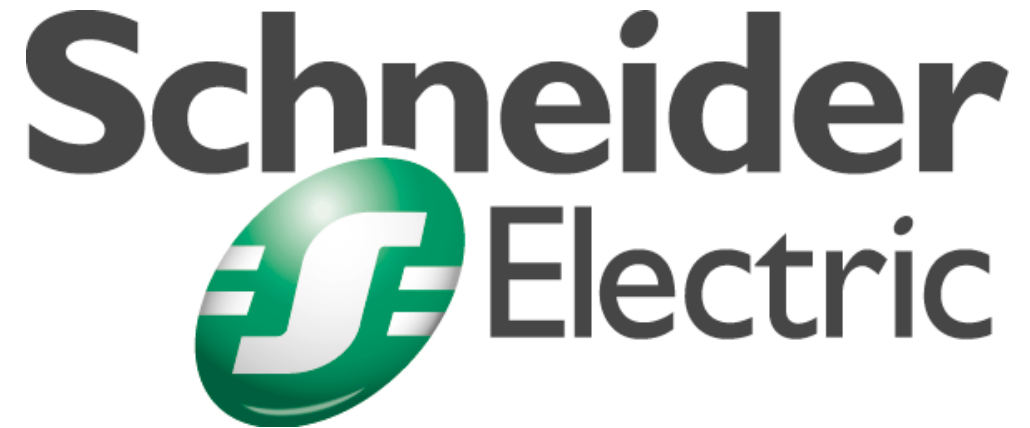


---

# *Iniciación a la variación de velocidad*

---



**Merlin Gerin**

**Modicon**

**Square D**

**Telemecanique**

---

# Temario

---

- **Objeto y principio de la variación de velocidad**
  - Conceptos teóricos
  - El motor eléctrico
  - Dinámica del movimiento, los 4 cuadrantes
- **Elección del variador de velocidad**
- **Tipos de variadores**

---

# Tipos de accionamientos

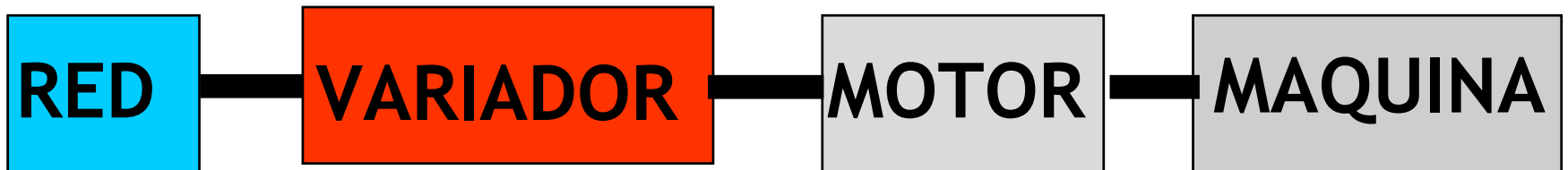
---

\*

Velocidad Fija

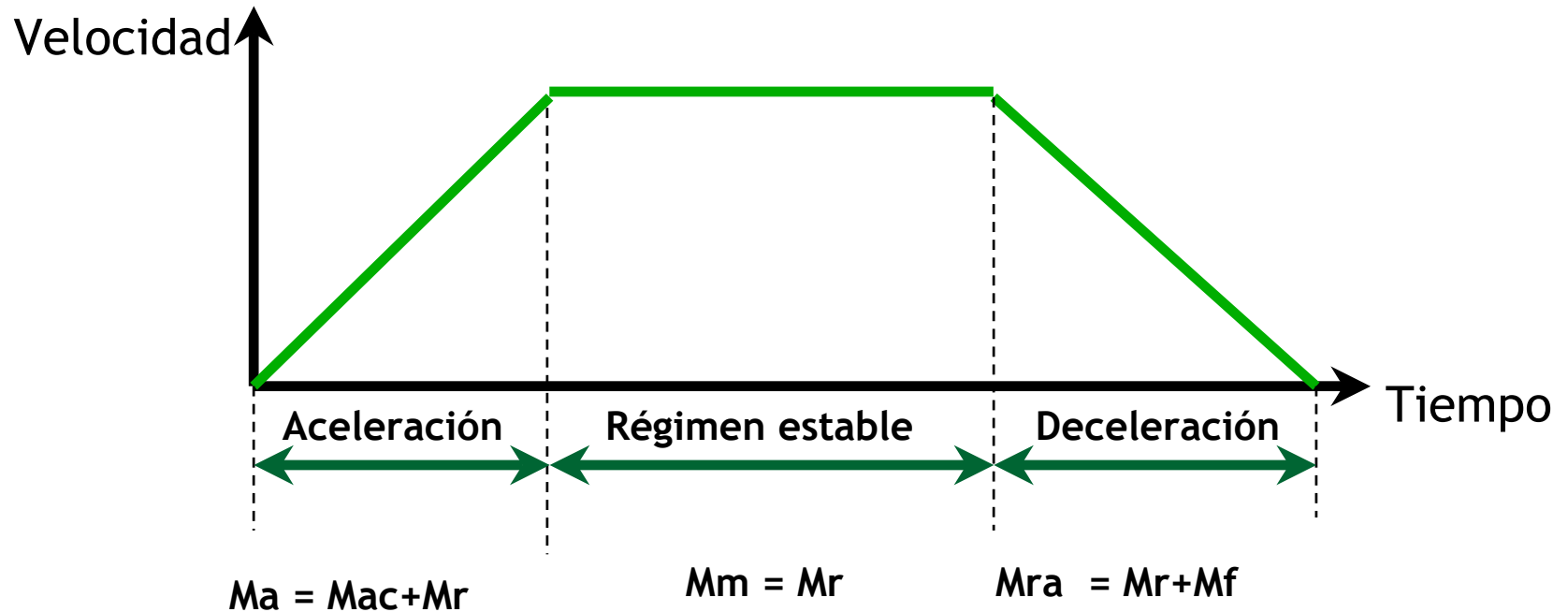


Velocidad Variable



# Fases de un movimiento

\*



$$M_a = M_{ac} + M_r$$

$$M_m = M_r$$

$$M_{ra} = M_r + M_f$$

Par motor:  $M_m$

Par arranque:  $M_a$

Par de ralentizado:  $M_{ra}$

Par resistente:  $M_r$

Par acelerador medio:  $M_{ac}$

Par de frenado:  $M_f$

---

# *Ventajas de la variación*

---

\*

## EN LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA:

MENOR sobre intensidad de arranque

POSIBILIDAD de ahorro de energía

OPTIMIZACION del factor de potencia

## DEL SISTEMA

CONTROL continuo y a distancia

FLEXIBILIDAD de configuración

REGLAJE según aplicación

## EN EL MOTOR

Menores esfuerzos mecánicos

Menos calentamientos

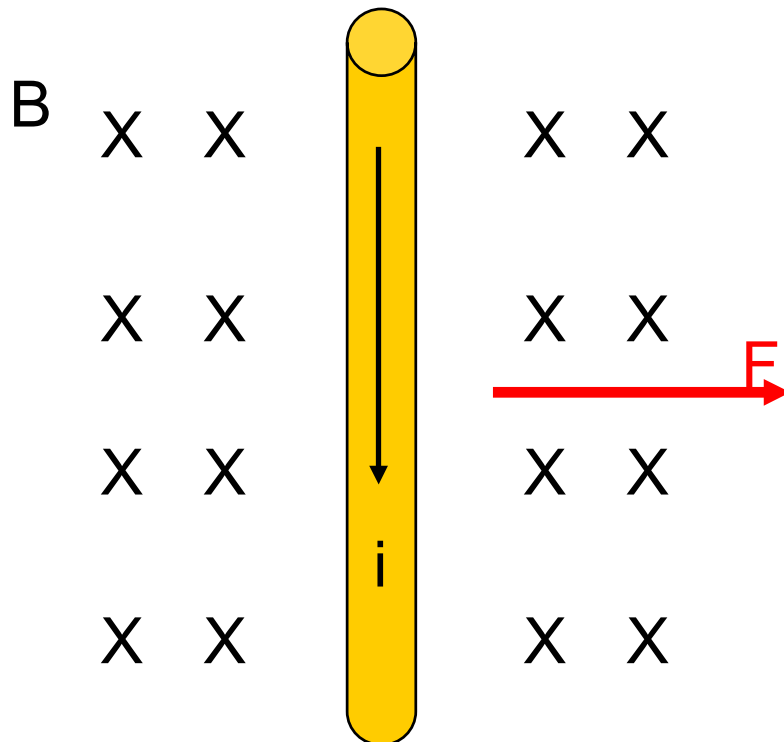
---

# Objeto y principio de la variación de velocidad

---

- **Fijar la velocidad de movimiento**
- **Varias velocidades por movimiento**
  - Aproximación (lento)
  - Trabajo (rápida)
  - Retorno (muy rápido)
- **Mantener la velocidad constante**
  - Variaciones en la red
  - Variaciones en la carga
- **Arrancar y parar con suavidad**
  - Menor corriente arranque
  - Menor golpe mecánico
  - Posicionar
- **Ajustar un parámetro proceso**
  - Presión, caudal, etc.
  - Bobinado, V. Corte lineal
- **Sincronizar velocidad, posición**
  - Entre máquinas o partes

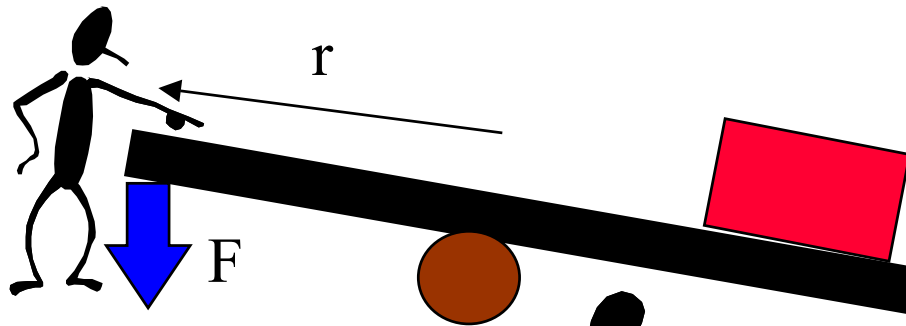
# Principio de funcionamiento del motor



UN CONDUCTOR QUE PORTA  
CORRIENTE, EN PRESENCIA  
DE UN CAMPO MAGNETICO  
EXPERIMENTA LA ACCION  
DE UNA FUERZA SOBRE EL.

