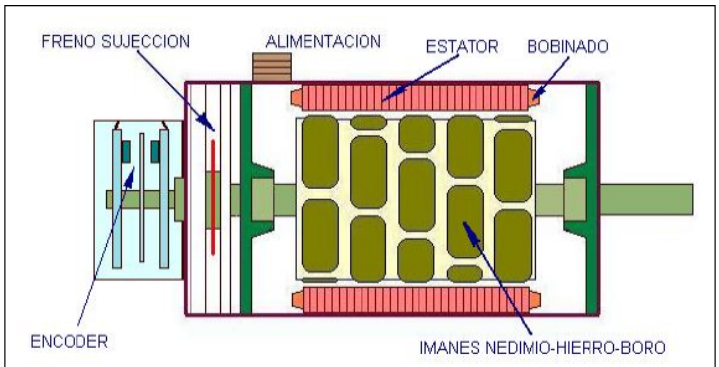
# SERVO BRUSHLESS Y SUS COMPONENTES BASICOS

Los servomotores más utilizados en la industria actualmente, son los motores de corriente alterna sin escobillas tipo Brushless. Básicamente están formados por un estator segmentado en el que el espacio rellenado de cobre es casi el doble que en los motores tradicionales, esto permite desarrollar una mayor potencia con un menor volumen.
Para compensar la mayor cantidad de hilo en las ranuras y su mayor generación de calor, el espacio libre del bobinado se rellena con resina conductora de calor.
El rotor incorpora una serie de imanes permanentes construidos con Neodimio, Samario y Cobalto que proporcionan mayor densidad de flujo, para mejor rendimiento y obtención de mejor par en menor tamaño.

El Servomotor representado es aparentemente muy sencillo y se parece mucho a un motor de inducción de rotor en cortocircuito (o rotor de jaula de ardilla), su principio básico de funcionamiento, en cuanto a su naturaleza (girar aprovechando el desfase natural de 120º, generando campos magnéticos giratorios es muy similar al funcionamiento del motor convencional.



*Constitución básica de un motor Brushless*

## *Algo de historia del servo Brushless*

La palabra “servo” significa realimentación.

La palabra Brushless significa servomotor de AC sin escobillas.

El servomotor existente actualmente (tal y como lo conocemos), solo ha sido posible gracias a la enorme evolución tecnológica surgida en los últimos 30 años en las siguientes aéreas del conocimiento:

1. Materiales magnéticos especiales: la investigación de las llamadas tierras raras (de la tabla periódica de elementos) y de las sorprendentes características magnéticas de las mismas.
2. Taco dinamos digitales: las investigaciones de los llamados resolvers y encoders (elementos ópticos que miden la velocidad y posición de forma digital).
3. Lazos de realimentación (servosistemas): Las investigaciones, desarrollos matemáticos, de ingeniería electrónica y física que han permitido mejorar la respuesta, velocidad, exactitud y efectividad de estos lazos de realimentación.

Un Servo Brushless es un motor MUY ESPECIAL en cuanto a:

1. Su altísima precisión en el posicionamiento.
2. Su altísima precisión en velocidad.
3. Su altísimo par de arranque.
4. Su altísima dinámica de regulación.
5. Su elevada robustez (grado de protección IP66).
6. Su alta temperatura en funcionamiento continuo
7. Su larga vida útil.

A continuación explicaremos un poco del sistema de regulación y control, y sus características más especiales.

