

Consideraciones importantes para la correcta selección de un Variador de Frecuencia.



Agenda

1. Identificación de componentes y conceptos de sistemas electromecánicos.
2. Reconocer la información crítica en el motor de CA.
3. Reconocimiento del hardware y la operación del motor de CA.
4. Selección de un variador para aplicaciones básicas.
5. Matriz de Aplicaciones.

1.- Identificación de componentes y conceptos de sistemas electromecánicos.

Terminología del sistema electromecánico



Comprender los siguientes términos es fundamental para poder identificar los componentes y conceptos del sistema electromecánico:

Sistema Electromecánico: Máquina o serie de máquinas que convierten la energía eléctrica entrante en energía mecánica saliente.

Voltaje: La diferencia en el potencial eléctrico que hace que la corriente fluya en un circuito eléctrico. El voltaje a veces se conoce como "presión eléctrica" y se mide en voltios.

Corriente: La tasa de flujo de una carga eléctrica. La corriente se mide en amperios (amperios).

Resistencia: La oposición al flujo de electricidad dentro de un circuito. La resistencia se mide en ohmios.

Frecuencia: La velocidad a la que la corriente alterna hace un ciclo completo de reversiones. Calculado como: **1 Hertz = 1 ciclo por segundo.**

▶ La frecuencia de la corriente eléctrica aplicada afectará la velocidad del motor.

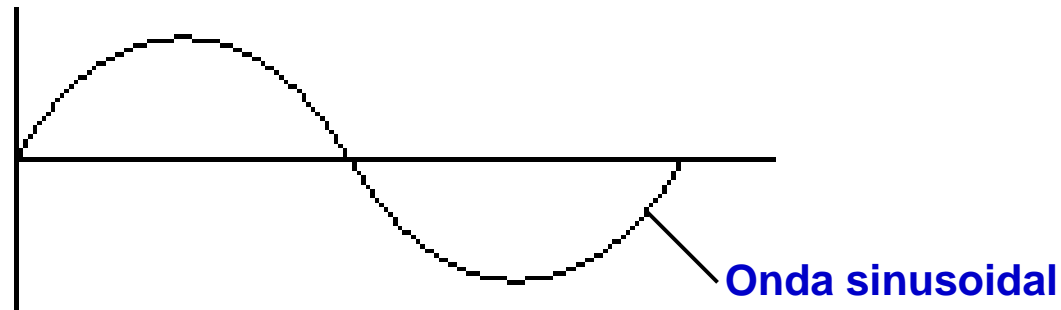


Terminología del sistema electromecánico



Comprender los siguientes términos es fundamental para poder identificar los componentes y conceptos del sistema electromecánico.:

Onda sinusoidal: Una onda de una frecuencia, voltaje o corriente alterna pura:



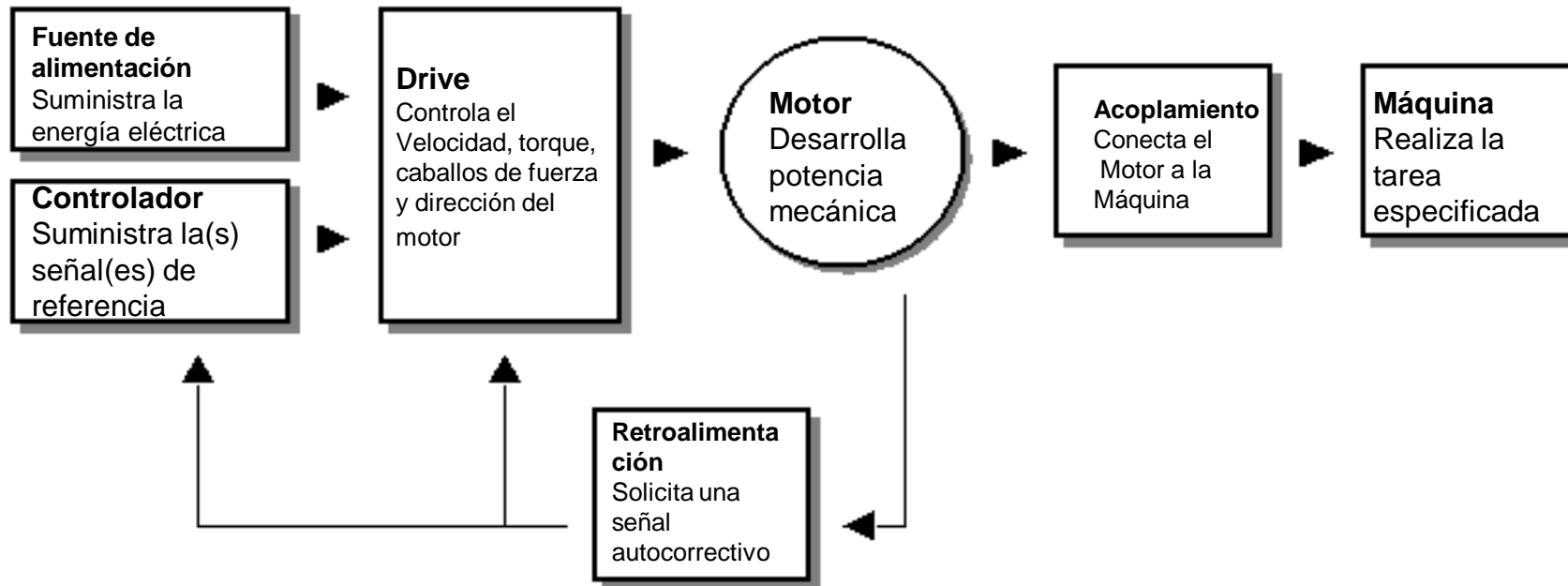
- ▶ Una onda sinusoidal de electricidad generada no es una curva suave debido a las fluctuaciones de voltaje que ocurren.



Terminología del sistema electromecánico



Componentes del sistema electromecánico: son los bloques de construcción individuales que trabajan juntos para crear un sistema. El siguiente gráfico muestra la relación entre los componentes de un sistema electromecánico:



Variadores de Velocidad

Las variadores de velocidad se pueden clasificar según el tipo de aplicación que admitan:

- **Variadores de velocidad:** Los variadores de velocidad se utilizan en entornos industriales para dar al usuario control sobre un rango de velocidades del motor. Se pueden dividir en las siguientes categorías:
 - Las unidades independientes consisten en una sola unidad que controla un solo motor.
 - Los accionamientos de sistemas de drives coordinan el funcionamiento de múltiples motores en maquinaria compleja.
- **Variadores de control de movimiento:** Control de movimiento (o **servo**) Los accionamientos monitorean continuamente la velocidad y la posición de un eje de motor.

Maquinas



Máquinas que se encuentran en el piso de la fábrica, como los que se enumeran a continuación, exhiben diferentes niveles de complejidad:

- Transportadores
- Mezcladoras
- Prensas
- Ventiladores
- Bombas
- Tornos



Calculo de Potencia, Torque y Velocidad

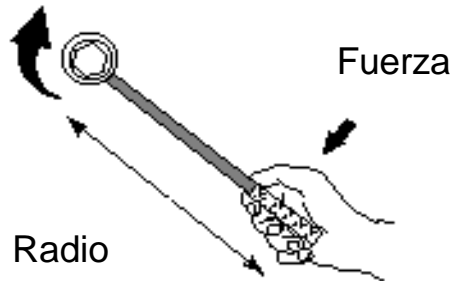


Debido a que un motor proporciona el vínculo entre la energía eléctrica y mecánica, debe ajustarse con precisión a la aplicación. Para garantizar el ajuste correcto, debe poder calcular el motor **caballos de fuerza, torque o velocidad**:

Caballo de fuerza: Una medida del trabajo producido por un motor por unidad de tiempo.