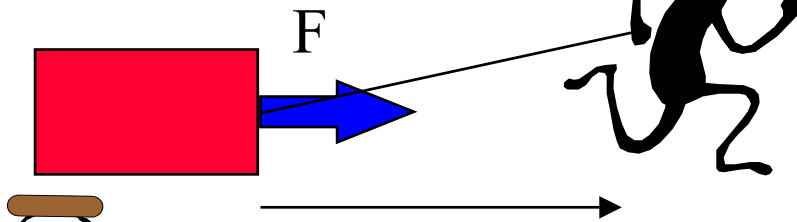
# Fórmulas

\*



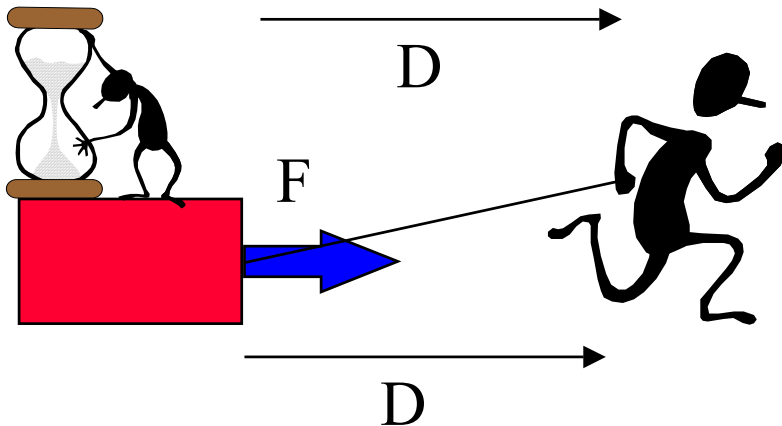
PAR

$$M=F.r$$



TRABAJO

$$W=F.D$$

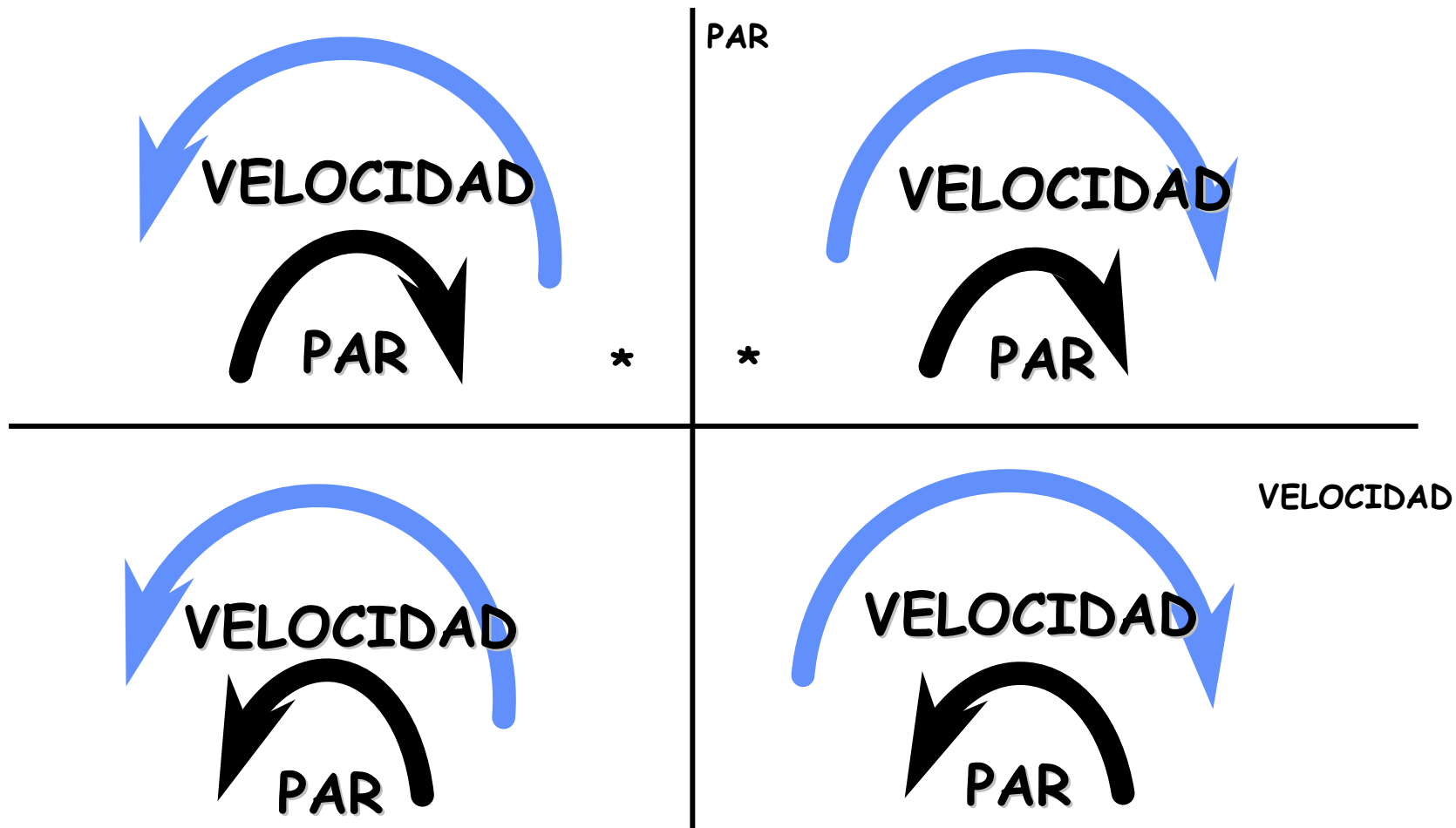


POTENCIA

$$P=W/t$$



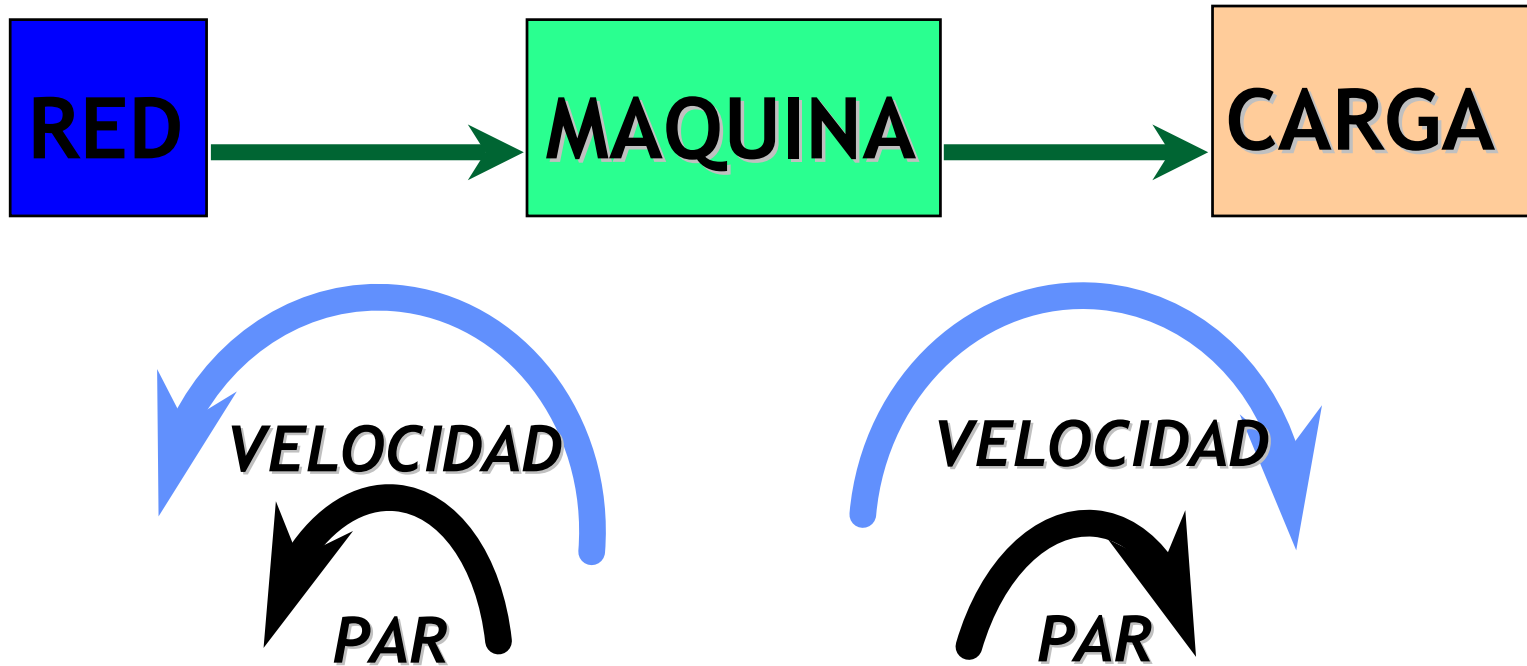
# Los cuatro cuadrantes



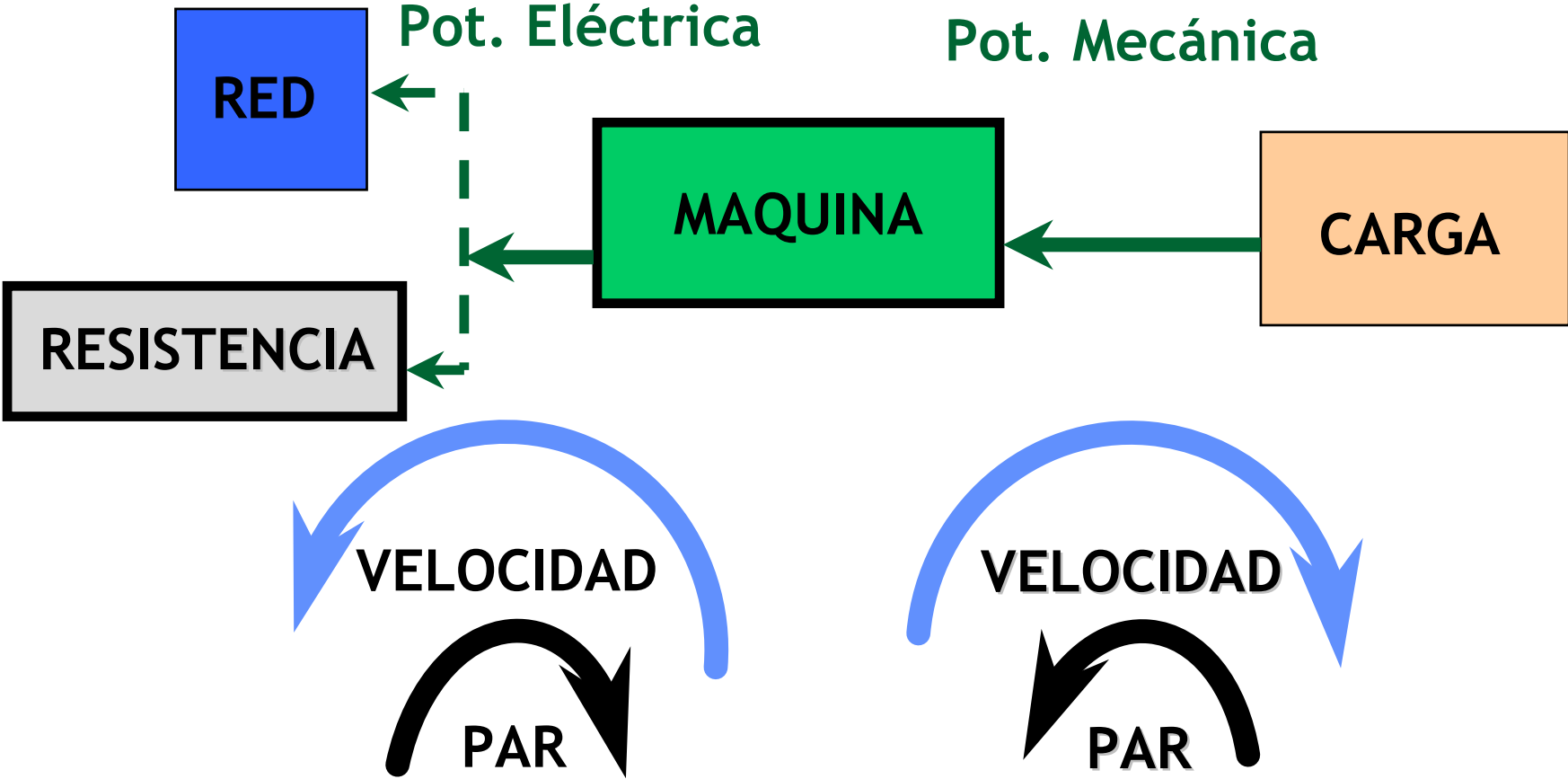
# Carga arrastrada

*Pot. Eléctrica*

*Pot. Mecánica*



# Carga arrastrante



---

# *Elección del variador de velocidad*

---

## Datos necesarios :

- POTENCIA para generar el par motor
- TIPO DE CARGA que manejamos
- DINAMICA del accionamiento
- PRECISIÓN requerida

