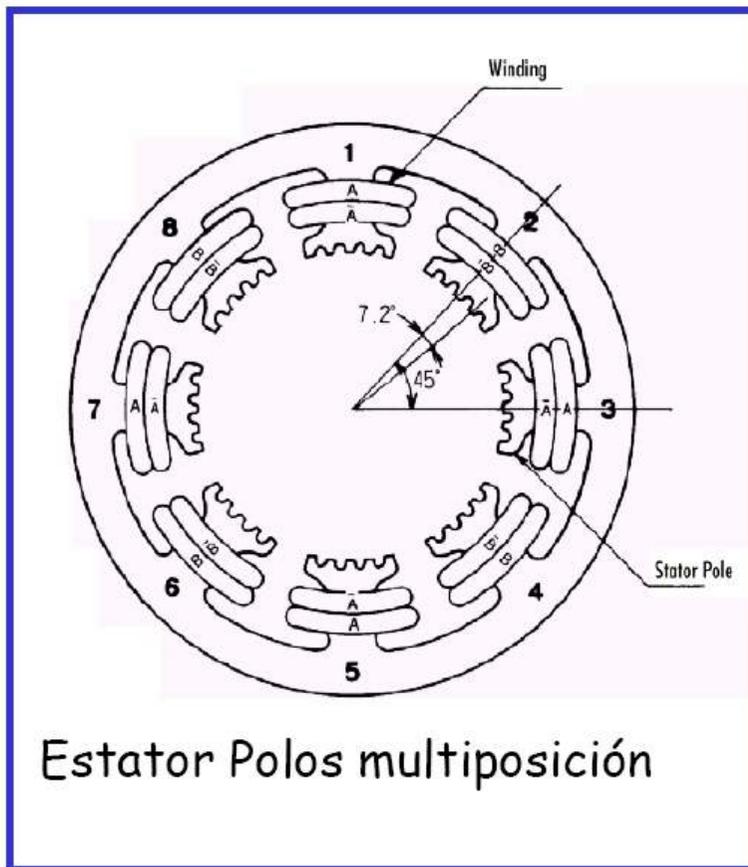
Angulo en micropaso : 0.18°/ 0.09°/ 0.072°/ 0.036°



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor paso a paso. Funcionamiento:

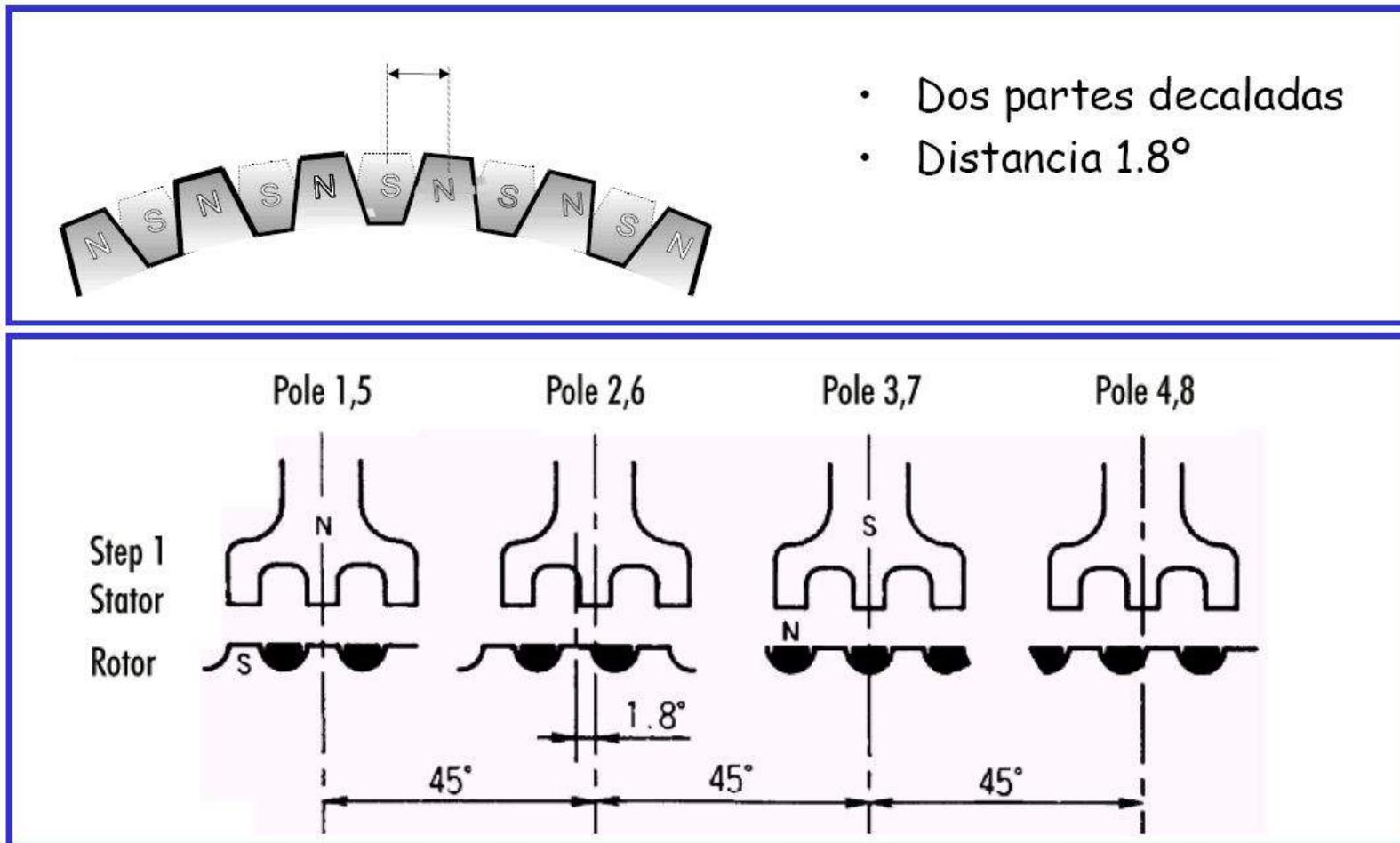




Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor paso a paso. Funcionamiento:



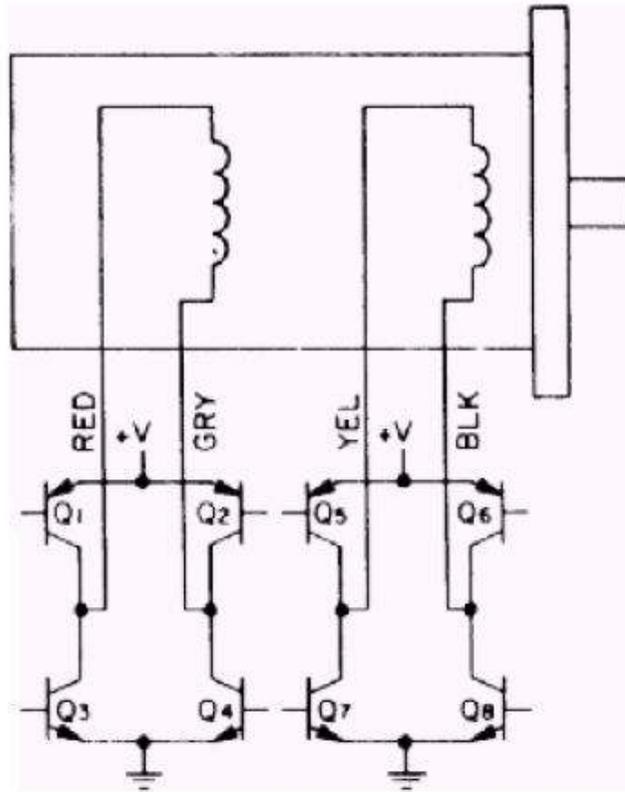


Sensores y Actuadores Industriales.

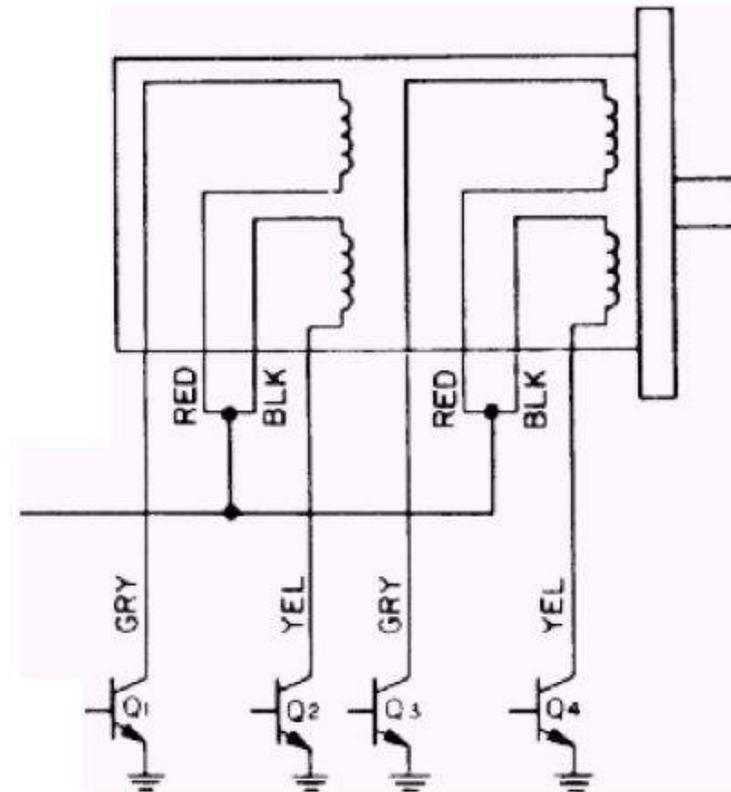
Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor paso a paso. Funcionamiento:

- Tecnología Bipolar



- Unipolar





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor paso a paso. Funcionamiento:

- Tres formas de trabajo básicas
 - Paso completo 2 Fases conectadas a la vez
 - Medio paso Secuencias de 1 fase y dos fases
 - Micropaso Conmutación continua



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Motor paso a paso. Aplicaciones:

- Posicionamientos precisos en
 - Industria Textil
 - Máquinas de Envase - Embalaje
 - Equipos médicos





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Servomotor





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Servomotor. Características:

- Motor sincrónico con rotor de imanes permanentes
- Potencias pequeñas con pares de hasta 70 Nm.
- 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



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Servomotor. Características:

- Gran precisión de posicionado
- Estabilidad de velocidad
- Alta estabilidad de par
- Repetitividad del movimiento
- Elevada respuesta dinámica



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Servomotor. Características:

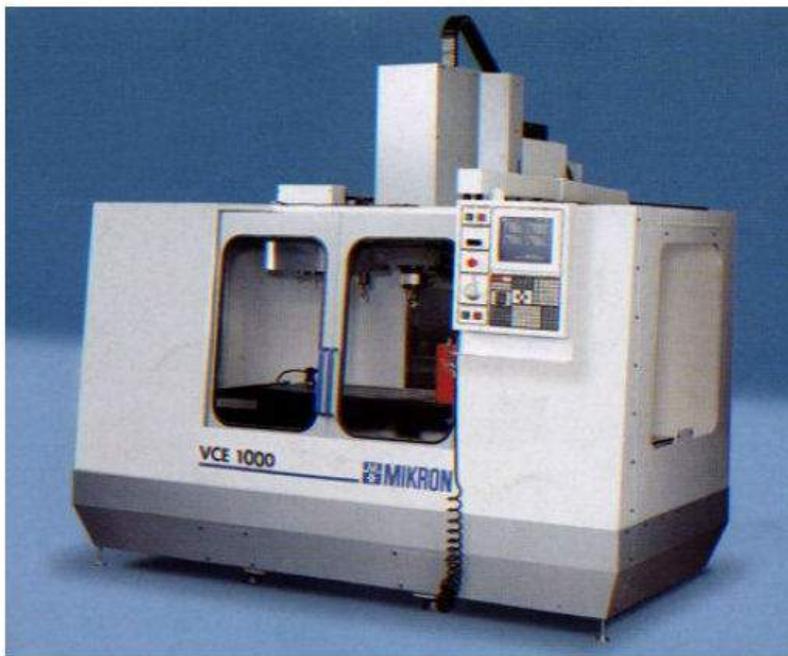
- Los primeros servos utilizaban motores de corriente continua de baja inercia.
- Pero el uso de escobillas reducía su fiabilidad, pronto se paso a los motores sincronizo de imanes permanentes
- Existen principalmente **dos tipos de drives** para motores síncronos de imanes permanentes, diferenciados 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**



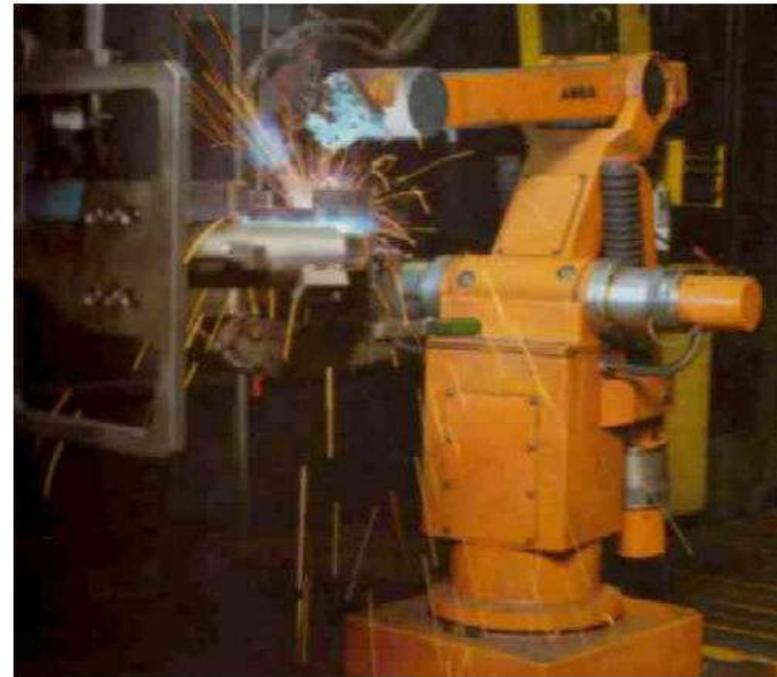
Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Servomotor. Aplicaciones:



Máquina Herramienta



Robótica



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Servomotor. Brushless DC / AC:

- 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)
- Como veremos más adelante, los Brushless DC producen un rizado de par mayor los brushless AC, pero la electrónica de control es más sencilla y son por ello más baratos