Torque: La fuerza de torsión aplicada a un objeto, tendiendo a causar rotación. Es el producto de la fuerza multiplicada por la longitud del brazo de la palanca (es decir, el radio). La cantidad de par que un motor aplica a una máquina es proporcional a la corriente que recibe.:

Torque



Calculo de Potencia, Torque y Velocidad

Debido a que un motor proporciona el vínculo entre la energía eléctrica y mecánica, debe ajustarse con precisión a la aplicación. Para garantizar el ajuste correcto, debe poder calcular el motor **caballo de fuerza, torque, o velocidad**:

Velocidad: El número de revoluciones por minuto (RPM) realizadas por el eje de un motor. Un componente crítico de la velocidad es el de un motor. **velocidad base**, que aparece en la placa de identificación de un motor.

- En un **Motor de CA**, la velocidad base se alcanza cuando **frecuencia nominal** y **tensión nominal** se aplican a un **motor a plena carga**.

Formulas de Calculo

Cuando se trabaja con un motor, a menudo es necesario calcular su potencia, velocidad o par. En la mayoría de los casos, la documentación del motor proporcionará dos de las tres mediciones.

Las siguientes **formulas** se puede utilizar para determinar la potencia, el par o la velocidad de un motor si ya se conocen dos de las tres variables:

To find this value:	Use this formula:
Horsepower	$\text{Horsepower} = (\text{Torque} \times \text{Speed}) / 5252$
Torque	$\text{Torque} = (\text{Horsepower} \times 5252) / \text{Speed}$
Speed	$\text{Speed} = (\text{Horsepower} \times 5252) / \text{Torque}$

Asegúrese de verificar las unidades de medida que se utilizan con estos cálculos. Las fórmulas son ciertas solo cuando el torque se expresa en libras-pie..

Conceptos de identificación de carga

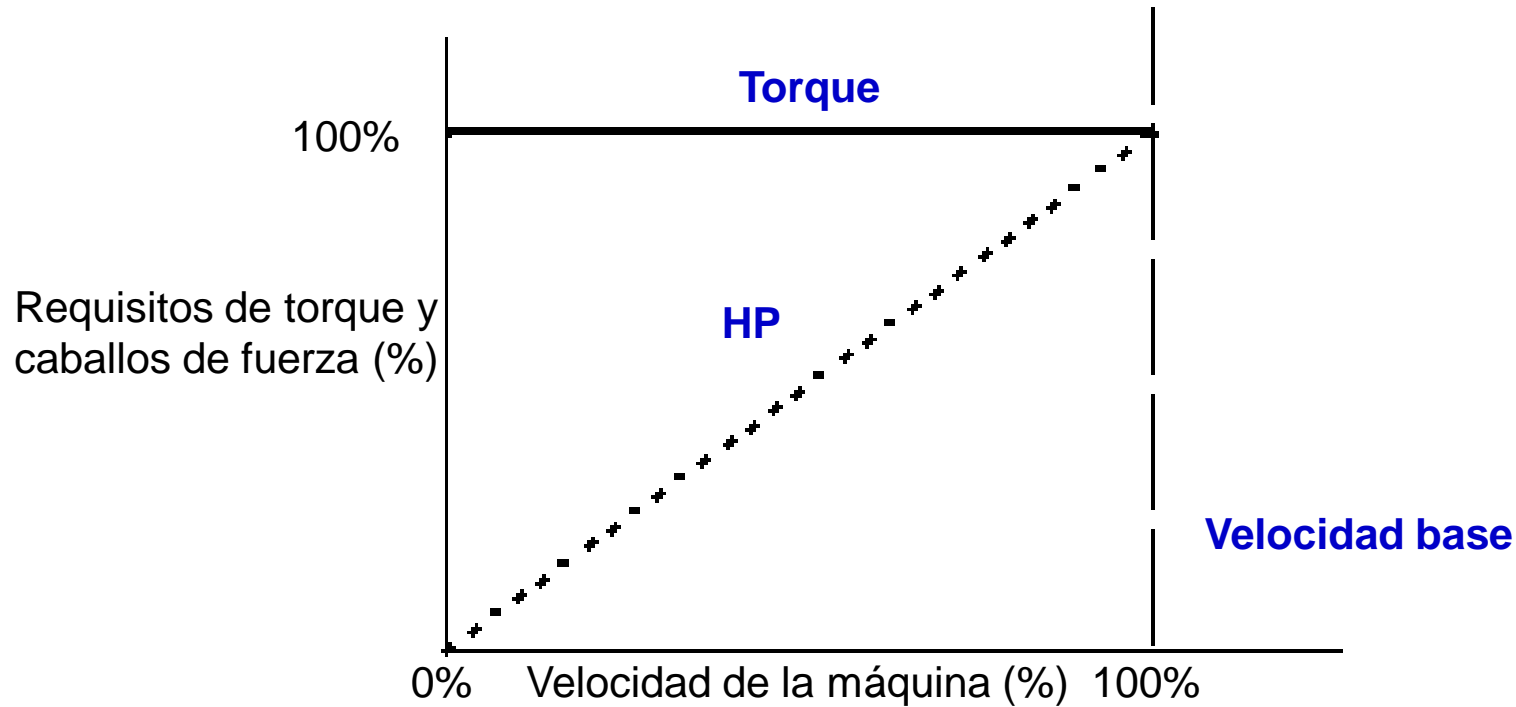


Cuando se trabaja con motores de CA, la relación entre caballos de fuerza, par y velocidad varía según el tipo de carga presente. Cada una de las siguientes cargas tiene características únicas.