---

# Potencia

---

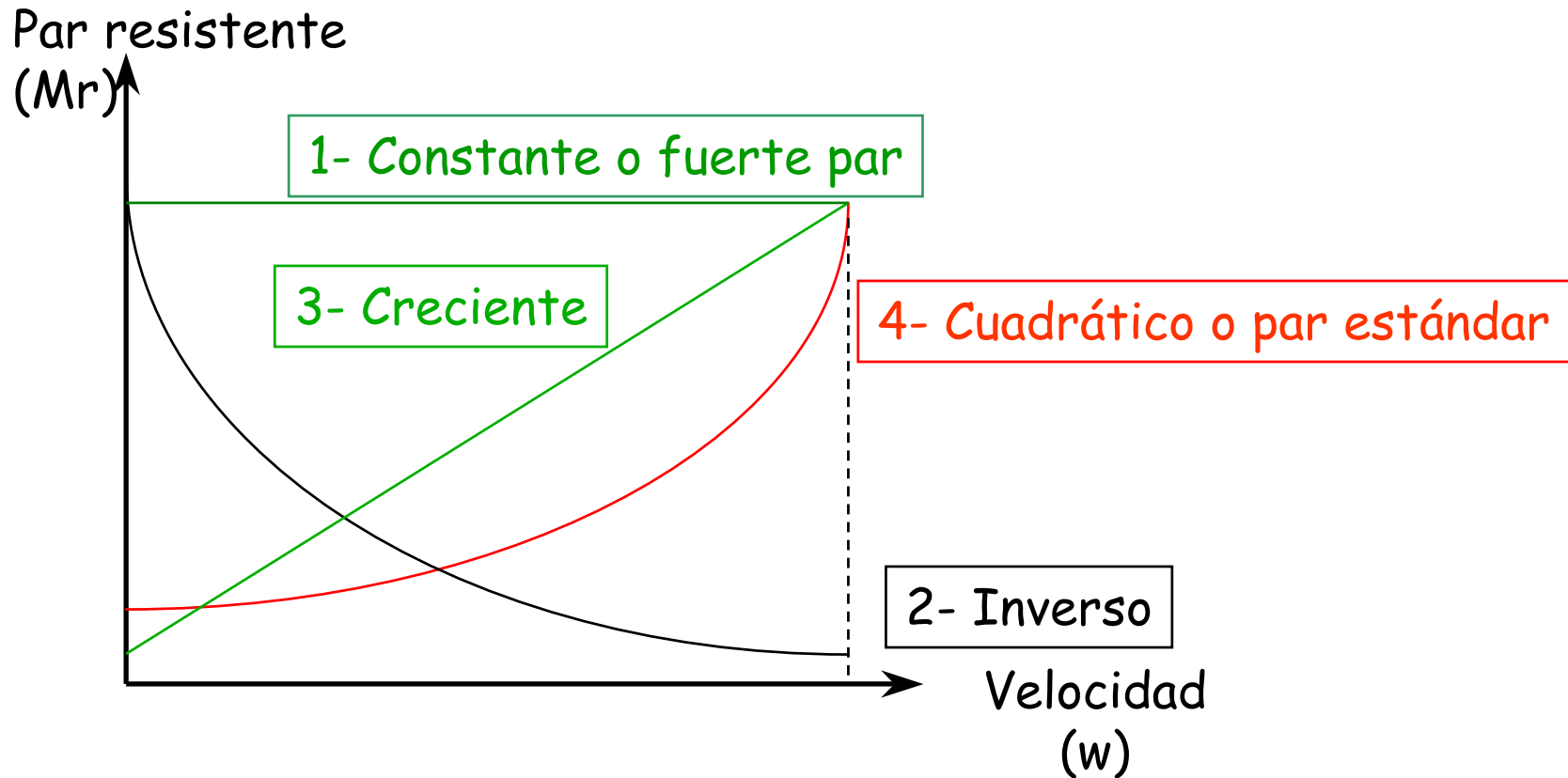
Se determina según :

- Par resistente
- Par de arranque
- Pérdidas por diversas causas
- Tiempo de arranque
- Factores de desclasificación

Se elige según corriente nominal

En elevación se pasa a un calibre superior

# Tipos de Carga



## *Par resistente constante*

El par es constante  $M_r = k$

La potencia proporcional a la velocidad

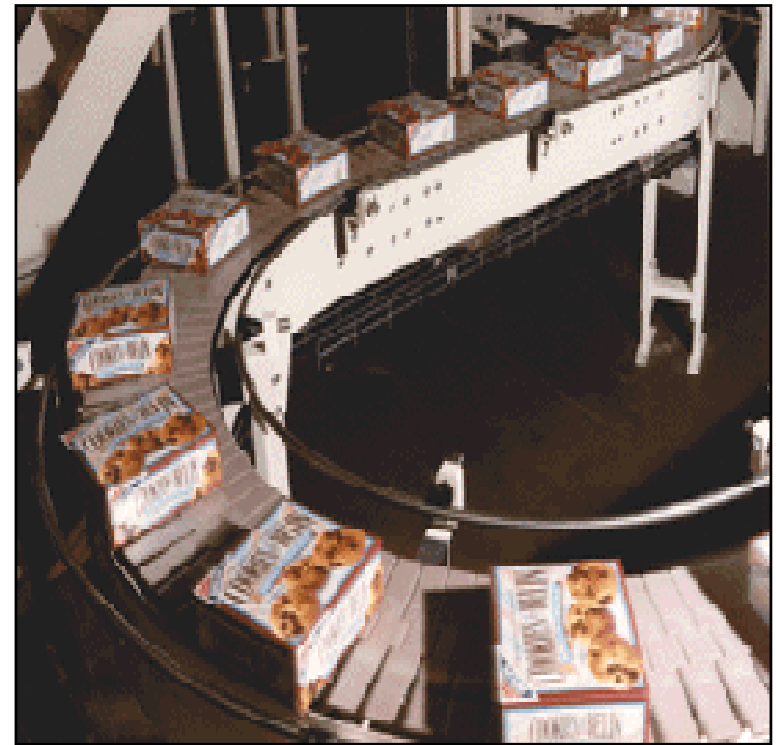
$$P = M_r * V \quad P = k * V$$

Presente el 80% de los casos

Transporte horizontal

Elevación

Trenes laminación, etc.