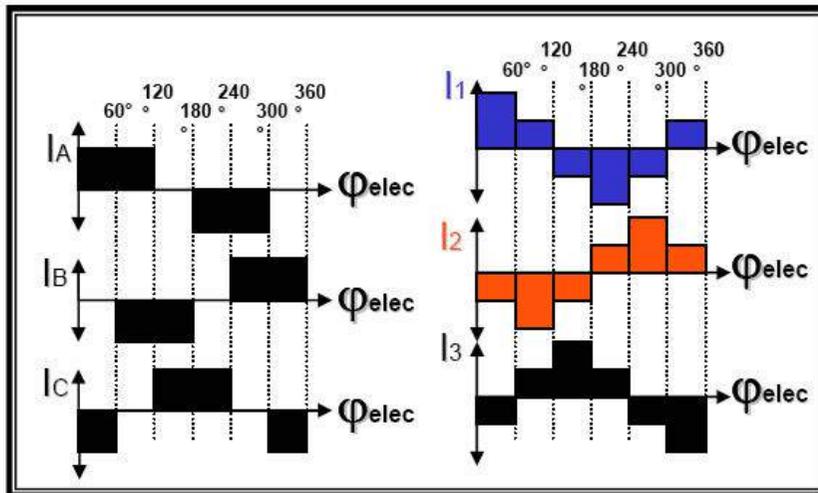


Sensores y Actuadores Industriales.

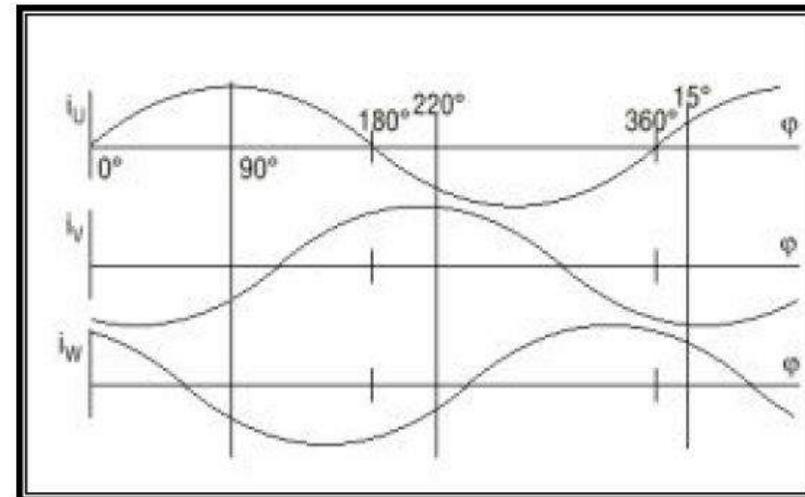
Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Servomotor. Conmutación Brushless DC / AC:

Conmutación Brushless DC



Conmutación Brushless AC





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Servomotor. Características Brushless DC / AC:

- Como todos los motores síncronos, el par suministrado por el motor depende de la fuerza magnética de los imanes permanentes (F_r), de fuerza magnética de los bobinados del estator y del seno del ángulo que existe entre estas dos fuerzas:

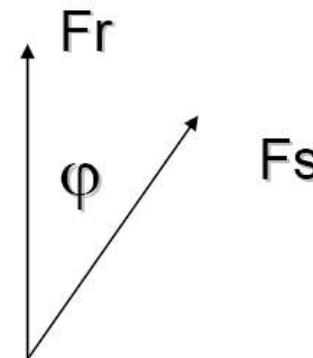
$$T \cong F_r * F_s * \sin(\varphi)$$

$\varphi(i, T)$: depende de la carga

Par y corriente del estator

$F_s(i)$: depende de la corriente del estator

F_r : constante





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Servomotor. Características Brushless DC / AC:

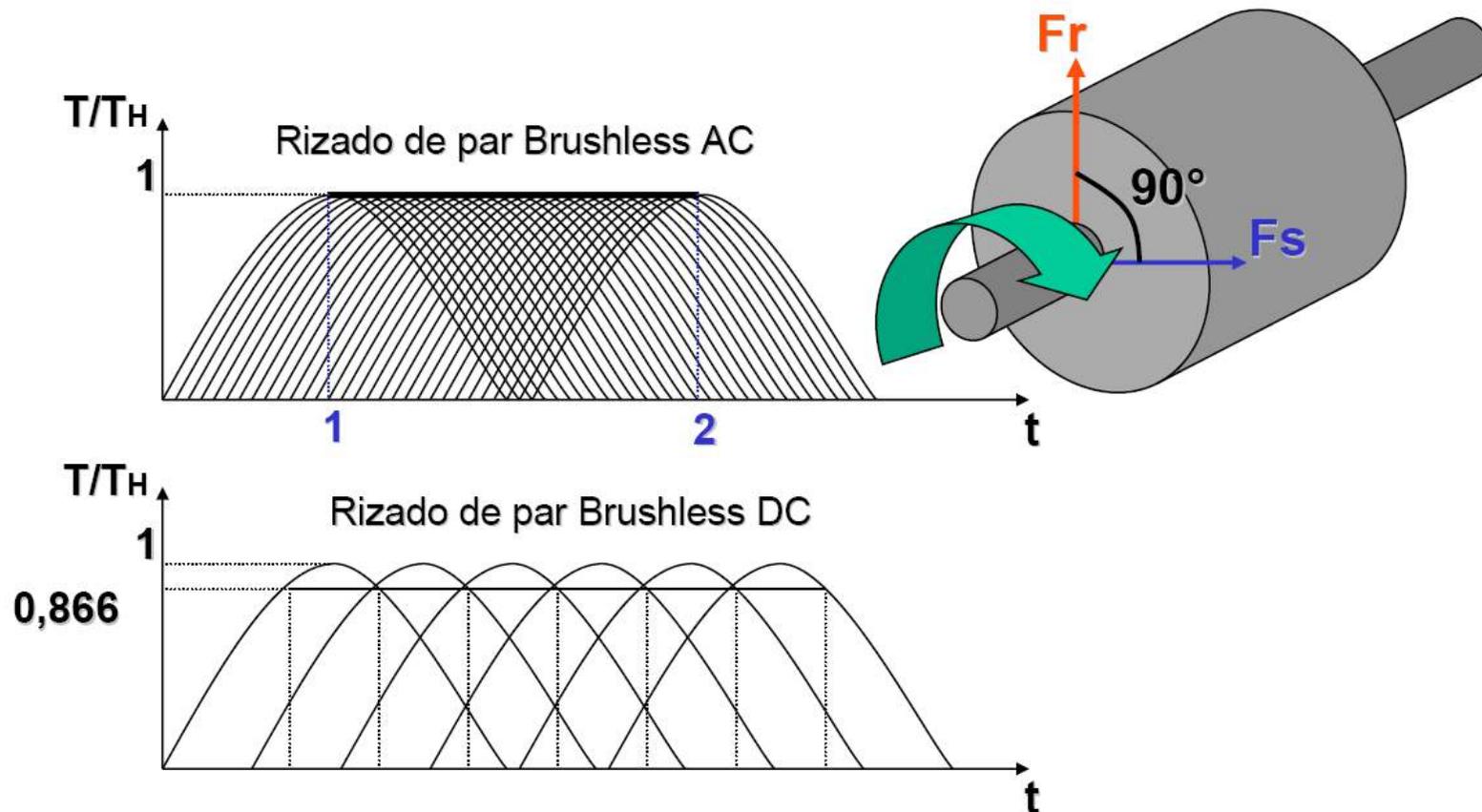
- El máximo par y la máxima eficacia se da cuando el ángulo φ es de 90° grados eléctricos a corriente constante
- Como los drives Brushless DC sólo tienen 6 posibles posiciones de conmutación por una revolución eléctrica NO ES POSIBLE que el ángulo sea de 90° en todo momento. En cambio el brushless AC al tener más posiciones de conmutación puede controlar la conmutación siempre alrededor de 90°
- Consecuencia: Rizado de par en los motores Brushless DC, crítico a bajas revoluciones



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Servomotor. Características Brushless DC / AC:





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Actuadores eléctricos en la fábrica de ayer

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



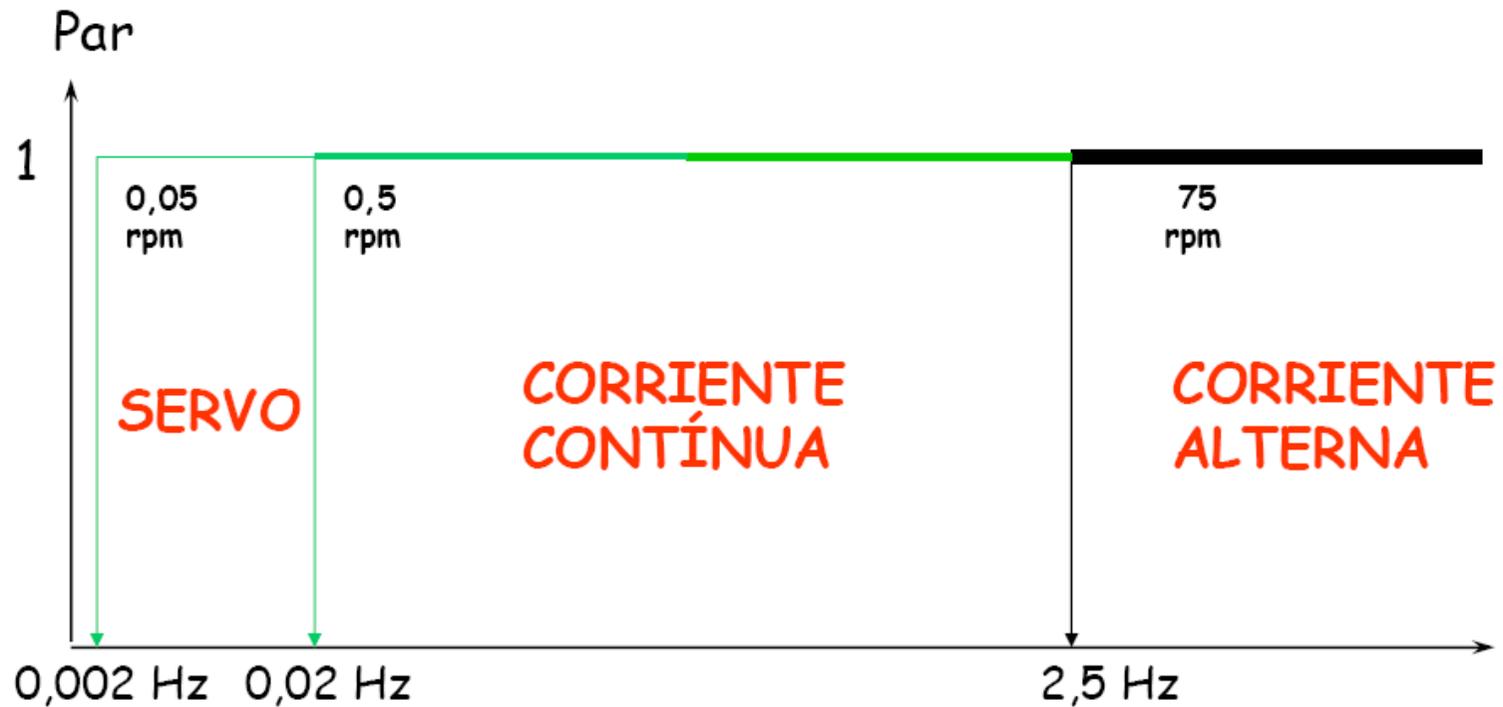
Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Actuadores eléctricos en la fábrica de ayer