# SERVO BRUSHLESS EL REGULADOR DE POSICION Y VELOCIDAD

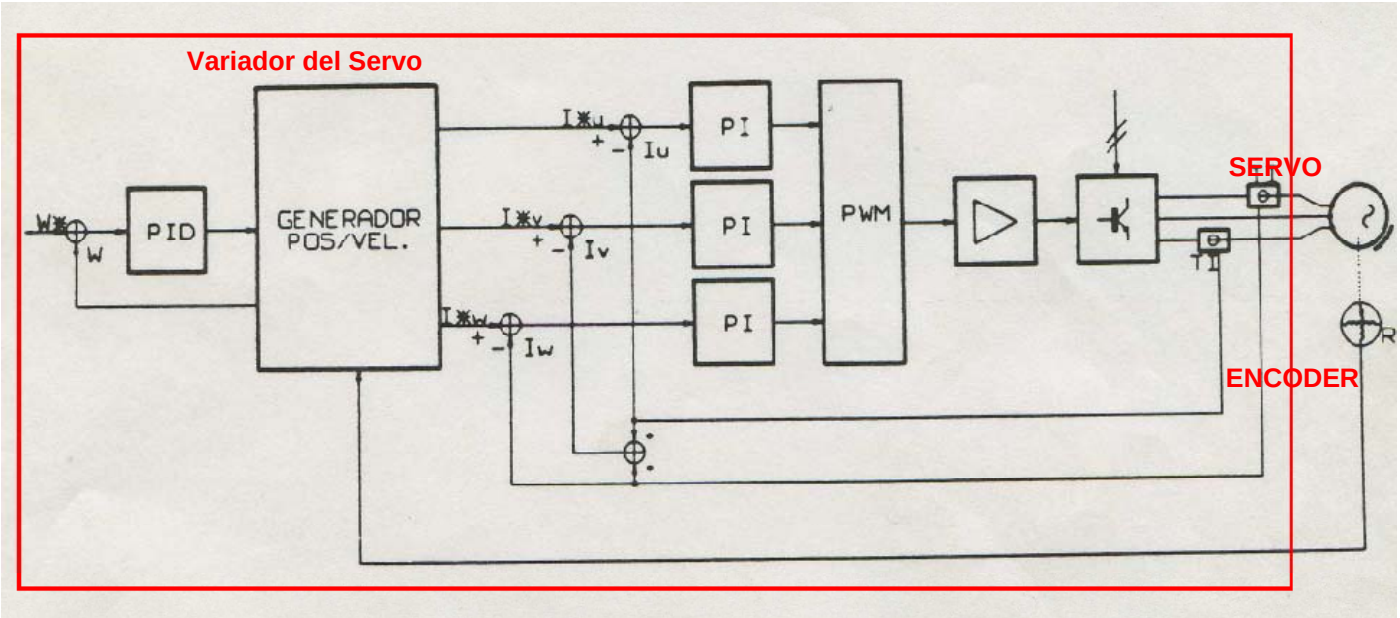
- **Control senoidal:**

Es el método que proporciona mejores prestaciones al sistema de regulación aunque también es considerablemente el más complejo.

En este método, se tiene un conocimiento preciso de la posición absoluta del rotor del motor de modo que, en función de esa posición, se puede ejercer un control continuo de la forma de onda de tensión o corriente aplicados a la maquina.

De igual modo a como se hace en los motores de C.C. y dad la analogía que con ellos existe en el control de motores DC-Brushless, el tipo de control ejercido es por corriente, imponiendo el valor y forma senoidal de esta a la maquina.

En la figura se muestra el sistema de regulación en donde se pueden apreciar las partes constituyentes del mismo.




Alrededor de este esquema de regulación existen diversas variantes que están basadas en la elección del tipo de transductor de posición que, en cualquier caso, debe proporcionar una medida de la posición absoluta del rotor.

Como transductor de posición suelen utilizarse tres tipos:

1. Encoder incremental
2. Encoder Absoluto
3. Resolver.

Los dos primeros son dispositivos ópticos que incluyen electrónica, el tercero es un dispositivo electromecánico.

El vector de flujo magnético aplicado a los servos Brushless (los servomotores de CA) precisa para su total definición formal de conocer medir y cuantificar los siguientes valores físicos, intrínsecos a la naturaleza del vector:

- Modulo: Valor numérico de intensidad del vector flujo magnético.
  Método de medición en los servomotores: Se mide la intensidad en las tres fases con transformadores especiales.
- Dirección: Dirección del campo magnético del vector flujo magnético.
  Método de detección en los servomotores: con el encoder asociado al servo Brushless.
- Sentido: Sentido del campo magnético del vector flujo magnético en los servomotores.
  Método de detección en los servomotores: con el encoder asociado al servo Brushless.

Queda así pues, perfectamente definido el vector flujo magnético.

Además de esto, el encoder que va montado en el servo Brushless (taco dinamo digital), también nos entrega una señal digital de altísima precisión. Por cada vuelta o revolución del servo Brushless el encoder nos dará entre 1024 ppr (pulsos por revolución) y 4096 ppr (pulsos por revolución).

Toda esta información es suministrada por el encoder al controlador del servo Brushless en tiempo real y leída también en tiempo real por el controlador o variador de velocidad.