# Par resistente cuadrático

El par es proporcional al cuadrado de la velocidad

$$M_r = k \cdot w^2$$

La potencia es proporcional al cubo de la velocidad

$$P = M_r \cdot w \quad P = k \cdot w^3$$

Presente en Ventilación y  
Bombas centrífugas





---

# Dinámica y Precisión

---

## DINAMICA

Tenemos alta dinámica si:

Necesitamos tiempos cortos en

Arranque, Paro e Inversión

Carga arrastrante

( elevación, alta inercia)

## PRECISION

Para :

Mantener la velocidad

Parar en posición

Par bajas vueltas

---

# ***SOLUCIONES POSIBLES DE VARIACION***

---

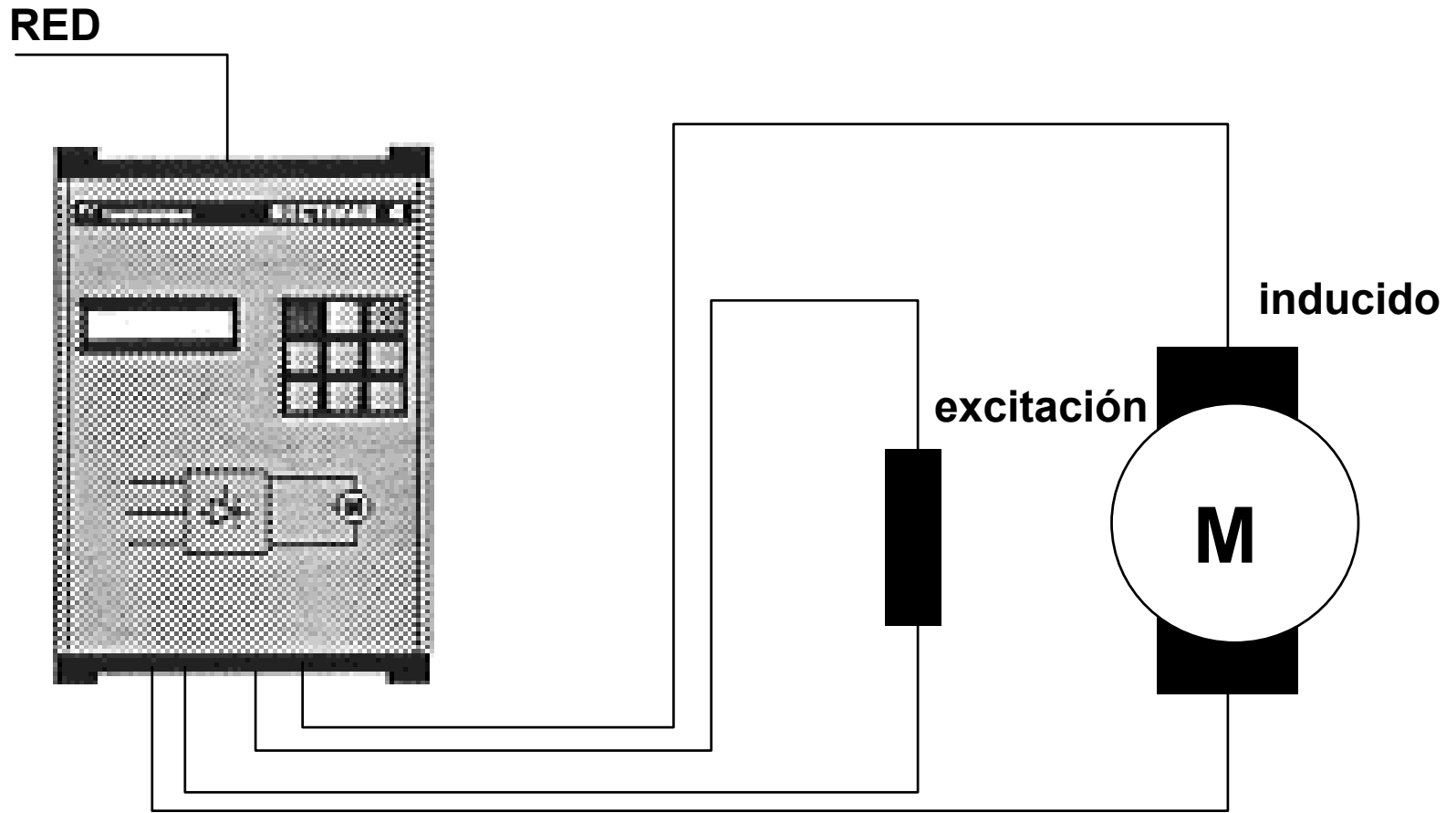
## *Soluciones posibles*

### **MOTORES**

### **EQUIPOS**

<b>CORRIENTE CONTINUA</b>	<b>VARIADORES</b>
<b>CORRIENTE ALTERNA ROTOR JAULA ARDILLA</b>	<b>ARRANCADORES VARIADORES</b>
<b>CORRIENTE ALTERNA ROTOR BOBINADO</b>	<b>VARIADORES CON RESISTENCIAS ROTORICAS</b>
<b>SERVOMOTORES</b>	<b>VARIADORES SERVO</b>

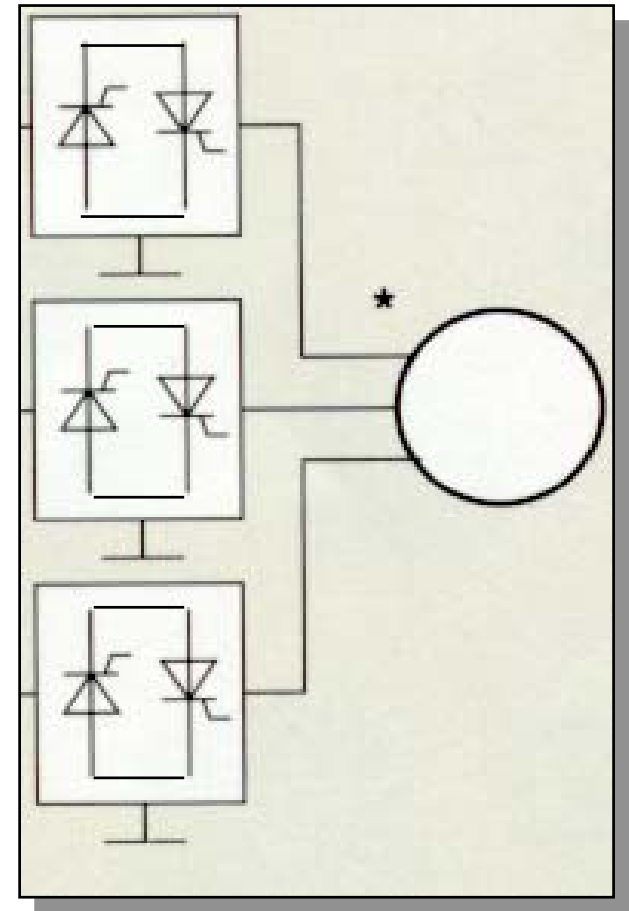
# Variador y motor de corriente continua



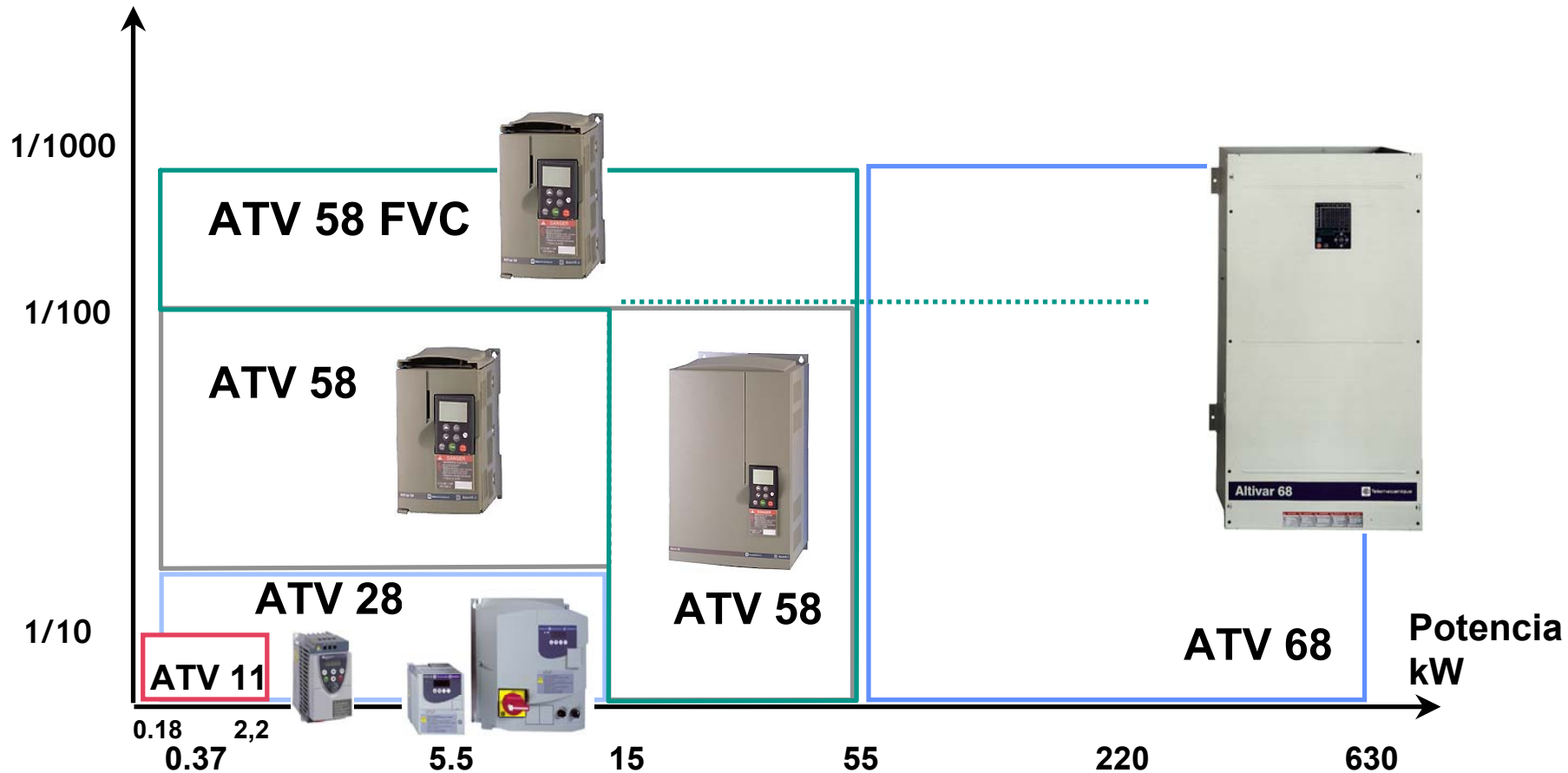
# Arrancador y motor de corriente alterna