En la fábrica de ayer

Par / Velocidad





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Análisis comparativo: costes

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 |



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Análisis comparativo: dinámica

Comparación CC - CA - Servos

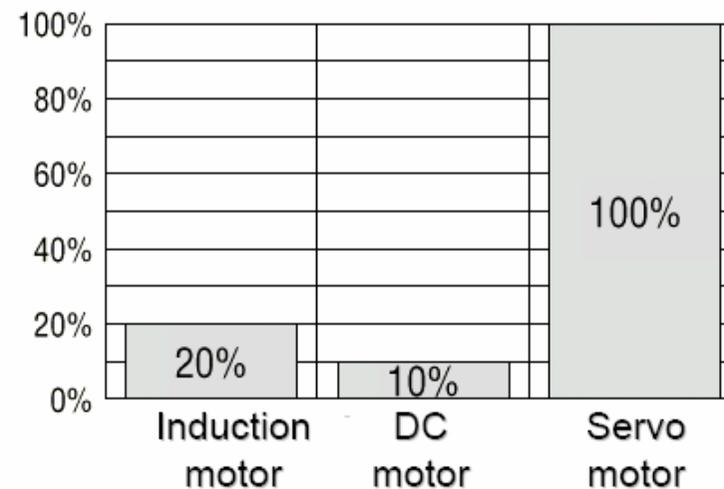
Dinámica

Dynamic performance

El servomotor es :

10 veces mas dinámico que
el motor de C.C. y

5 veces mas que el de
inducción.





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Análisis comparativo: conclusiones

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.



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Análisis comparativo: conclusiones

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



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Situación actual en la industria

| | Asíncrono | Rotor Bobin. | Servo | Paso a Paso | Continua |
|--|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------|
| Coste del motor | Bajo | Elevado | Elevado | Bajo | Elevado |
| Motor estanco | Estándar | Bajo demanda; caro | Estándar | Estándar | Posible, 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 |



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Situación actual en la industria

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





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Situación actual en la industria

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
- Motores de pequeña potencia con drive integrad



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Situación futura en la industria

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



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Eléctricos

Situación futura en la industria

En la fábrica del futuro

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



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Neumáticos

- Componentes básicos de un sistema neumático:
 - **Compresores y depósitos de aire**
 - **Sistemas de preparación del aire comprimido**
 - **Actuadores neumáticos**
 - **Válvulas neumáticas**
 - **Otros elementos y accesorios ...**



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Neumáticos

Compresores neumáticos industriales



Tornillo
rotativo



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Neumáticos

Preparación del aire comprimido

- Filtros, reguladores, lubricadores, purgas de condensado, secadores, válvulas de arranque progresivo y descarga, ...