Las órdenes de los valores teóricos de funcionamiento del servo Brushless le son entregadas al mismo a través de su controlador conectado (variador de velocidad). Estas órdenes se refieren básicamente a:

1. Posicionarse en una cota determinada con el mínimo error posible (menor a la decima de milímetro).
2. Marchar a una velocidad determinada con el mínimo de error posible (menor al 1%).

Estas órdenes teóricas y requeridas para nuestra dinámica de regulación del posicionado y de velocidad son comparadas (Continuamente y en tiempo real), con la posición real y la velocidad real que nos da el encoder, en el controlador (variador de velocidad).

A través de los lazos de regulación cerrados entre el servo Brushless y su controlador:

- Lazo de regulación proporcional.
- Lazo de regulación integral.
- Lazo de regulación diferencial (o derivativo).

En la abreviatura (lazo PID), el controlador genera las señales de error correspondientes comparando la posición y la velocidad requeridas con la posición y velocidad real existente (en todo momento y en tiempo real).

El controlador del servo Brushless (Variador de velocidad) es un elemento de extremada precisión, resolución y rapidez operativa, que incorpora ya en sus últimas versiones los sistemas de amortiguamiento críticos necesarios para alcanzar con total precisión y seguridad de amortiguamiento crítico necesario. Los sistemas electrónicos que incorporan lazos de regulación PID, eran sistemas muy nerviosos e inestables, por la elevada velocidad del posicionamiento que se les exigía, median comparaban y procesaban la información y basándose en estos datos corregían la dinámica de regulación. Los tiempos de respuesta exigidos a estos sistemas son de milisegundos.

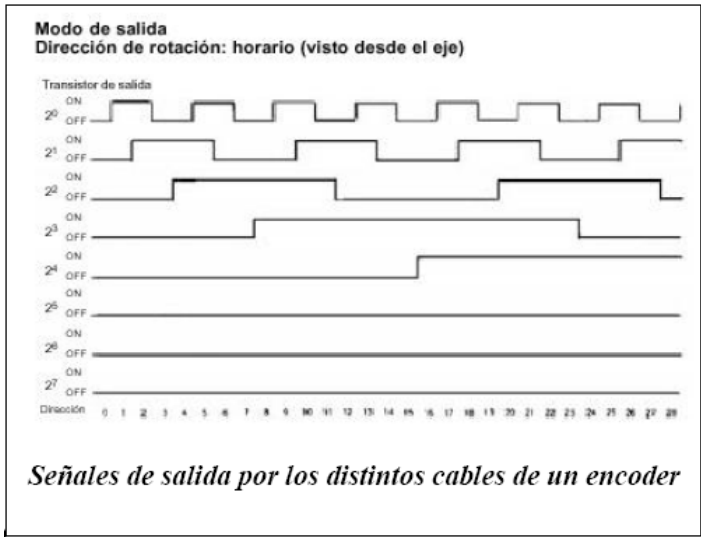
Actualmente los servo Brushless de nuestra representada **Emerson – Control Techniques**, disponen del autoajuste automático autotunning y no es necesario ajustar con el osciloscopio el amortiguamiento del lazo de regulación PID como se hacía antiguamente.

## SERVO BRUSHLESS EL CAPTADOR DE VELOCIDAD Y POSICION (ENCODER)

En el interior del servomotor se incluye un elemento para el control del mismo, es un captor angular de posición que suele ser un resolver o bien, el aparato más utilizado en la actualidad, el encoder. Puede ser incremental o absoluto. El incremental no distingue el sentido de giro, el absoluto si (en un sentido incrementa el valor, en el otro decrementa).

*Fotografía de un encoder incremental -- Detalle de la lámina perforada*

El encoder está formado por un circuito electrónico en el que un diodo láser emite un haz de luz el cual es interrumpido por las ranuras de una lámina metálica, dando lugar a una señal intermitente (cuenta el número de ranuras). Dentro de un mismo encoder puede haber varios diodos láser que dan lugar a combinaciones de 0/1 (se puede utilizar código binario, gray) y que proporcionan una mayor sensibilidad (se superan los 2000 pulsos por revolución). Cada señal, mediante el cable conector correspondiente, llega al elemento de control (variador) para su procesamiento.




