



# II JORNADAS TÉCNICAS DE TELECONTROL DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA

Sierra Nevada, 2 al 4 de abril de 2008

Área de Ingeniería de Sistemas y Automática – Universidad de Granada

## Estrategias de Ahorro Energético *Variadores de Velocidad*

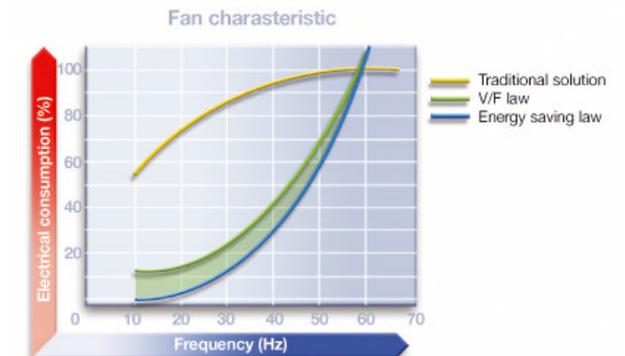
*Marc Mas  
Dpto. Motion & Drives  
Schneider Electric*





## Posibilidades de Ahorro con VV

- Ahorro en **potencia reactiva**
  - La onda de corriente fundamental está en fase con la tensión  $\text{Cos}\phi = 1$
- Ahorro en **potencia activa**
  - El consumo de potencia activa de un motor conectado a un variador de frecuencia es similar a la potencia mecánica
- Ahorro en **mantenimiento**
  - Ausencia de elementos electromecánicos de potencia y la suavidad de la transmisión de movimiento
- Ahorro en **tiempo de Instalación**
  - El variador de frecuencia incorpora todos los elementos necesarios para un gobierno total del motor y su instalación es muy simple