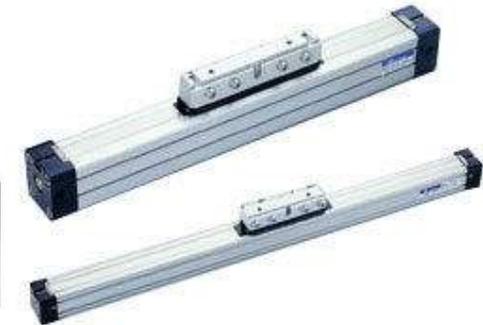
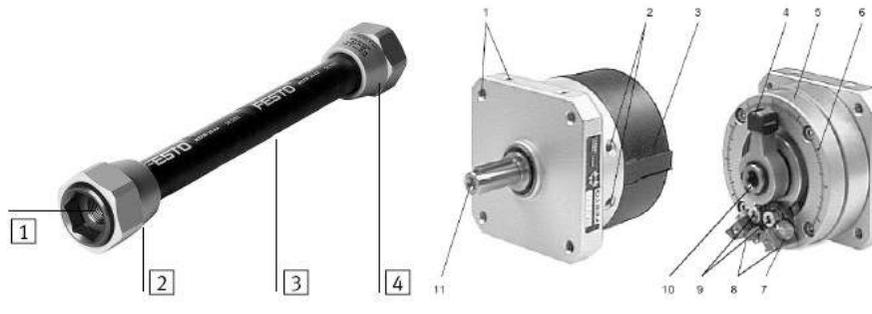
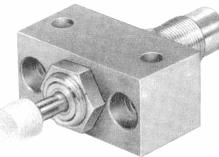
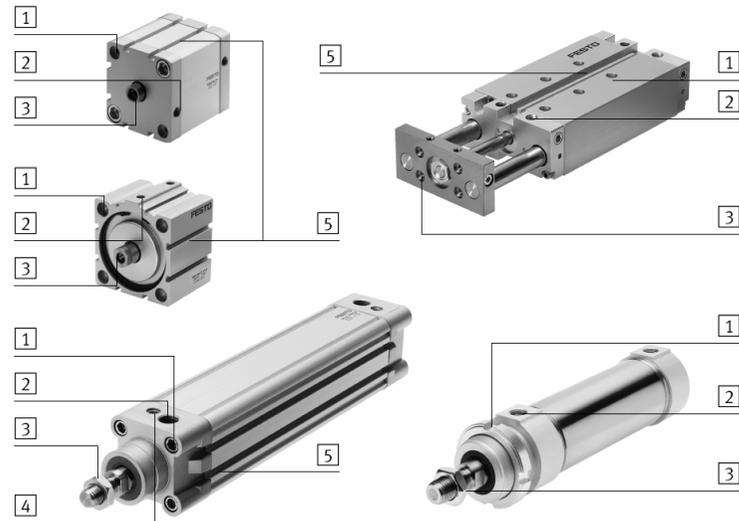


Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Neumáticos

Actuadores neumáticos

- Cilindros con vástago
- Cilindros sin vástago
- Cilindros con guía lineal
- Cilindros con medición de recorrido
- Amortiguadores
- Giratorios
- Con membrana (músculo)
- Elementos de manipulación (pinzas, ventosas)



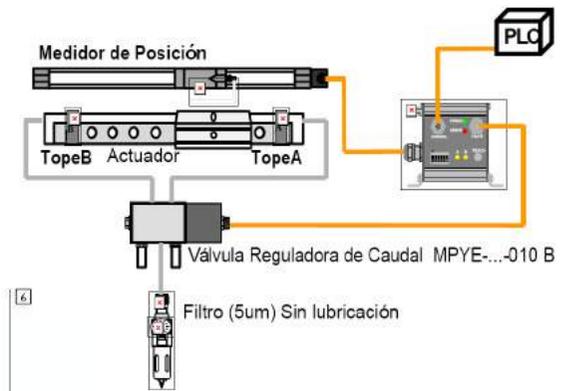


Sensores y Actuadores Industriales.

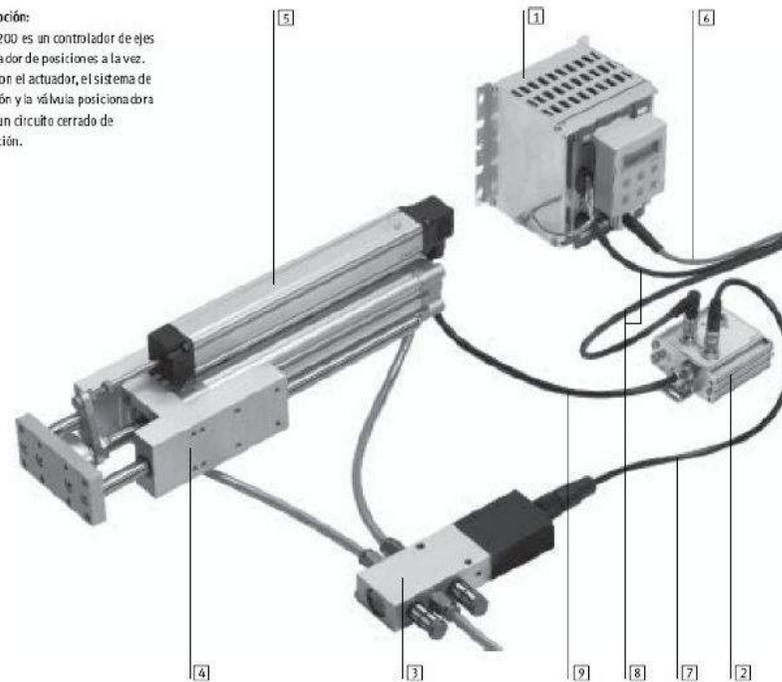
Actuadores Industriales. Actuadores Neumáticos

Actuadores neumáticos: neumática proporcional

➤ Servoneumática



Descripción:
El SPC200 es un controlador de ejes y regulador de posiciones a la vez. Junto con el actuador, el sistema de medición y la válvula posicionadora forma un circuito cerrado de regulación.