*Señales de salida por los distintos cables de un encoder*

# SERVO BRUSHLESS RESUMEN Y GENERALIDADES

El tiempo de posicionamiento se reduce gracias a la reducción de la inercia del rotor lo que permite alcanzar altas velocidades en tiempos reducidos y por otra parte, la posibilidad de hacer girar un motor con una velocidad nominal de 3000 rpm, 6000 rpm, etc.

Las características principales de este tipo de motores son:

- Prestaciones y par elevado (Tpeak>3,5Tnom) imanes permanentes de fuerza ente 6 y 10 veces superior a los materiales magnéticos tradicionales.
- Fiabilidad de funcionamiento
- Bajo mantenimiento
- Gran exactitud en el control de velocidad y posición por la realimentación de encoder de 1024 a 4096 ppr
- Gran exactitud (ERROR<0,1º o 0,01mm)
- Capacidad de velocidades muy altas
- Pérdidas en el rotor muy bajas en régimen permanente y a baja velocidad.
- Rotor con poca inercia y altísima dinámica de regulación
- Construcción cerrada, útil para trabajar en ambientes sucios, grado IP66, muy alta robustez
- Alta temperatura de trabajo en régimen continuo (>120ºC)
- Imanes permanentes de tierras raras (Neodimio Samario Cobalto)
- Conectores de fuerza y encoder IP66 (militares)

Las principales ventajas del motor Brushless vienen dadas por las posibilidades que ofrece de controlar su velocidad y posicionamiento, incluyendo unas respuestas muy rápidas a las señales de arranque, paro y variaciones sobre la marcha, (ciclos intermitentes muy rápidos, muy baja velocidad mantenida en régimen continuo, etc.).

La posibilidad de construcción de servomotores de distintas formas (compactos, planos, rotor hueco, etc.) permite la adaptación de los mismos a diversas aplicaciones industriales.

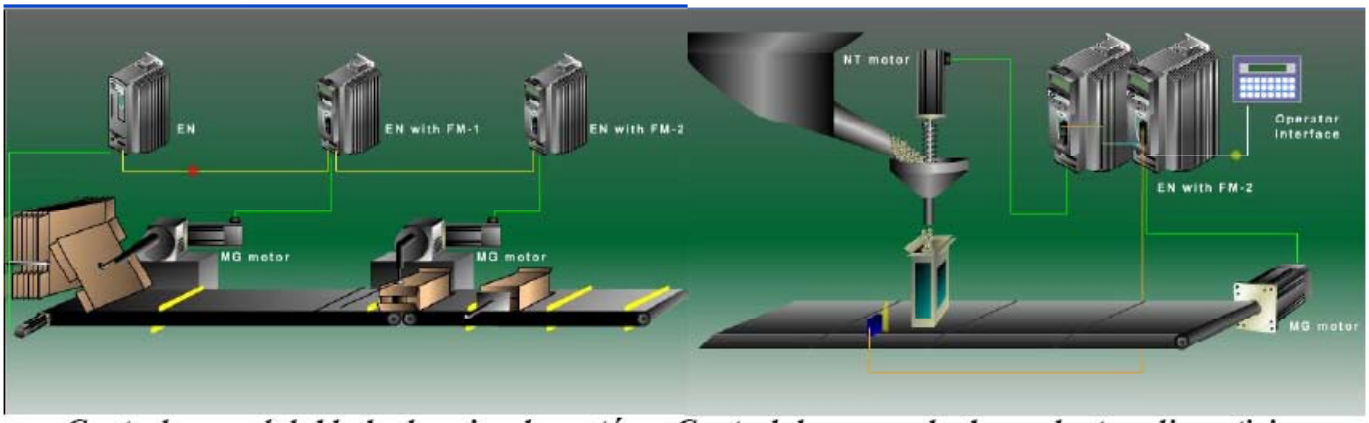
Los servomotores de estructura compacta, incorporan dentro de la misma un encoder absoluto el cual suministra información del estado del proceso al controlador.

Los que trabajan en posición vertical, incorporan un freno mecánico el cual bloquea el eje en caso de falta de tensión para así evitar posibles caídas de piezas en caso de avería.