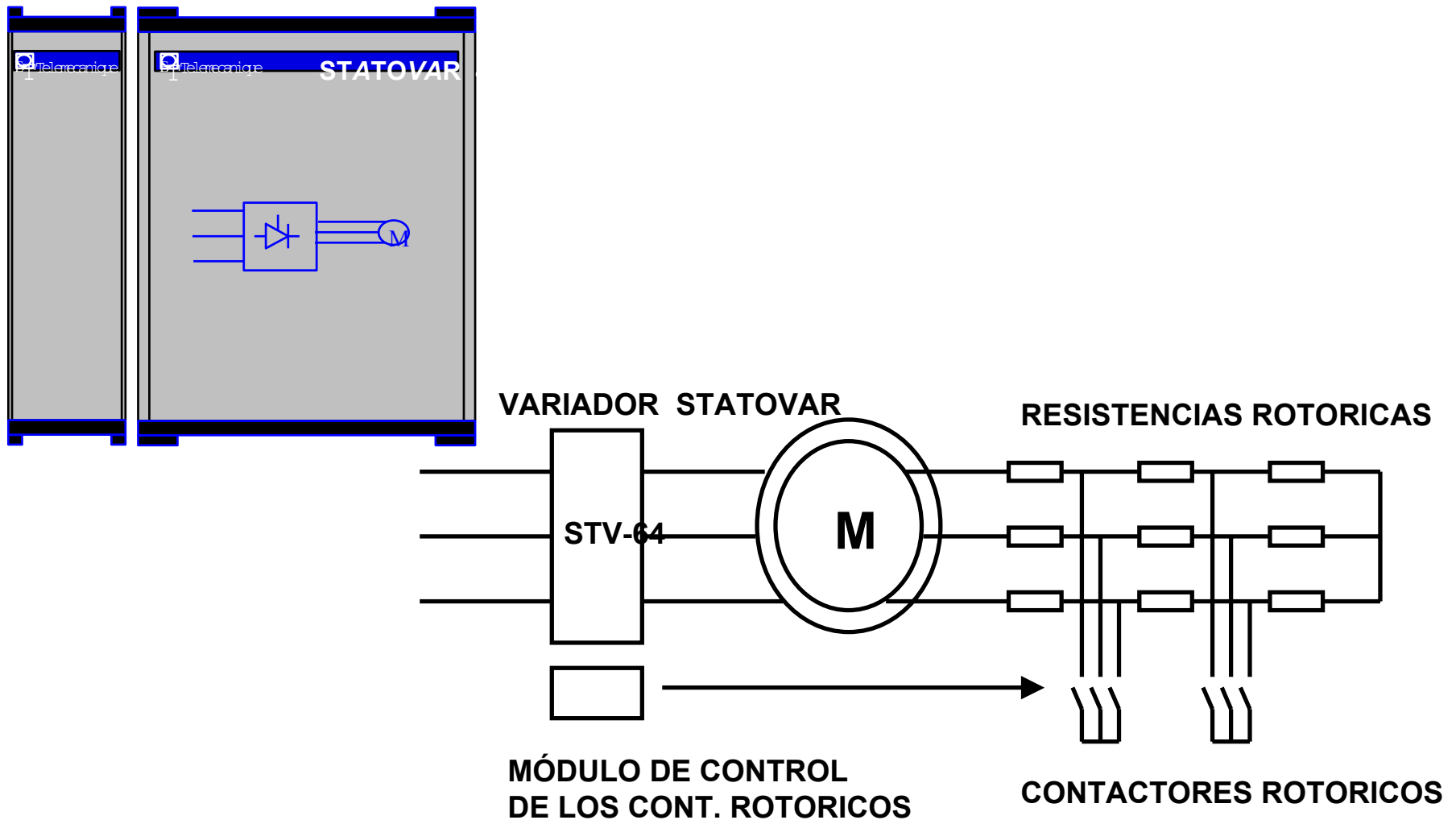
=



# Variador y motor de corriente alterna



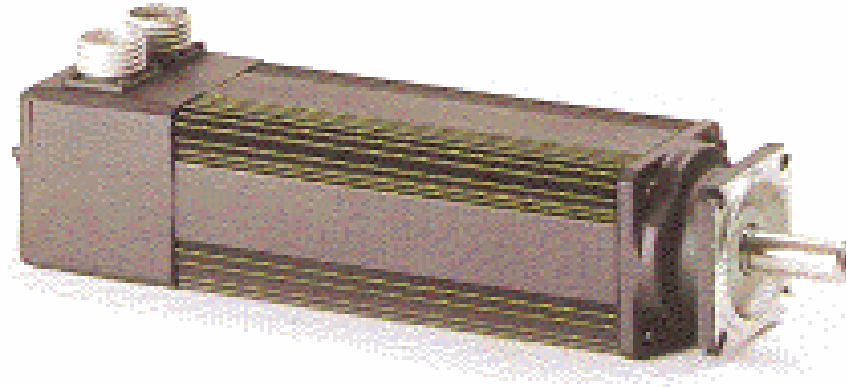
# Variador y motor CA rotor bobinado



---

# Variador servo y servomotor

---



## **MOTOR**

**Brushless de imanes permanentes**

**Rotor de baja inercia**

**Alta dinámica**

**Sensor de velocidad integrado**

## **VARIADOR**

**Específico para este motor**



---

# *SELECCIÓN DEL VARIADOR*

---

---

# *Criterios de selección*

---

- **Características técnicas aplicación**
- **Coste de variador + motor + instalación**
- **Coste de mantenimiento**
- **Prestaciones adicionales**

# Valoración soluciones

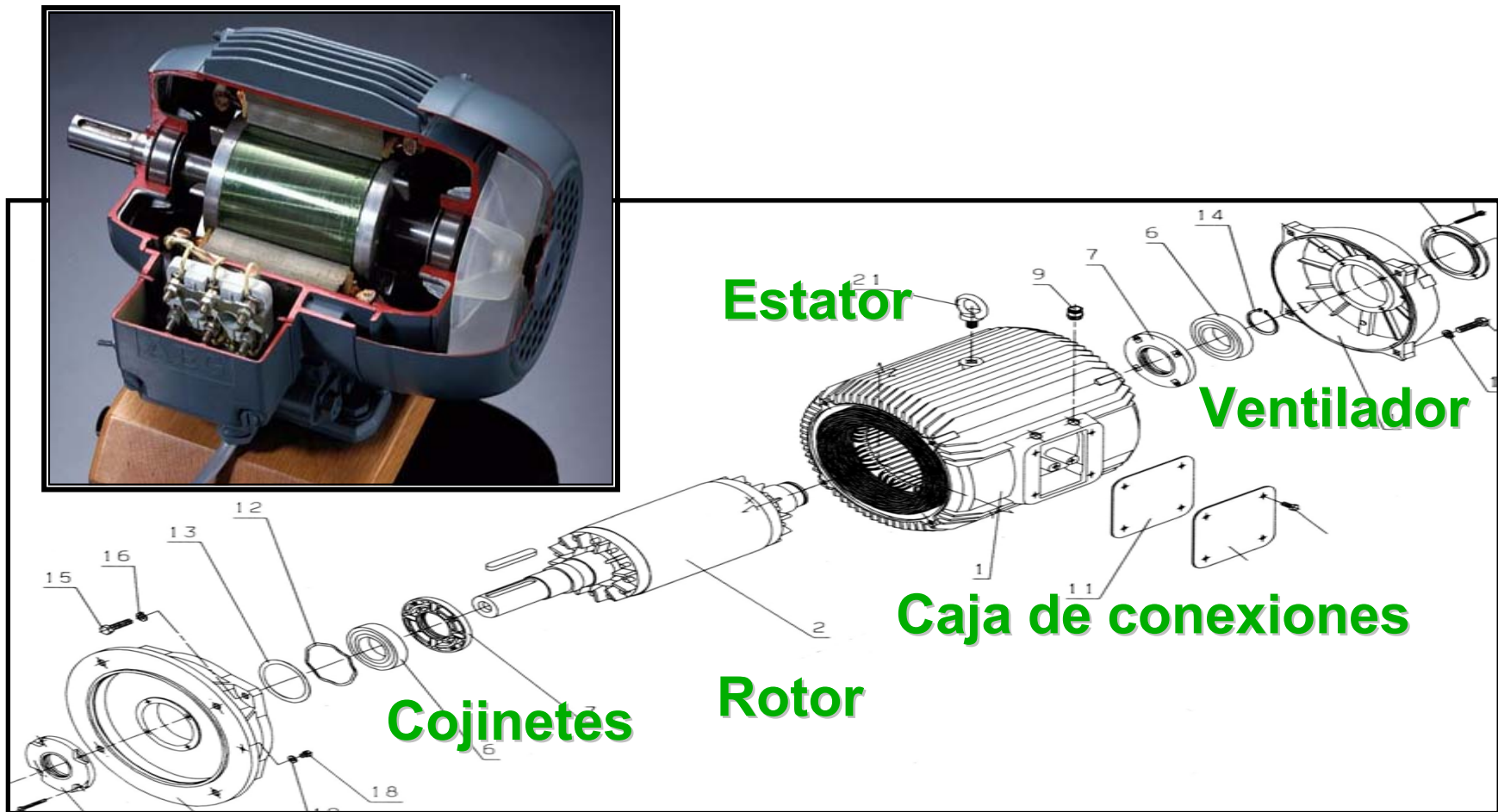
	Características Técnicas	Coste Compra	Coste Manto	Prestaciones Auxiliares
Variador CC	★ ★ ★	★	★	★
Arrancador CA	★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★
Variador CA	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★
Rotor bobinado	★ ★	★	★	★
Servos	★ ★ ★	★	★ ★	★ ★ ★