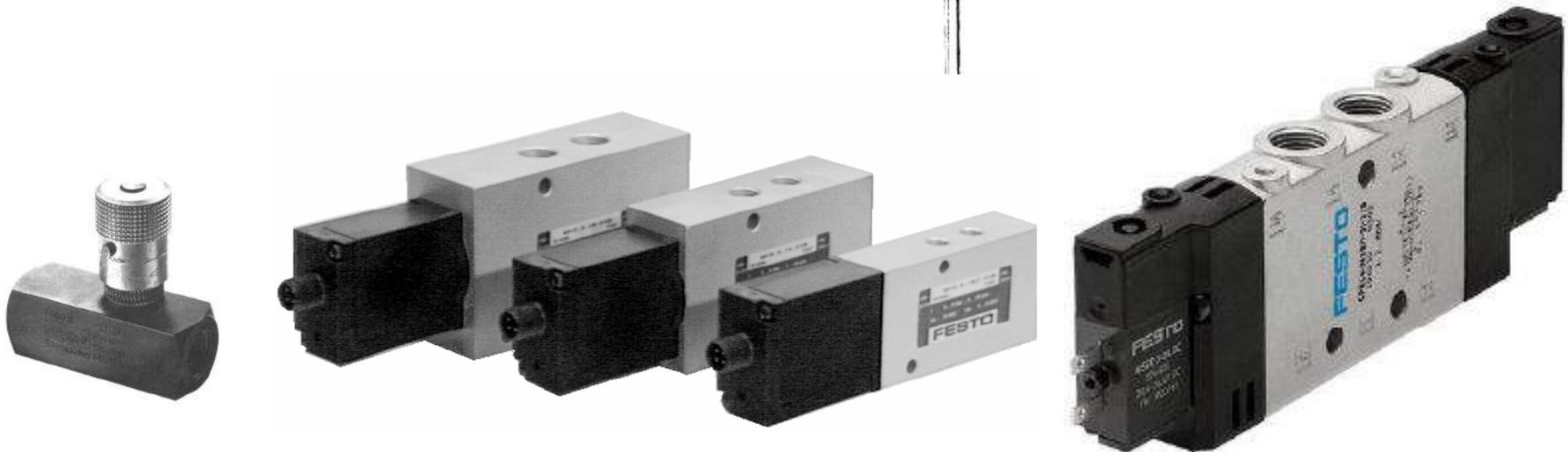
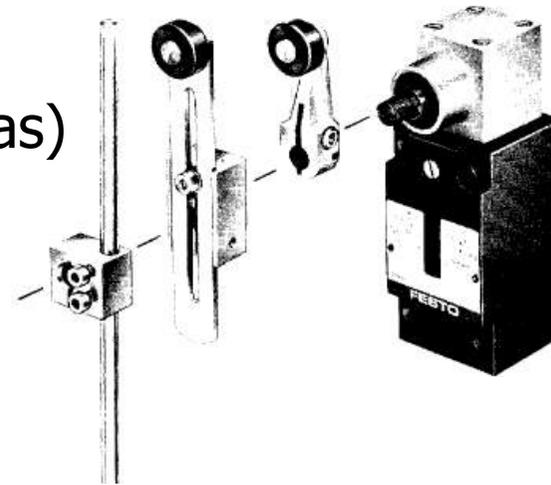


Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Neumáticos

Válvulas neumáticas

- Válvulas mecánicas
- Válvulas eléctricas (electroválvulas)
- Válvulas proporcionales
- Reguladores de caudal





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Hidráulicos

- Componentes básicos de un sistema hidráulico:
 - **Bombas hidráulicas**
 - **Acumuladores**
 - **Actuadores hidráulicos**
 - **Válvulas hidráulicas**
 - **Otros elementos y accesorios ...**



Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Hidráulicos

Bombas hidráulicas





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Hidráulicos

Acumuladores





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Hidráulicos

Actuadores hidráulicos

- Cilindros hidráulicos
- Motores hidráulicos





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Hidráulicos

Válvulas hidráulicas

- Válvulas todo-nada
- Válvulas proporcionales (dirección, presión y flujo)
- Servoválvulas





Sensores y Actuadores Industriales.

Actuadores Industriales. Actuadores Hidráulicos

Sistemas electrohidráulicos. Control en bucle cerrado:

Electrónica y sistemas electrohidráulicos

Amplificador



Preparación de valores nominales, sensores y emisor de señales



Electrónica-accesorios



Sistema eléctrico-hidráulico