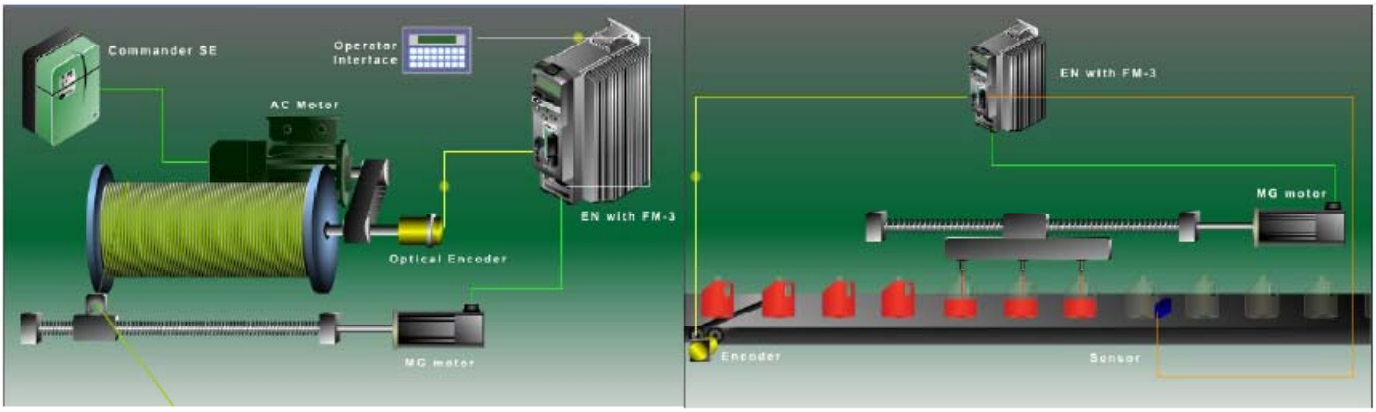
*Servomotor compacto -- Servomotor con encoder incorporado -- Servomotor extraplano*

Ing. Antonio López Sánchez.
Quimel - Colombia
INGENIEROS DE CONTROL DE MOVIMIENTO
Ingeniero de sistemas.

# APLICACIONES




*Control para el doblado de cajas de cartón – Control de envasado de productos alimenticios*




*Servo para el bobinado de carretes de hilo – servo para llenado de garrafas de anticongelante*

Y más……mucho más.

Las ciencias puras (Física y Química) y la ingeniería, trabajaron muchos años para analizar, estudiar, sintetizar y obtener:

- Tierras raras de altísimo poder de campo magnético ( constitutivas de estos servos)
- Captadores de posición y velocidad muy precisos y rápidos (encoder).
- Algoritmos, modelos matemáticos y lazos de realimentación estables, precisos y rápidos (variador del servo)
- Mecánica (eje, rodamientos, conectores y ajustes) de muy alta precisión.

¿Por qué? Pues porque muchos sectores industriales los necesitaban y demandaban, de muy alta exigencia técnica.

- Los aviones utilizan estos servos en sus aviones.
- Los robots, todos utilizan estos servos.
- Las maquinas de mecanización, (CNC, fresas, etc.) utilizan estos servos.
- Muchas otras maquinas (de envase, embalaje, textiles, papel , plástico, vidrio, elevación, etc.) los demandan imperativamente.