# Variadores motores de corriente alterna

ATV 11    ATV28    ATV38  
ATV58    ATV58F    ATV68

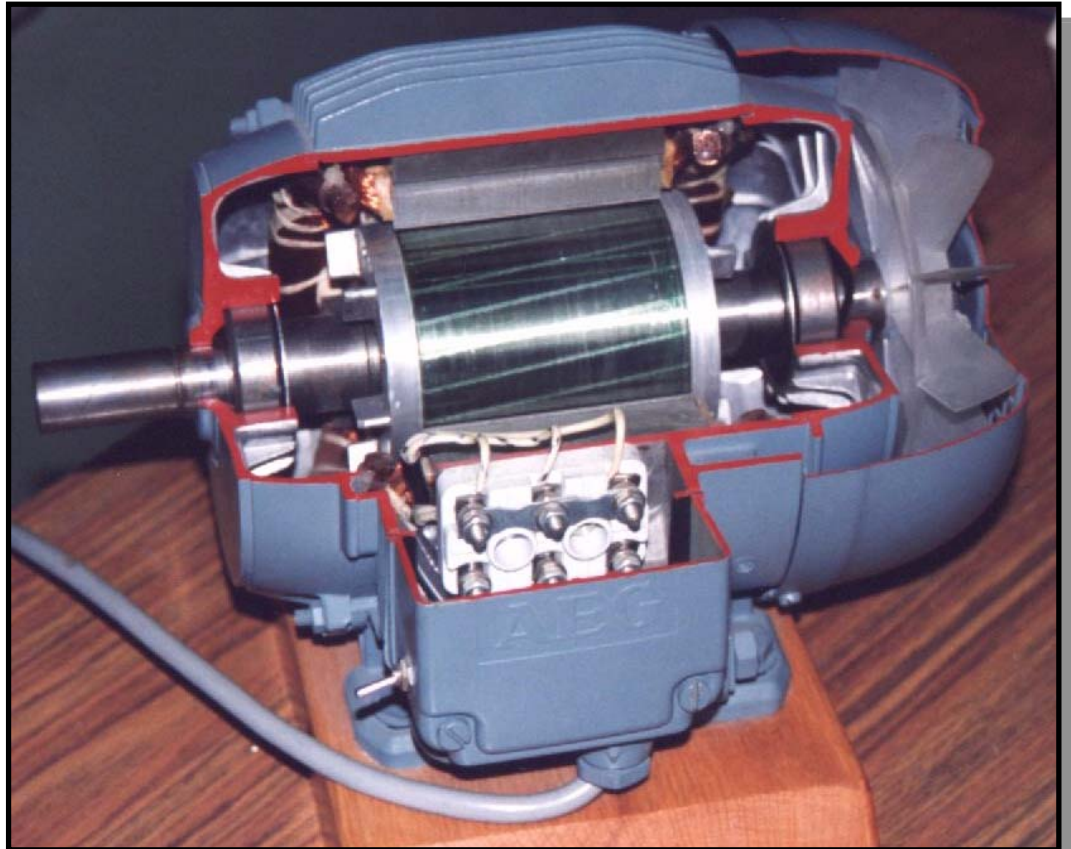


# Motor asíncrono trifásico CA rotor en cortocircuito



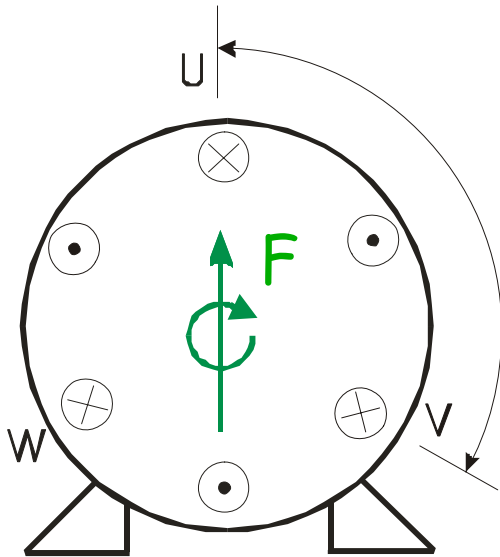
# Circuito magnético

- Corona estática:  
Chapas magnéticas (espesor 0,35 y 0,5 mm) aisladas por barnices, ranuradas, prensadas y sujetas a la carcasa.
- Entrehierro
- Corona rotórica:  
Chapas magnéticas aisladas, apiladas sobre el eje y ranuradas.



# Funcionamiento del motor de inducción (ASM) - estator

Estator:

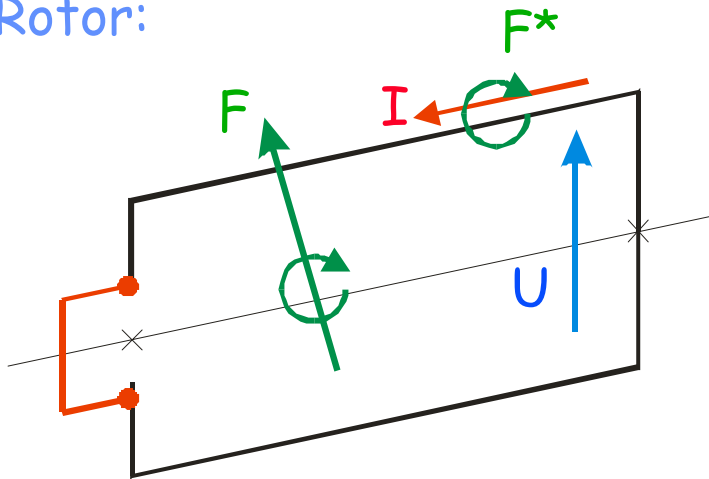


3 bobinas defasadas 120° geométricos  
+ 3 tensiones defasadas 120° en el tiempo  
= campo magnético giratorio

$$n_{\Phi} = \frac{f \times 60}{p} \quad [\text{rpm}]$$

# Funcionamiento del motor de inducción (ASM) - rotor

Rotor:



1. principio - generador  $U = f(F, t)$

2. principio - motor  $T = f(F, I)$

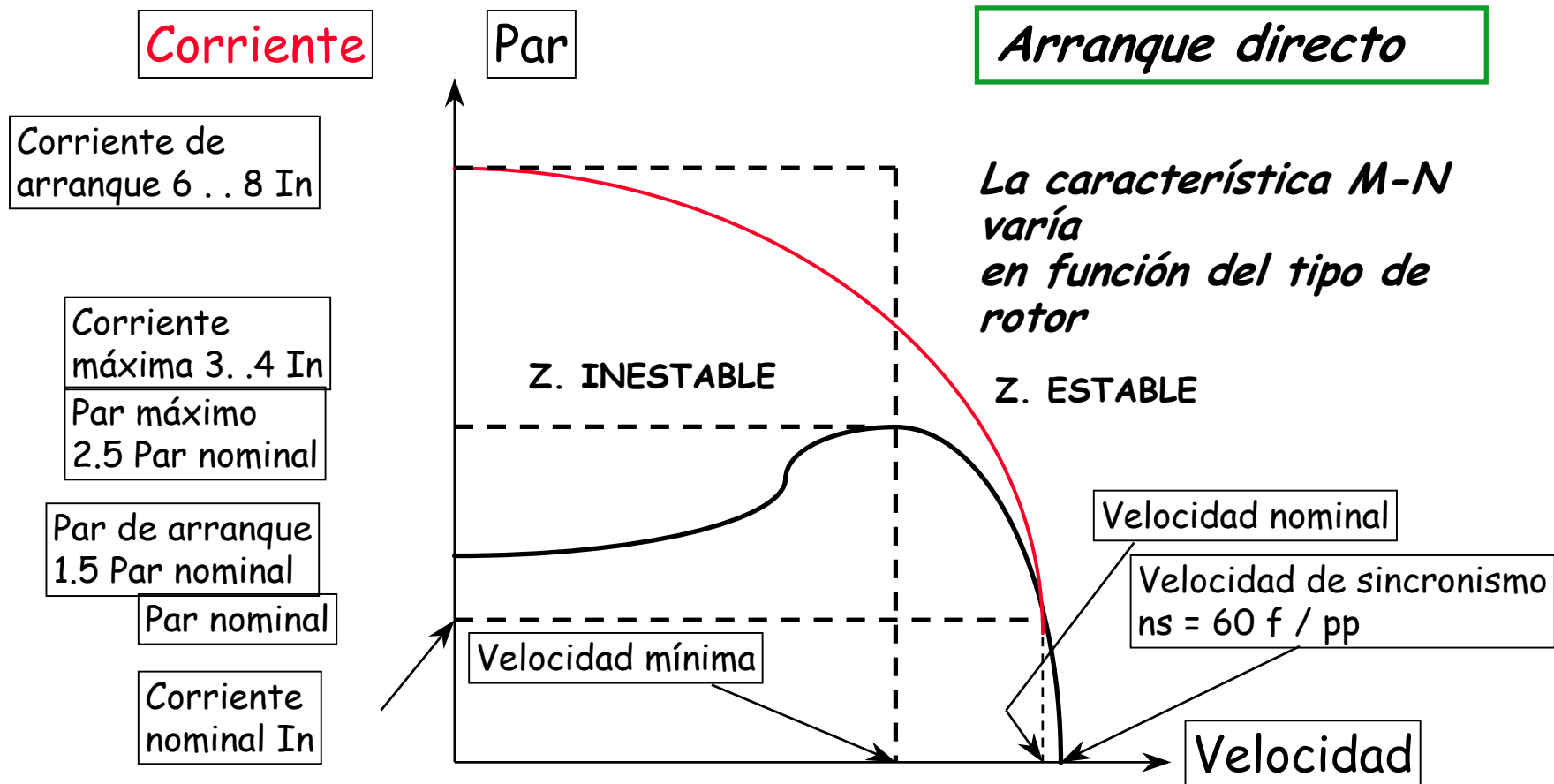
$$n_{ASM} = \frac{f \times 60}{p} \times (1 - s) \text{ [rpm]}$$



# Deslizamiento

1. Si el rotor estuviera rotando a la la velocidad sincrónica, las barras de este serían estacionarias con respecto al campo magnético y no habría voltaje inducido.
2. Si el voltaje inducido es cero, no habría corriente en el rotor ni tampoco campo magnético rotórico. Sin este campo, el par inducido sería cero y el motor se pararía por pérdidas de rozamiento.
3. En consecuencia, un motor de inducción puede acelerar hasta una velocidad cercana a la de sincronismo, pero nunca podrá alcanzarla.
4. Vemos, que mientras los campos magnéticos del rotor y del estator rotan conjuntamente a una velocidad sincrónica, el rotor en sí girará a una velocidad menor.