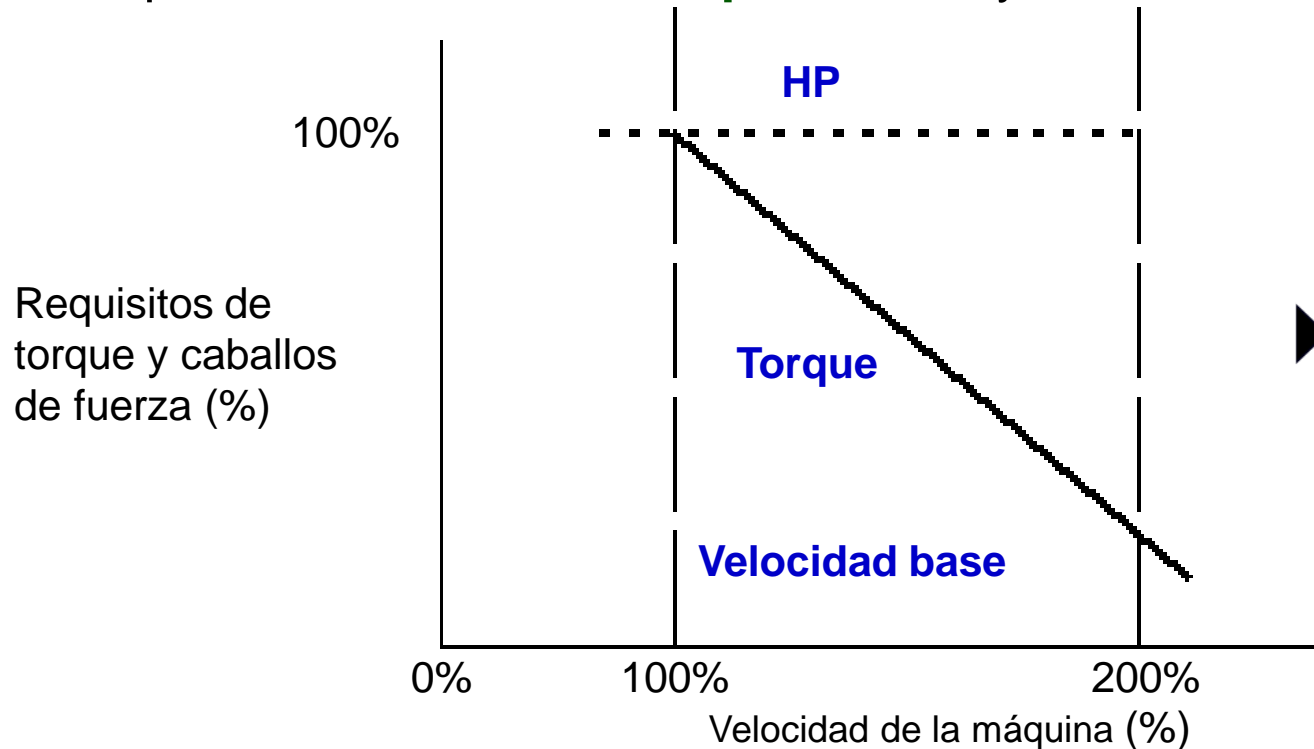
Cargas de Torque Constante

En las **cargas de par constante**, la misma cantidad de **torque** es requerido por la carga de velocidad cero a **velocidad base**. Los **caballos de fuerza** se producen proporcionalmente a la velocidad de la carga:



Cargas de Caballos de Potencia Constante

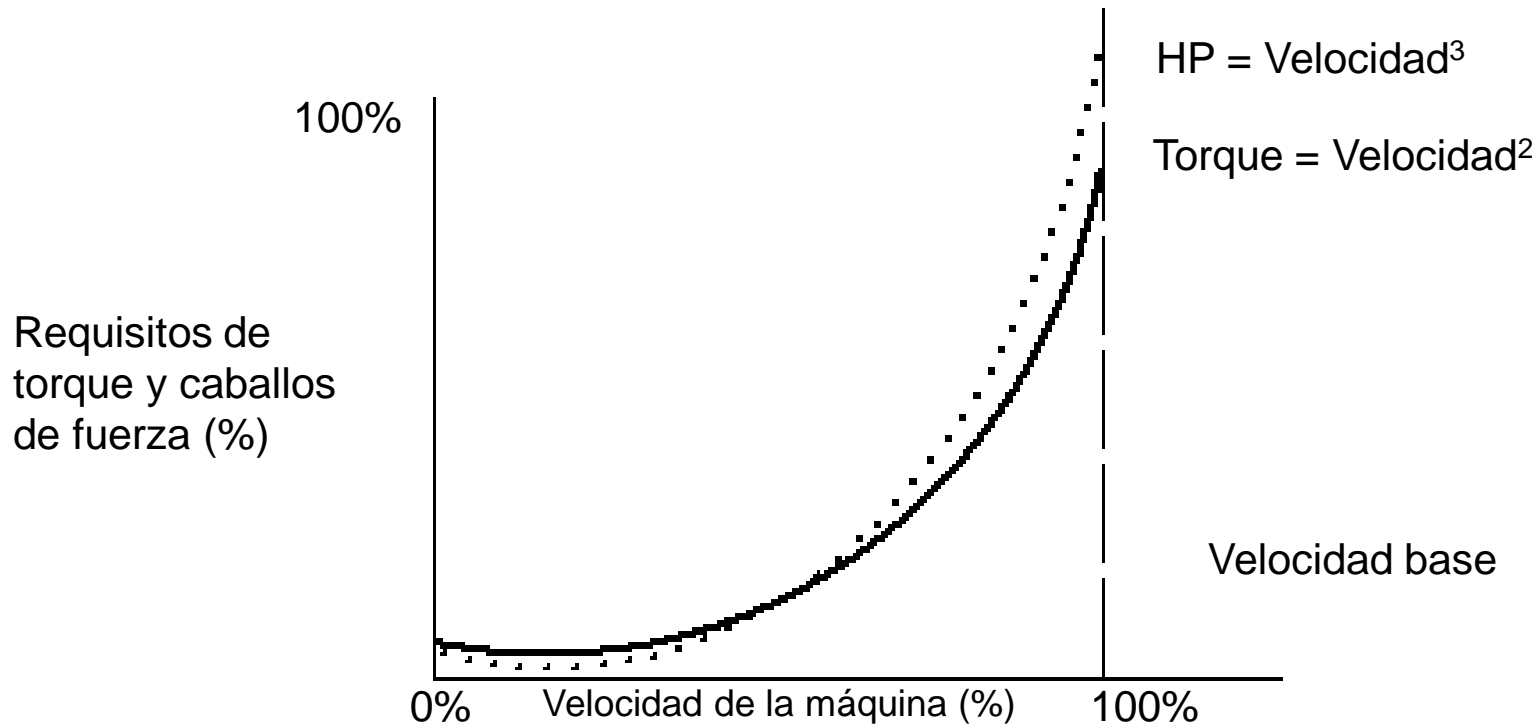
En las **cargas de potencia constantes**, la misma cantidad de **caballos de fuerza** es requerido por la carga de **velocidad base** hasta **velocidad máxima**. A medida que aumenta la velocidad de la máquina, la cantidad de **torque** disminuye:



► La velocidad máxima es la mayor cantidad de RPM que puede producir un motor. Se basa en las limitaciones eléctricas del motor.

Cargas de Torque Variable

En las **cargas de torque/par variable**, la cantidad de **torque** requerido varía a medida que el motor se mueve de velocidad cero a velocidad base. Par y **caballos de fuerza** son directamente proporcionales a una potencia matemática de velocidad:



2.- Reconocer la información crítica en el motor de CA.

Datos de Placa del Motor

Los siguientes datos críticos deben identificarse e interpretarse correctamente cuando se prepara para reemplazar un motor de CA fallido:

Temperatura ambiente: La temperatura de un medio de enfriamiento circundante, como aire o un líquido, que entra en contacto con las partes calentadas del motor.

- ▶ Para los motores con clasificación NEMA, la temperatura total del motor no debe aumentar más de **40°C** por encima de la temperatura ambiente.

Datos de Placa del Motor

Ciclo de trabajo: La relación entre los tiempos de funcionamiento y descanso de un motor o el funcionamiento repetible a diferentes cargas. El ciclo de trabajo de un motor se puede clasificar utilizando las siguientes clasificaciones:

- **Servicio continuo:** Un motor que funciona dentro de los límites de su sistema de aislamiento después de que ha alcanzado la temperatura normal de funcionamiento.
- **Servicio intermitente:** Un motor que nunca alcanza su temperatura normal de funcionamiento, sino que se le permite **enfriarse** entre operaciones.

Datos de Placa del Motor



Enerramiento: Un componente del diseño del bastidor de un motor que ayuda a proteger las partes móviles de un motor del medio ambiente.

Tamaño del marco: Un código que proporciona dimensiones de montaje importantes, como el patrón de montaje del orificio del pie, el diámetro del eje y la altura del eje.

- ▶ Los códigos de dimensión son establecidos por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) o la Comisión Internacional de Electrónica (IEC). Sin embargo, algunas dimensiones que afectan la capacidad de un motor para encajar en espacios confinados no son establecidas por NEMA o la IEC.