## CURIOSIDADES DE LOS SERVOMOTORES

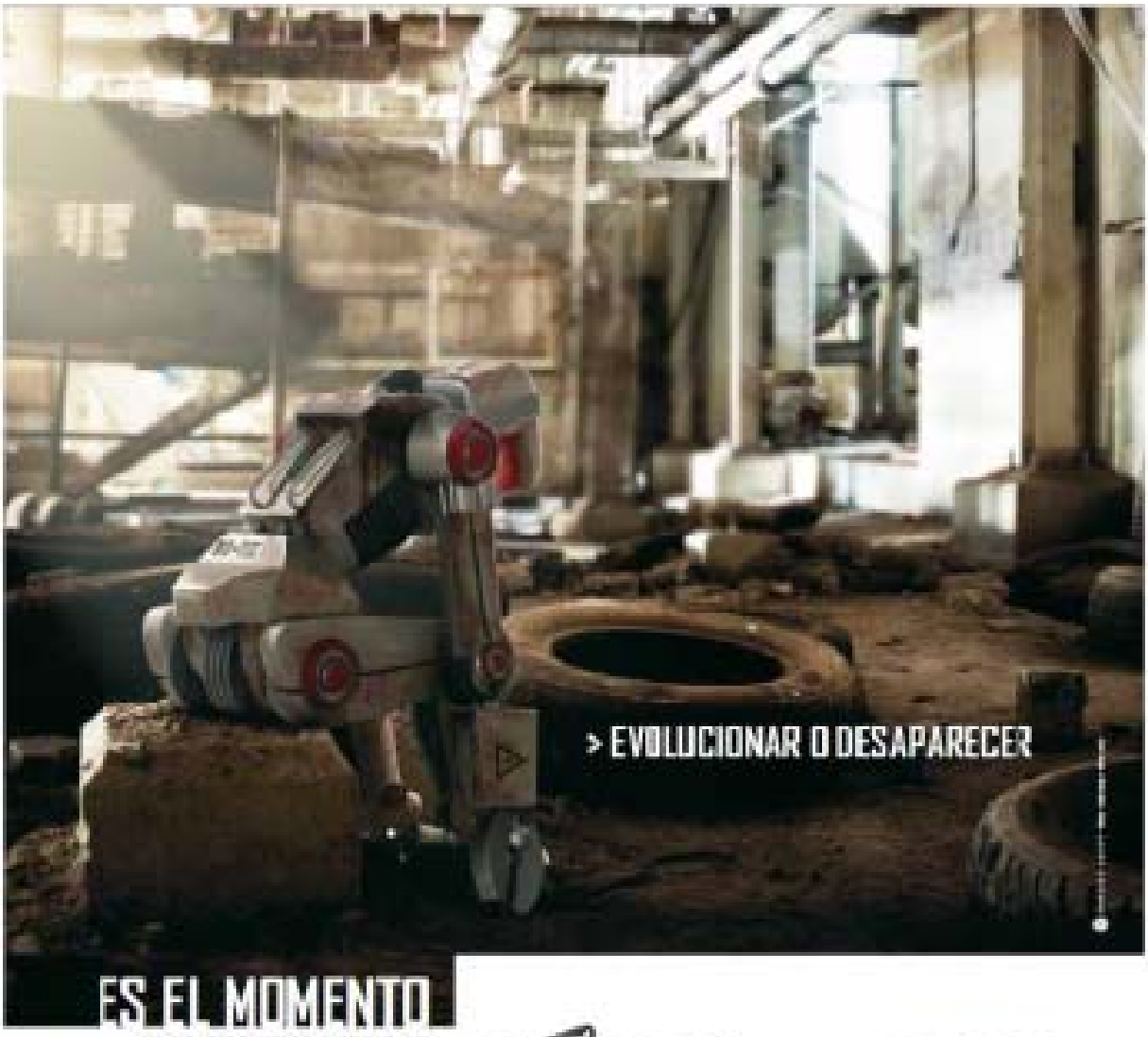
- Los servo Brushless, no llevan montado ventilador para su refrigeración como el motor de inducción estándar, no lo necesitan por su especial diseño y construcción.
- Los servo Brushless se nombran por par (en Newton por metro) y por revoluciones, y no se nombran como el motor de inducción por potencia (en caballos) y por revoluciones.

Formula formal $T = \frac{P*9,550}{n}$

Formula de oficio $T = \frac{P*10}{n}$

Donde T= par (Newton/Metro); P=Potencia (Kilowatios); n=Velocidad (RPM).

- Los servos Brushless se conectan a través de conectores muy especiales con grado de protección IP66 de uso militar.
- El servo Brushless solo se pueden autoajustar con el eje de accionamiento libre.
- El servo Brushless no es reparable en un taller de bobinados eléctricos normal por la precisión de calado del encoder requerida.
- China ostenta el monopolio de las tierras raras (Neodimio, Samario, Cobalto). Estas tierras raras tienen el poder magnético entre 3 y 10 veces superior a los imanes conocidos. U.S.A y U.E no las procesan apenas, a pesar de su enorme abundancia en la naturaleza.
- Los servos Brushless tienen una vida media entre 2 y 5 veces superior a los motores estándar de inducción.
- Al probar un servo Brushless en un banco y a eje libre, es preciso amarrarlo fuertemente. Su par de pico y su respuesta puede ser rápida y violenta.




ES EL MOMENTO
DE OPTIMIZAR
SU TECNOLOGÍA

EMERSON. Industrial Automation

CONTROL TECHNIQUES