# Características del motor



---

# *¿CÓMO LOGRAMOS LA VARIACION?*

---

# Velocidad del motor de inducción (ASM)

$$n_{ASM} = \frac{f \times 60}{p} \times (1 - s) \text{ [rpm]}$$

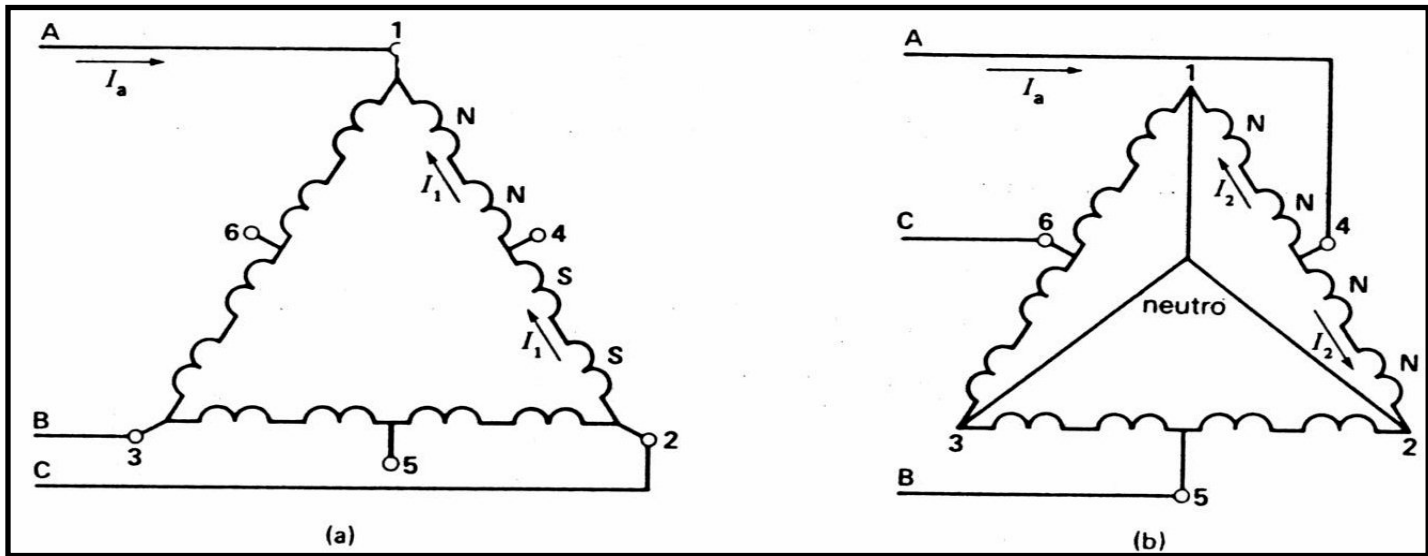
motor de anillos rozantes con resistencias en el circuito del rotor

conmutación de pares de polos

frecuencia del variador

# Variación del número de pares de polos

1. Devanados independientes.
2. El mismo devanado, cambiando el sentido de la I en las bobinas.



CONEXIÓN DAHLANDER

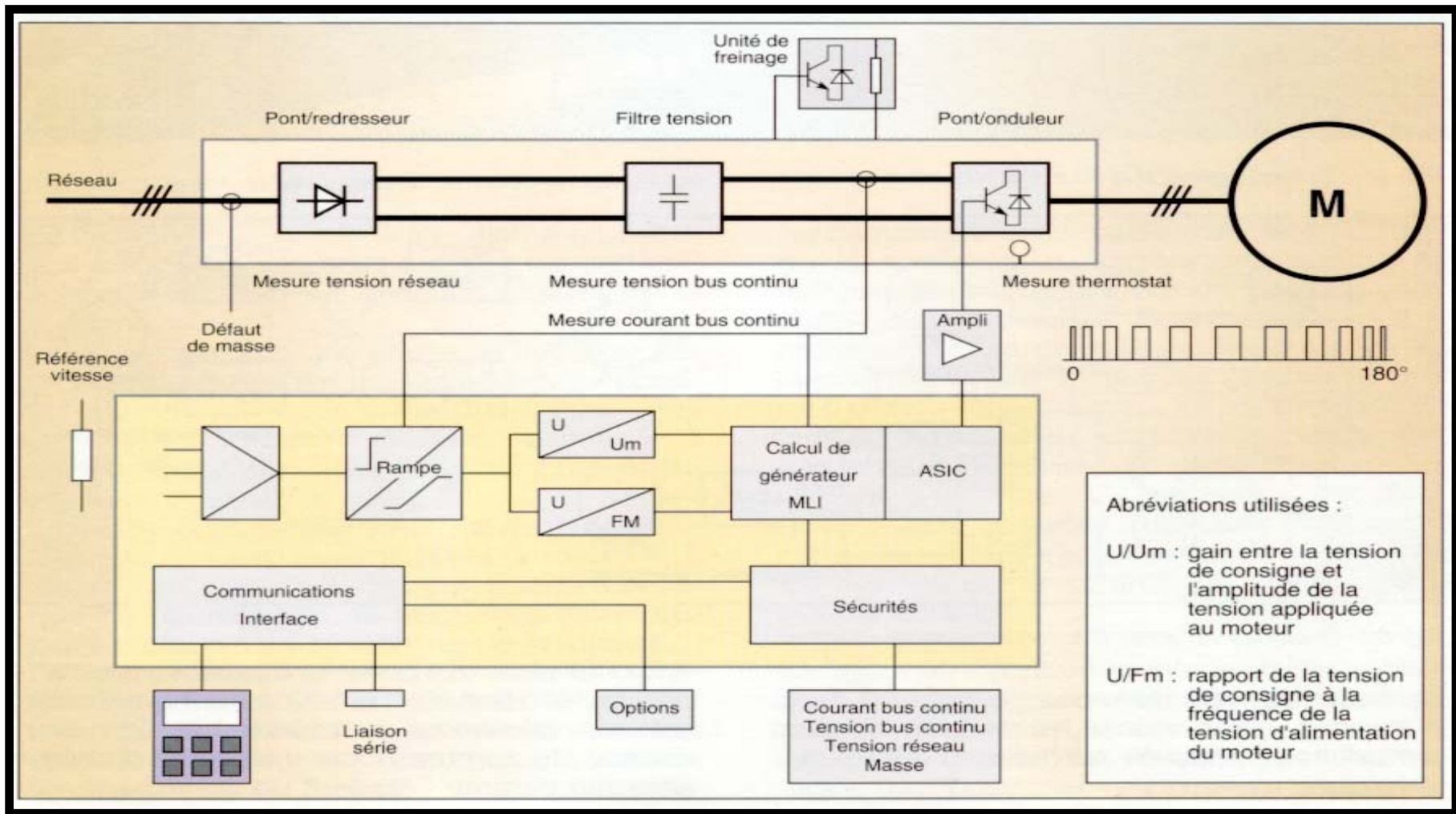
# Variadores y su evolución



# Principio de funcionamiento



# Diagrama de bloques



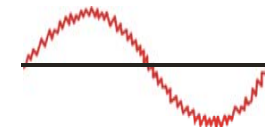
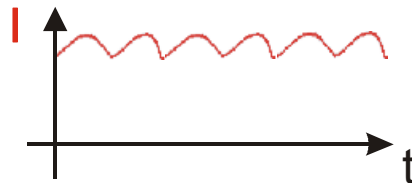
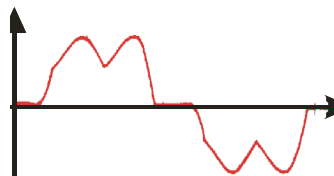
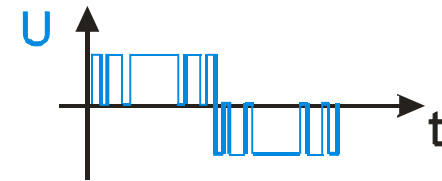
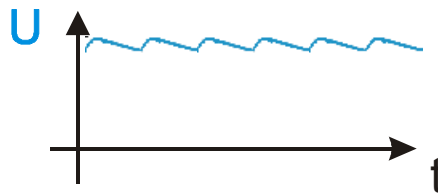
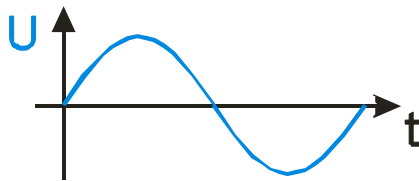
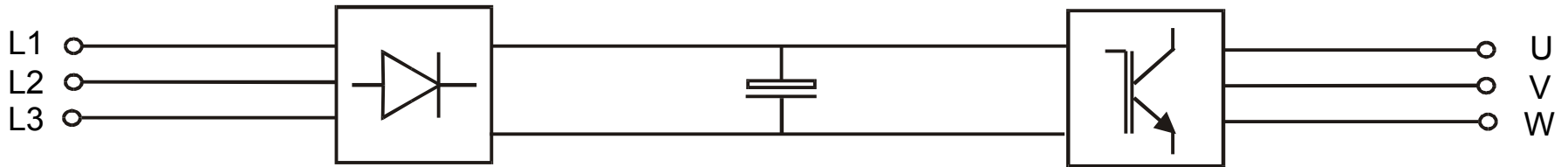