Datos de Placa del Motor



Corriente a Plena Carga (FLA): La cantidad máxima de corriente que un motor puede soportar antes de que ocurra una condición de sobrecarga.

Velocidad a Plena Carga: La velocidad a la que un motor produce el par nominal a plena carga. Por lo general, se muestra como "RPM" en la placa de identificación.

Caballos de fuerza (HP): Una medida de la capacidad mecánica del motor para entregar par nominal para la carga a velocidad nominal.



Datos de Placa del Motor

Clase de aislamiento: El rango de temperatura dentro del cual un motor puede funcionar durante un período prolongado de tiempo antes de que su aislamiento comience a descomponerse. Los motores de CA se clasifican de acuerdo con cuatro clases de aislamiento comunes:

Class	AC Motor with 1.00 Service Factor Maximum Total Temperature Range ¹
A	105°C
B	130°C
F	155°C
H	180°C

¹ The AC motor temperature range includes the motor's ambient temperature plus a 110°C hot spot.

- ▶ Cuando una clase de aislamiento del motor está etiquetada en la placa de identificación, el sistema de aislamiento total puede funcionar a la temperatura anterior.

Datos de Placa del Motor

Factor de servicio: Un número que indica cuánto por encima de la clasificación de la placa de identificación se puede cargar un motor sin causar una degradación grave del aislamiento.

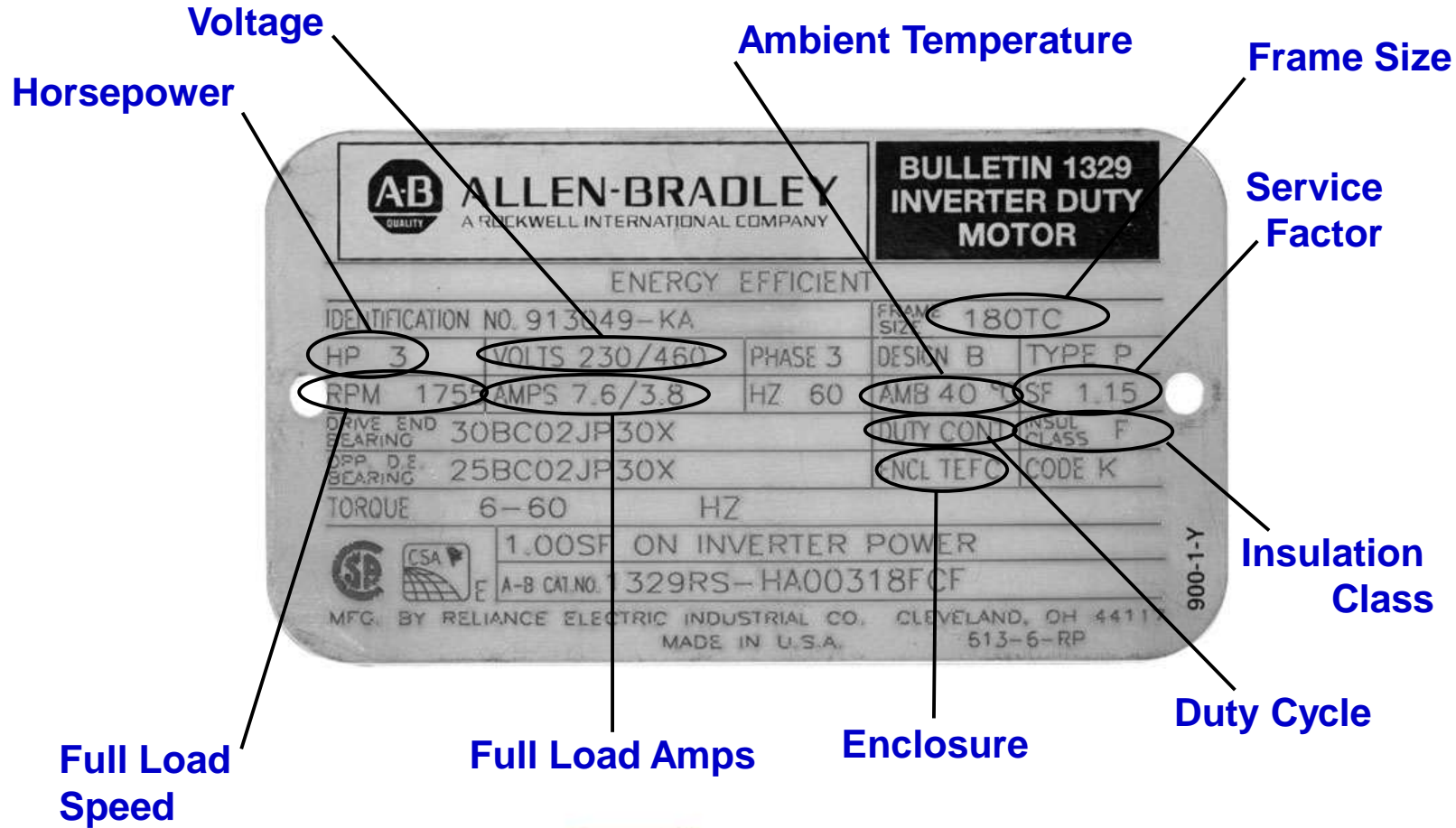
- ▶ Un motor con un factor de servicio de **1.15** puede producir un 15% más de caballos de fuerza y par que el mismo motor con un factor de servicio de **1.0**.

Voltaje: La presión eléctrica necesaria para operar un motor.

- ▶ Operar un motor a un voltaje diferente al valor de la placa de identificación puede resultar en un rendimiento impredecible del motor.

Datos de Placa del Motor

Los siguientes datos críticos del motor se pueden encontrar en una placa de identificación del motor de CA:



Mejores Practicas

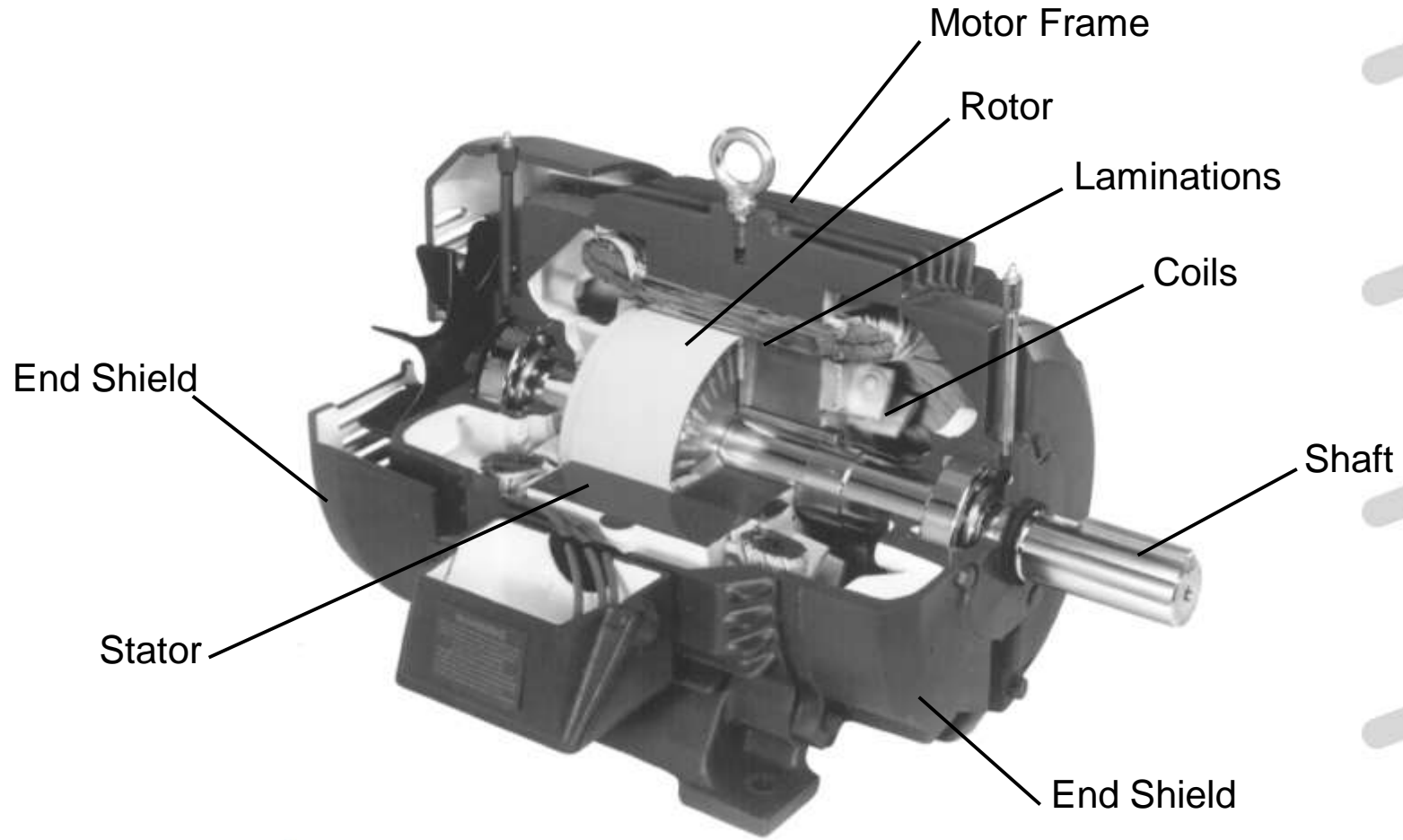
Tenga en cuenta las siguientes prácticas al seleccionar un motor de reemplazo:

- Los estándares de tamaño de bastidor NEMA e IEC no se aplican a todas las dimensiones de un motor. Antes de cambiar motores de diferentes fabricantes con tamaños de bastidor idénticos, verifique los dibujos del motor para asegurarse de que **todas las dimensiones críticas** cumplen.
- Los motores NEMA y los motores IEC están contruidos con estándares ligeramente diferentes. Los motores pueden no ser intercambiables si están clasificados por una organización diferente.
- Al intercambiar motores, asegúrese de que el voltaje, los amperios de carga completa, la velocidad de carga completa y las clasificaciones del factor de servicio permitan la operación en el rango deseado..

3 .- Reconocimiento del hardware y la operación del motor de CA.

Hardware del motor de CA

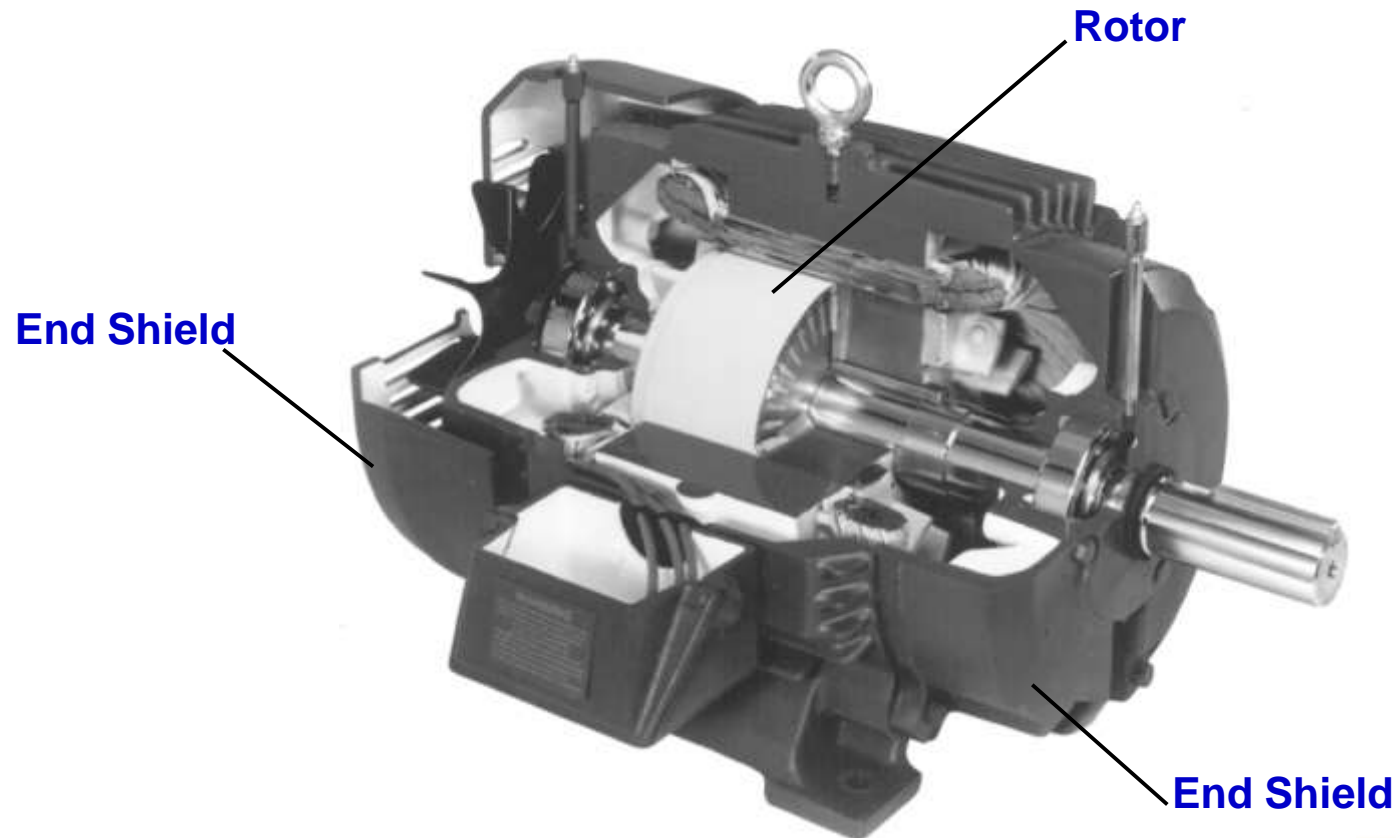
Un **Motor de CA** cambia la energía eléctrica en energía mecánica y consta de las siguientes piezas clave:



Hardware del motor de CA

End Shield: Cubierta protectora que se encuentra en la parte delantera y trasera de un motor.

Rotor: La parte giratoria de un motor de CA.



Hardware del motor de CA

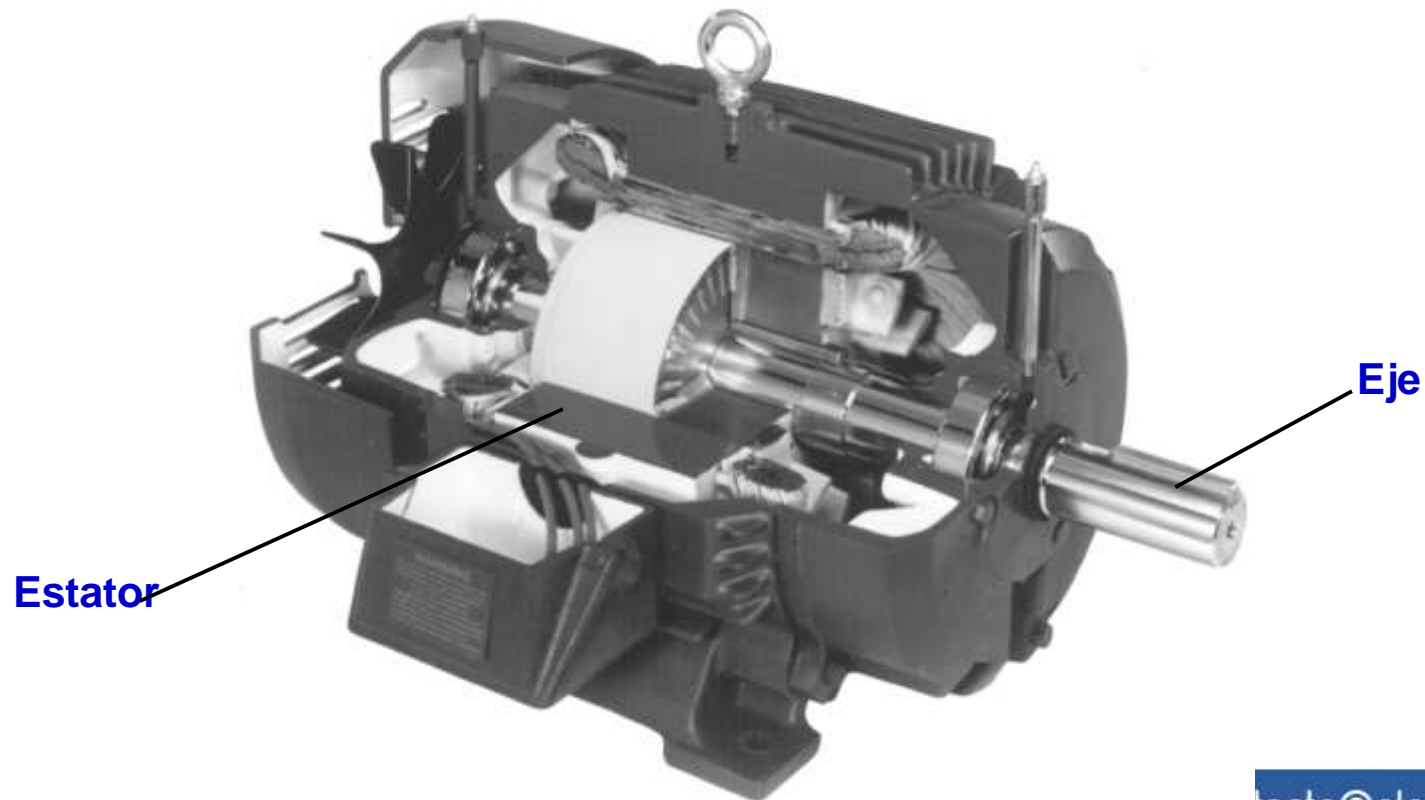
El rotor consta de dos piezas:

- **Laminaciones de acero:**
 - Están apilados en el **eje** del motor para alinear las perforaciones
 - Crea una serie de ranuras de rotor cerca de la superficie en el conjunto del núcleo para permitir espacio para las barras del rotor
 - Ayuda a concentrar las líneas de flujo dentro del motor
- **Barras de rotor:**
 - Montadas en las ranuras del núcleo
 - Ajuste en ángulo para garantizar una rotación suave del motor
 - Conectado en cada extremo con anillos finales para formar un circuito cerrado

Hardware del motor de CA

Eje: Una varilla de metal unida al extremo posterior de un motor. Proporciona un punto de conexión física entre el motor y una máquina.

Estator: La parte estacionaria de un motor de CA.



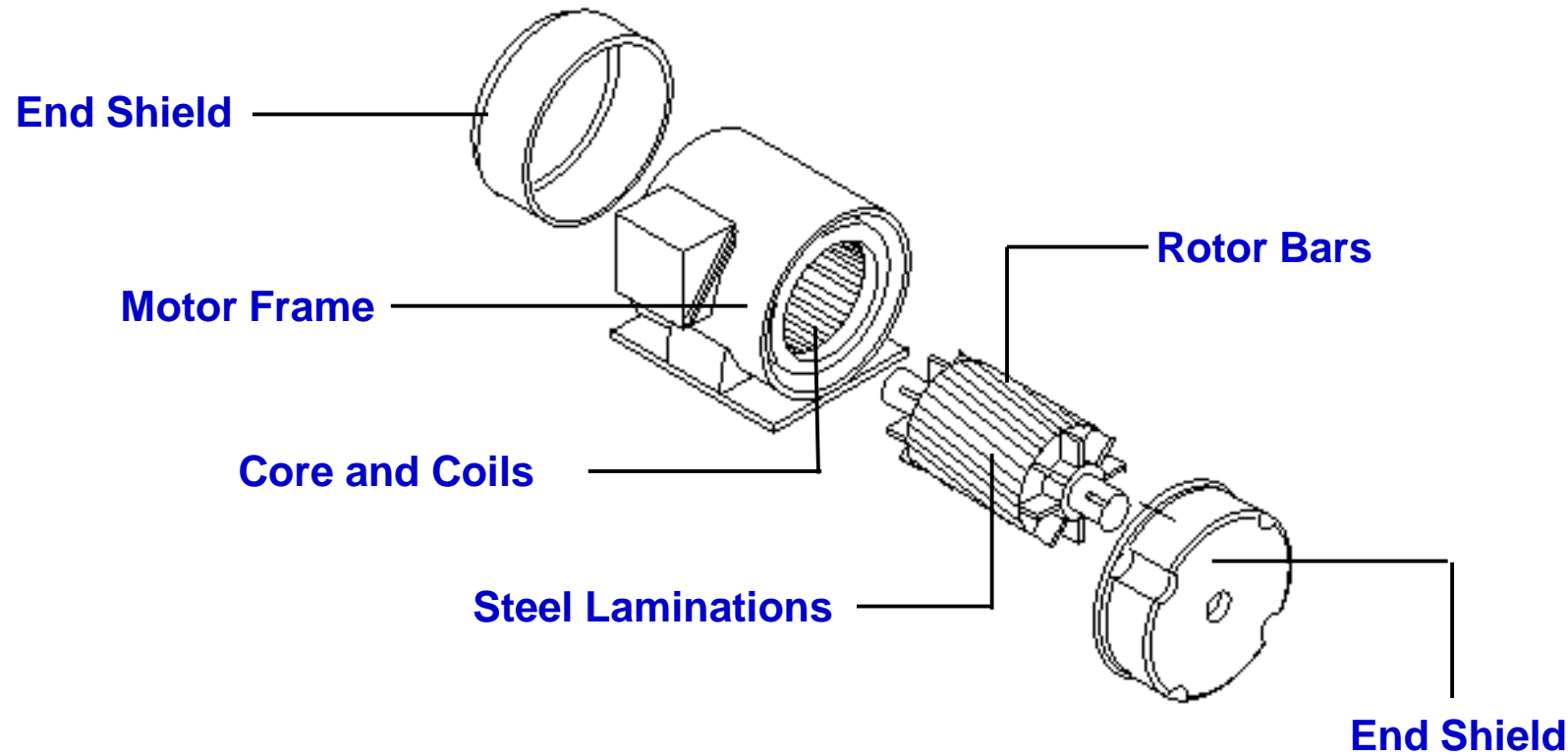
Hardware del motor de CA

El estator consta de tres piezas:

- **Motor Frame:** Soporta el hueco, núcleo cilíndrico y disipa el calor.
- **Núcleo:** Una colección de laminaciones metálicas apiladas juntas.
- **Bobinas:**
 - Montadas en las ranuras entre las laminaciones del núcleo
 - Cableado a las líneas de CA entrantes

Hardware del motor de CA

El siguiente gráfico muestra la interconexión entre las partes principales de un motor de CA:



Funcionamiento del motor de CA

Un motor de CA se basa en una combinación de **electromagnetismo** e **inducción** para producir rotación. Los siguientes términos ayudan a describir el funcionamiento del motor:

Par de ruptura: El par máximo que desarrolla un motor a voltaje nominal.