# Función principal del variador (VSD)

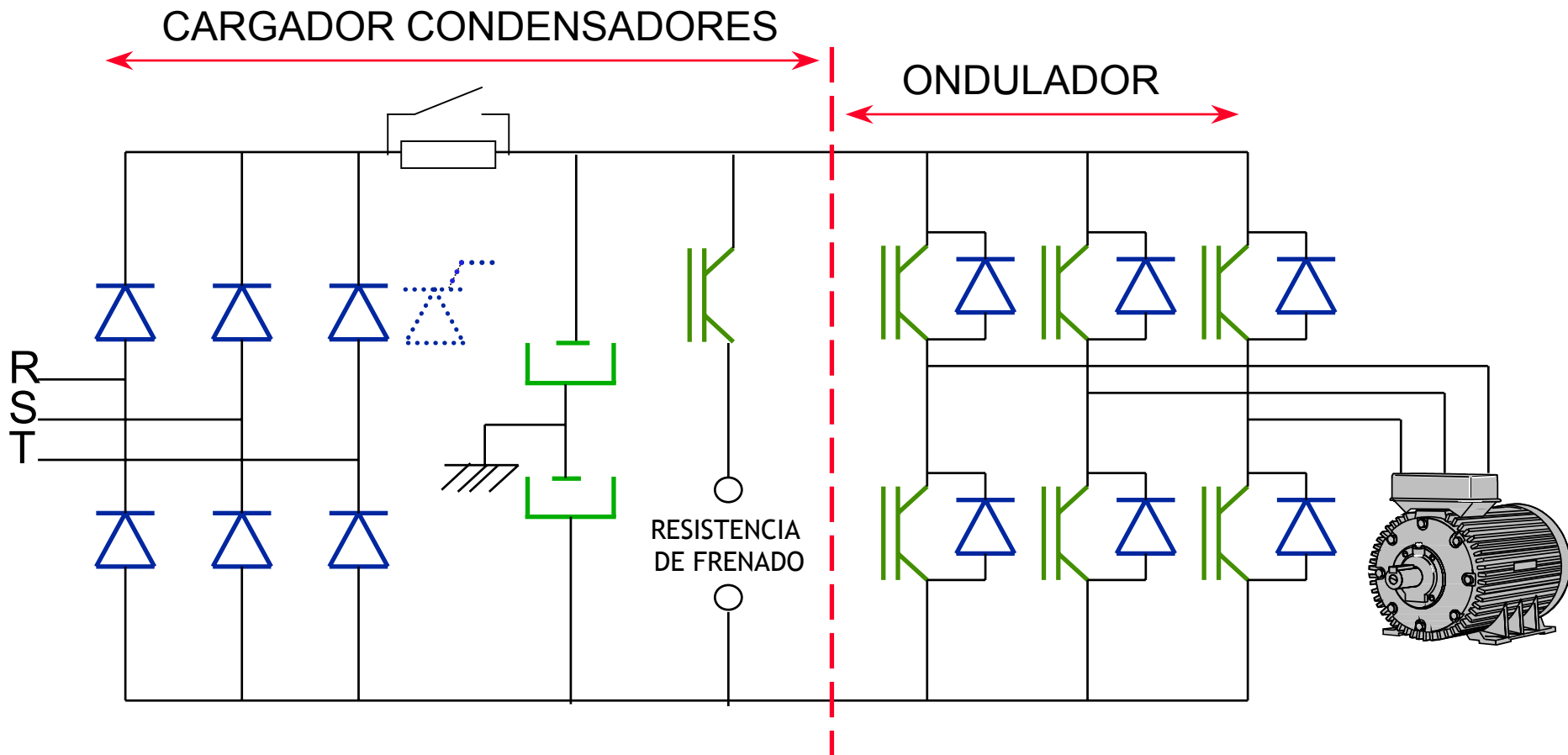
Puente rectificador  
de 6 diodos

Condensadores  
del bus CC interno

Puente inversor  
con 6 IGBT

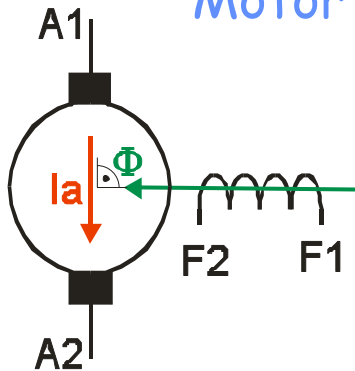


# Esquema de potencia



# Control de flujo vectorial

Motor cc:



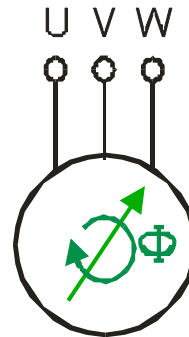
$$T = F \times I_a$$

$$F \perp I_a$$

AFE ... escobillas  
devanado de  
compensación

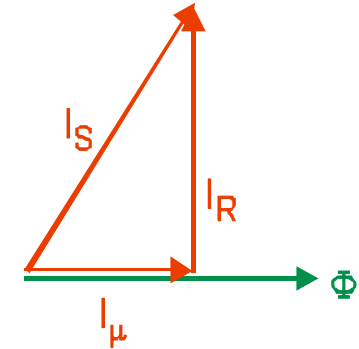
Flujo y par se pueden ajustar  
separadamente uno del otro

Motor trifásico de inducción



$$T = \vec{F} \times \vec{I}_R$$

$$F \perp I_R$$

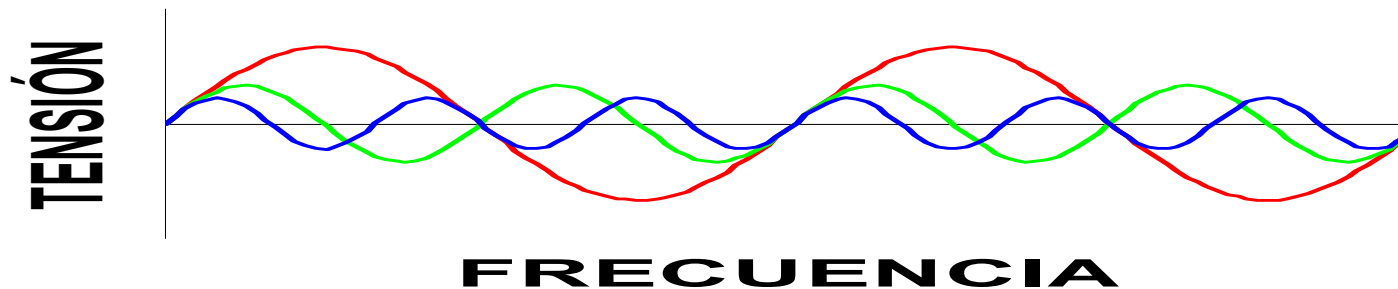
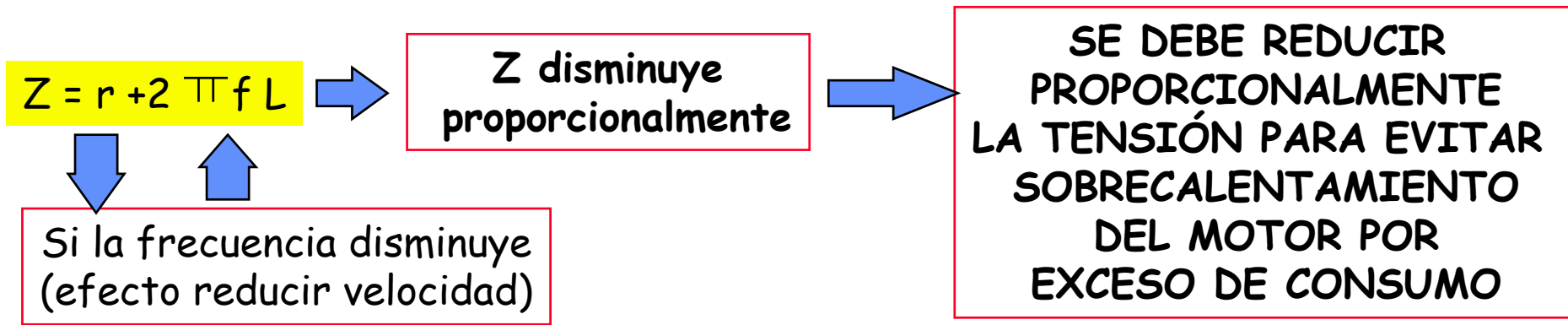


(producto de vectores)

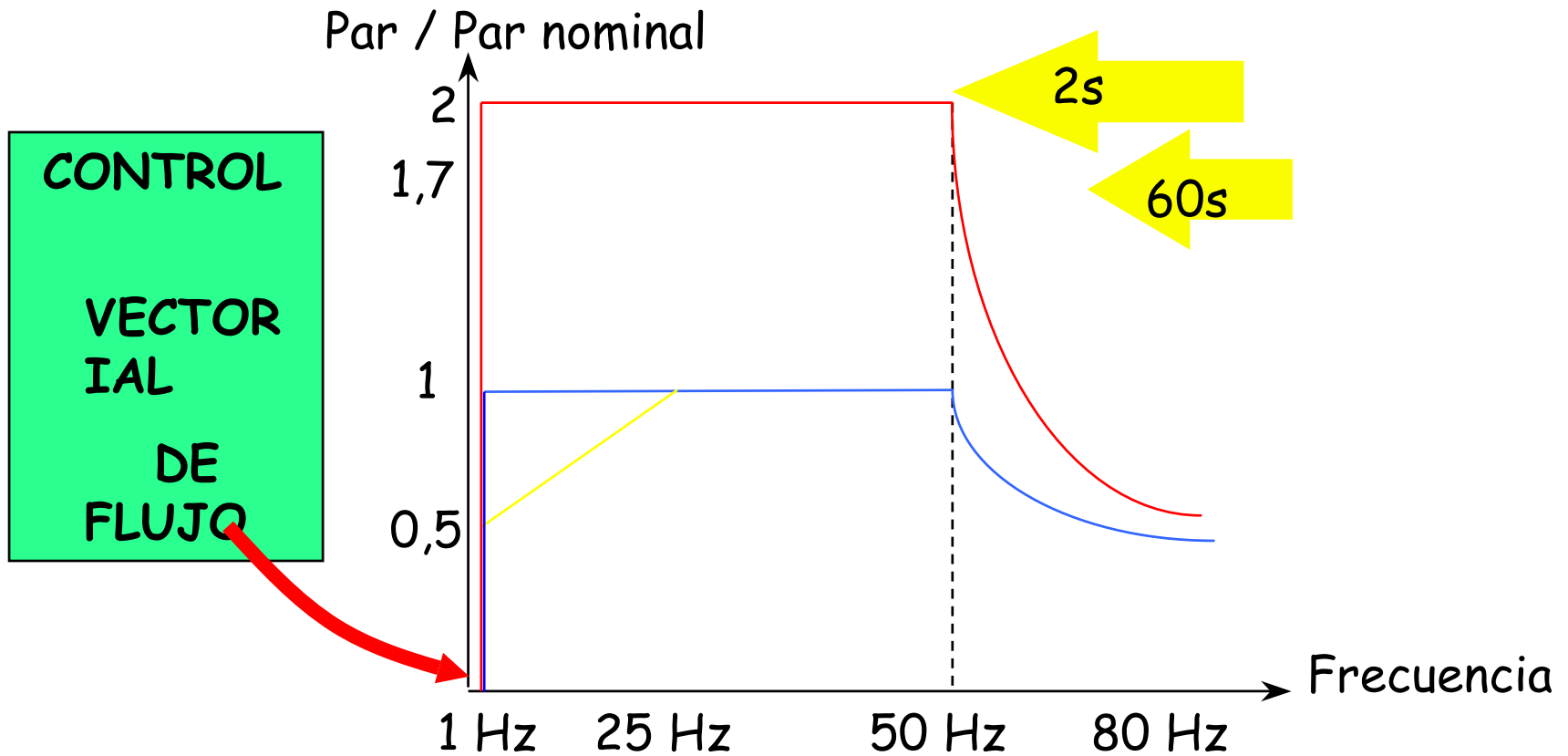
Flujo y par (corriente de rotor = corriente activa) sólo son controlables actuando conjuntamente sobre la tensión y la frecuencia

La regulación del campo orientado  
produce una desconexión del control

# Ley tensión / frecuencia



# Curva par / velocidad



# Par a bajas vueltas