Cogging: Una condición en la que un motor no gira suavemente, sino que se sacude o se sacude de una posición a otra durante la revolución del eje. Es más notable a bajas velocidades y puede causar vibraciones objetables en la máquina accionada..

Deslizamiento: La diferencia entre la velocidad síncrona de un motor y la velocidad del rotor. El deslizamiento se mide en RPM, como porcentaje o como frecuencia en hercios.

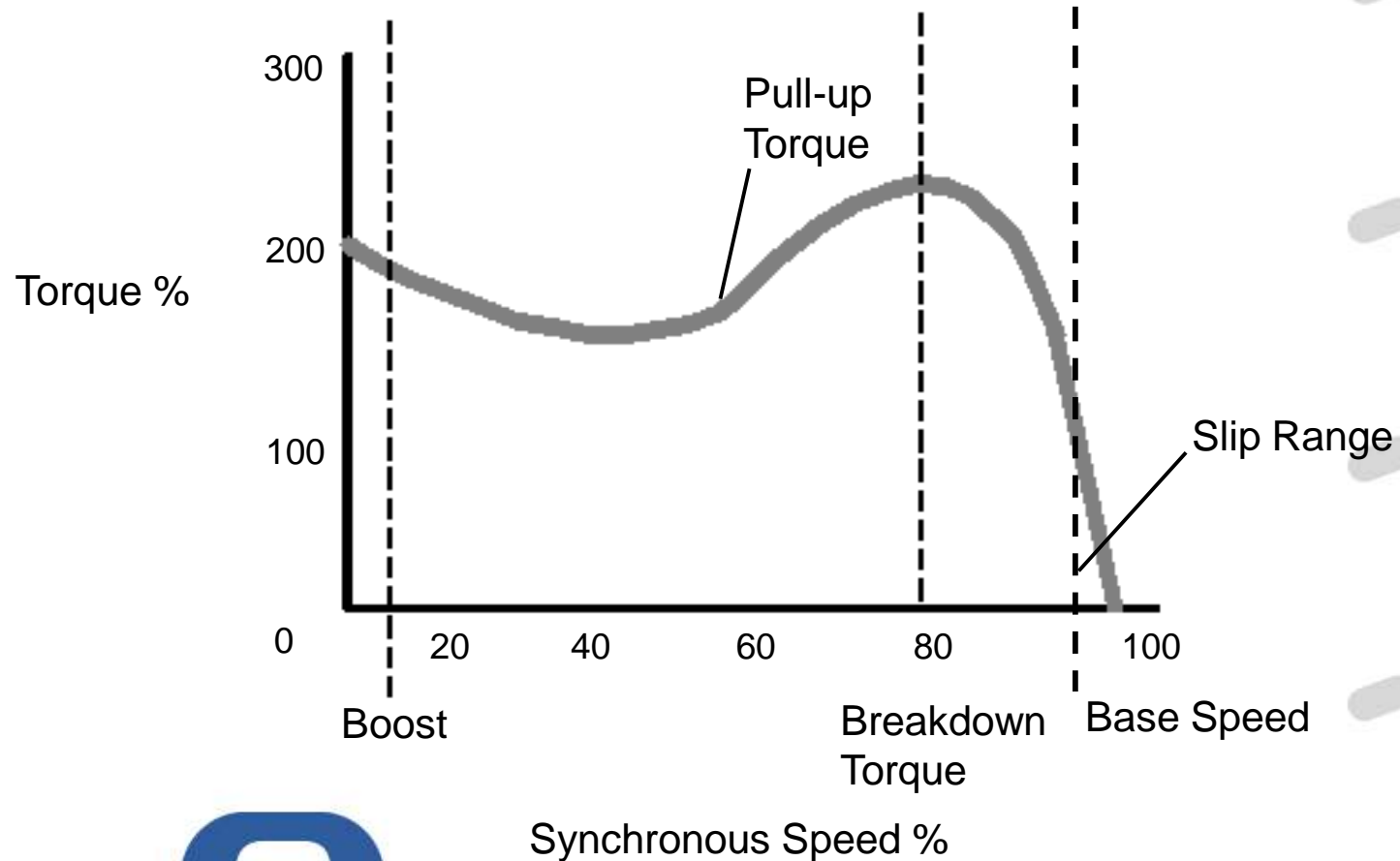
Funcionamiento del motor de CA

Corriente de arranque: La cantidad de energía extraída en el instante en que un motor se energiza. La corriente de arranque es a menudo mucho más alta que la corriente requerida para hacer funcionar el motor.

Par de arranque: El par producido por un motor en el instante en que se energiza. El par de arranque es a menudo más alto que el par de funcionamiento o de carga completa.

Producción de par

En un motor de CA, la cantidad de **deslizamiento** producido determina el **torque** del motor. La cantidad de par producido varía a medida que el motor intenta alcanzar la velocidad síncrona:



Clasificaciones NEMA y curvas de par

Los motores de CA están clasificados por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) de acuerdo con las siguientes características:

- Par de arranque y corriente
- Par de ruptura
- Par pull-up
- Porcentaje de deslizamiento

Las clasificaciones de motores NEMA incluyen **Diseño A, Diseño B, Diseño C y Diseño D.**



4 .- Selección de un variador para aplicaciones básicas.

Características del Variador

El primer paso para hacer coincidir un accionamiento con una aplicación determinada es conocer las principales clasificaciones de accionamiento y cómo encaja cada tipo de accionamiento en un sistema electromecánico..

Los variadores se pueden clasificar en las siguientes categorías en función de las aplicaciones que admiten.:

- Variadores de velocidad – Motores de Inducción
- Variadores de control de movimiento – Servo Motores

Variadores de velocidad

Los variadores de velocidad están orientados a aplicaciones que no requieren un posicionamiento preciso de un eje de motor.

- **Ventajas:**

- Uso de **IGBTs en** variadores de CA más recientes, que proporcionan un funcionamiento del motor más silencioso que los accionamientos de transistores estándar.
- Si un variador de CA funciona mal, los usuarios pueden omitir y operar un motor a toda velocidad directamente desde la fuente de alimentación entrante.

- **Desventajas:**

- Los variadores de CA tienen un uso limitado en ciertas aplicaciones de par constante.
- Se requiere hardware externo para el frenado regenerativo.

Accionamientos de control de movimiento

Accionamientos de control de movimiento (servo) son unidades de CA o CD específicas de la aplicación. Las unidades de control de movimiento son necesarias cuando se presentan una o más de las siguientes condiciones:

- **Ciclo de trabajo repetitivo** con ciclos frecuentes de arranque/parada por minuto
- Control de **posición de la máquina** o **posición del eje del motor** (0.1" o mejor)
- **Rápido tiempo de aceleración/desaceleración** (velocidad máxima en menos de 0,5 segundos)

Accionamientos de frecuencia variable y daños en los rodamientos eléctricos



- Las corrientes de rodamientos en motores operados por variadores de frecuencia (VFD) pueden causar fallas prematuras o catastróficas.
- Pulsos de alta energía con tiempos de subida extremadamente rápidos (dv/dt) de descarga en los rodamientos del motor.
- Causar daños en el mecanizado de descarga eléctrica (EDM) en la carrera y los elementos rodantes.
- Los motores necesitan protección de rodamientos - anillos de puesta a tierra de eje AEGIS[®] - instalados en el motor.
- Los equipos conectados y las cajas de cambios necesitan protección



Fallo en el rodamiento : un problema que vale la pena resolver



- Independientemente del tipo de daño por rodamiento o carrera que se produzca, la falla motora resultante a menudo cuesta muchos miles o incluso decenas de miles de dólares en tiempo de inactividad y pérdida de producción.
- Las tasas de error varían ampliamente dependiendo de muchos factores, pero la evidencia sugiere que una porción significativa de fallas ocurren sólo 3 a 12 meses después del inicio del sistema.
- Debido a que muchos de los motores de CA actuales tienen rodamientos sellados para mantener fuera la suciedad y otros contaminantes, los daños eléctricos se han convertido en la causa más común de fallo de rodamientos en motores de CA con VFD.



Anillos de puesta a tierra de ejes[®] AEGIS



Opciones de montaje en anillos [®] AEGIS

Sujeción



A través de Tornillo



Epoxi conductora



Ajuste de prensa



5 .- Matriz de Aplicaciones.

Métodos de Control de Variadores de Velocidad

- Volts/Hertz – Método donde solo se regula la frecuencia aplicada, es un método de lazo abierto y solo se puede controlar la velocidad
 - Bombas, Ventiladores y Compresores
- Sensorless Vector – Se utilizan las componentes vectoriales de la corriente para obtener mediante cálculo la corriente que produce Par, de esta manera se puede compensar las necesidades que la máquina requiera de par, de todas maneras no controlamos el par de manera independiente, solo se tiene control de velocidad pero podemos desarrollar más par en arranque
 - Máquinas de uso general, transportadores, extrusores, Mezcladores
- Flux Vector Control – Se tiene un algoritmo donde se mide y controla la corriente que produce el flujo magnético en el motor, de esta manera se puede tener control independiente de torque, puede trabajar con encoder o sin encoder.
 - Gruas, embobinadores, bridas

Matriz de Aplicaciones



Application	Load Characteristics				Speed / Torque Characteristics				
	Friction	Gravity	Fluid	Inertia	CT	VT	Speed Range	Regen/ Braking	Reg Type
Agitators	x				x		30:1		S
Braider				x	x		10:1		S
Can Making	x				x		15:1	x	S
Centrifugal Fans			x			x	4:1	x	S
Centrifugal Fans (I D)			x			x	10:1	x	S
Centrifugal Pumps			x			x	3:1		S
Centrifuge				x	x		30:1	x	S
Coaters	x				x		4:1	x	S/T
Coilers				x	x		60:1	x	S/T
Compressors / Reciprocating	x				x		10:1		S
Compressors / Screw Type	x				x		10:1		S
Conveyors (Auger)	x				x		20:1		S
Conveyors (Belt)	x				x		30:1	x	S
Conveyors (Chain Type/Load Share)	x				x		40:1	x	S/T
Conveyors (Vibratory)				x	x		10:1		S
Cut to Length	x				x		100:1	x	S/P
De- Barkers				x	x		20:1	x	S
Diverter				x	x		40:1		S
Dryers			x			x	10:1		S

Regulation types: S=Speed, T=Torque, P=Position



Matriz de Aplicaciones

Application	Load Characteristics				Speed / Torque Characteristics				
	Friction	Gravity	Fluid	Inertia	CT	VT	Speed Range	Regen/Braking	Reg Type
Edge Trimmer	x				x		15:1	x	S
Elevators		x			x		100:1	x	S/T
Extruders	x				x		60:1		S/T
Feeders	x				x		4:1		S
Floculators	x				x		10:1		S
Flying Cut Off	x				x		100:1	x	S/P
Gantry type Cranes and Hoists	x	x		x	x		100:1	x	S/T
Grinders				x	x		10:1	x	S
Hoists		x			x		100:1	x	S/T
HVAC			x			x	3:1		S
Indexers	x				x		20:1		S/P
Injection Molding	x				x		40:1		S/T
Kiln Drives				x	x		10:1	x	S
Lift applications		x			x		100:1	x	S/T
Line Shaft	x				x		10:1	x	S/T
Mill / Ball Type				x	x		10:1	x	S
Mill / Machining Type	x				x		100:1	x	S/P
Regulation types: S=Speed, T=Torque, P=Position									

Matriz de Aplicaciones



Application	Load Characteristics				Speed / Torque Characteristics				
	Friction	Gravity	Fluid	Inertia	CT	VT	Speed Range	Regen/Braking	Reg Type
Mill / Plate Type				x	x		10:1	x	S/T
Mill / Rod Type				x	x		10:1	x	S/T
Mixers (Rotating Beater)	x				x		4:1		S
Mixers / Banbury	x				x		10:1		S/T
Monorails	x				x		10:1	x	S
Packaging Equipment	x				x		20:1	x	S/P
Palletizers	x	x			x		10:1	x	S/P
Positioning	x			x	x		100:1	x	P
Positive Displacement Blowers / Pumps	x				x		10:1		S
Press / Blanking Type				x	x		30:1	x	S
Press / Punch Type				x	x		30:1	x	S
Press / Reciprocating				x	x		10:1	x	S
Press Feeders	x				x		60:1	x	S
Rolling Mills	x				x		10:1	x	S
Rotary Tables				x	x		100:1	x	S/P
Shakers				x	x		10:1		S
Slitter	x				x		100:1	x	S/T
Sorter	x				x		40:1		S
Spindles				x	x		100:1	x	S
Spray Painting	x	x			x		40:1	x	S
Stackers / Storage & Retrieval		x			x		10:1	x	S/P

Regulation types: S=Speed, T=Torque, P=Position



Matriz de Aplicaciones

Application	Load Characteristics				Speed / Torque Characteristics				
	Friction	Gravity	Fluid	Inertia	CT	VT	Speed Range	Regen/Braking	Reg Type
Tension Reels				x	x		100:1	x	S/T
Tentoring	x				x		100:1	x	
Test Stands / Chassis (Dynamometer)				x	x		100:1	x	S/T
Test Stands / Engine				x	x		100:1	x	T
Test Stands / Generic	x			x	x		100:1	x	T
Test Stands / Transmission				x	x		100:1	x	T
Tower type Cranes and Hoists		x			x		100:1	x	S/T
Transfer Line	x				x		10:1	x	S
Unwinder (for web / wire)				x	x		100:1	x	S/T
Web Calendaring				x	x		100:1	x	S/T
Web Coating				x	x		100:1	x	S/T
Web Pickling				x	x		20:1	x	S/T
Wind Tunnels			x			x	4:1		S
Winder (for web / wire)				x	x		100:1	x	S/T
Wire Drawing	x				x		40:1	x	S/T

Regulation types: S=Speed, T=Torque, P=Position

Muchas Gracias