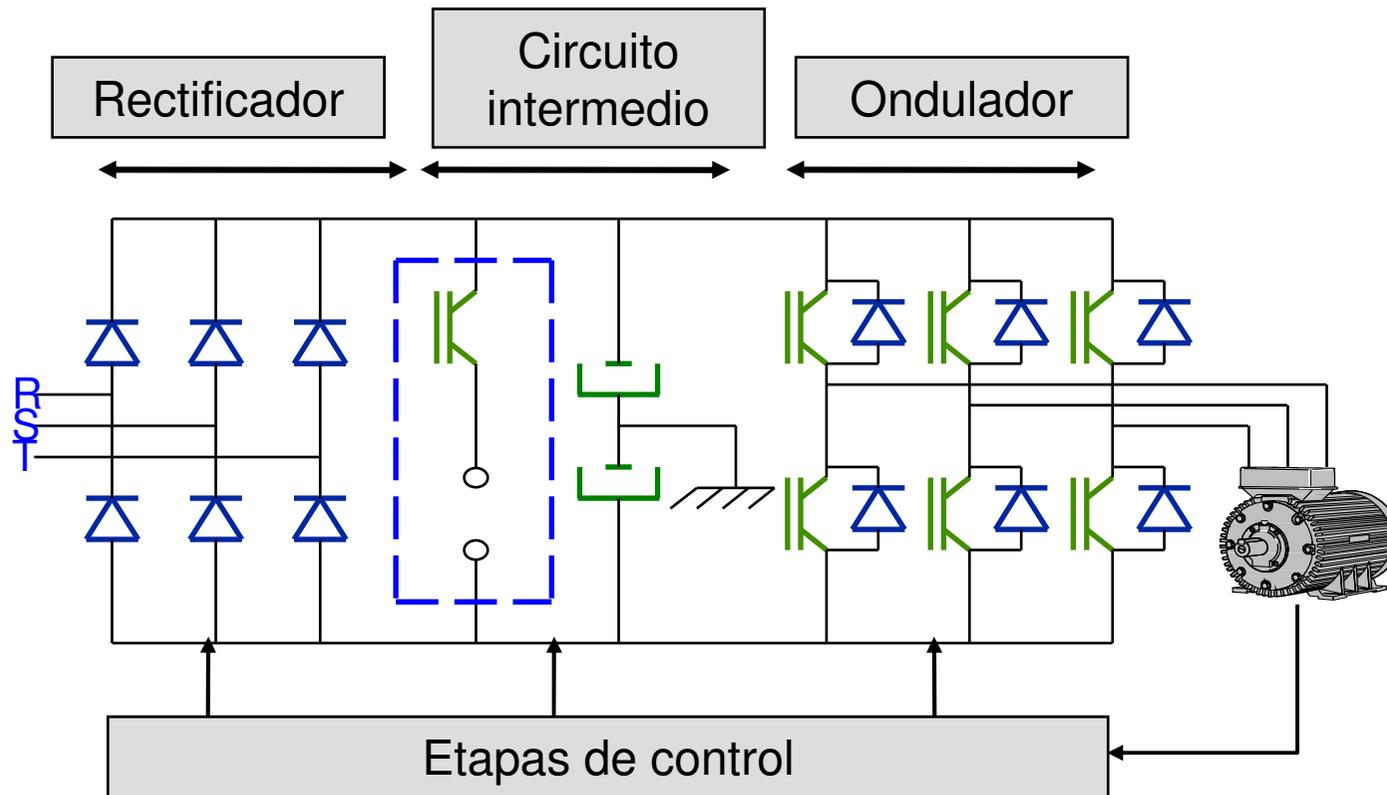


# Estrategias de Ahorro Energético

## Variadores de Velocidad



### Ahorro en potencia reactiva

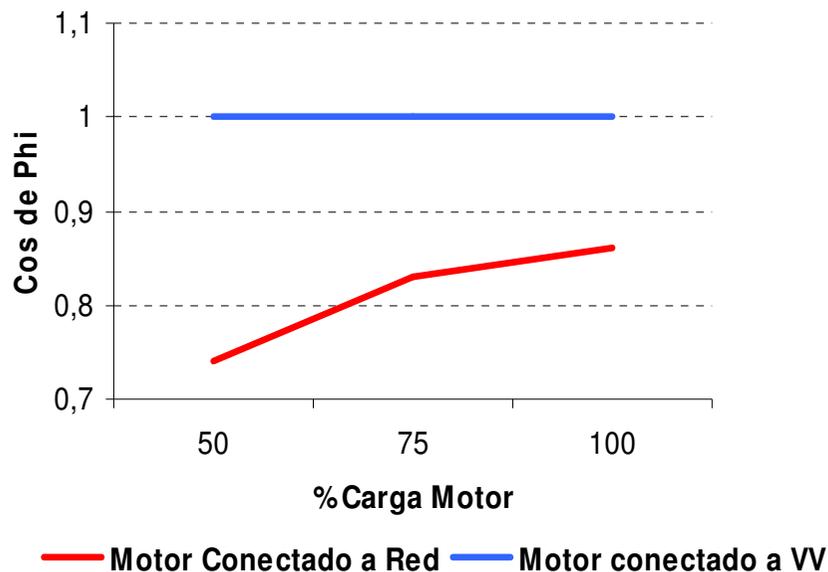


El **OBJETIVO** es convertir energía eléctrica de tensión y frecuencia constantes en energía eléctrica de tensión y frecuencia variables



## Ahorro en potencia reactiva

### Inconvenientes de un bajo Factor de Potencia

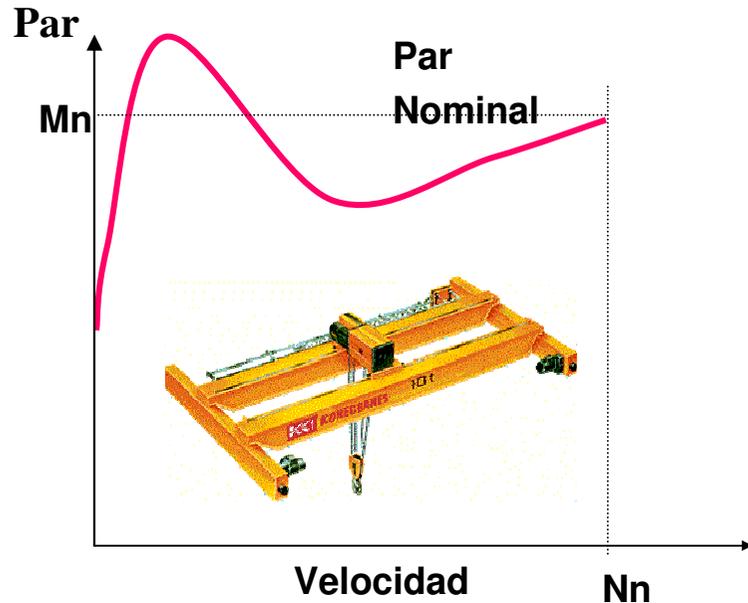


- Aumento de la intensidad de corriente
- Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión
- Incrementos de potencia de las plantas, transformadores, reducción de su vida útil y reducción de la capacidad de conducción de los conductores
- La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.
- Aumentos en las facturas por consumo de electricidad.



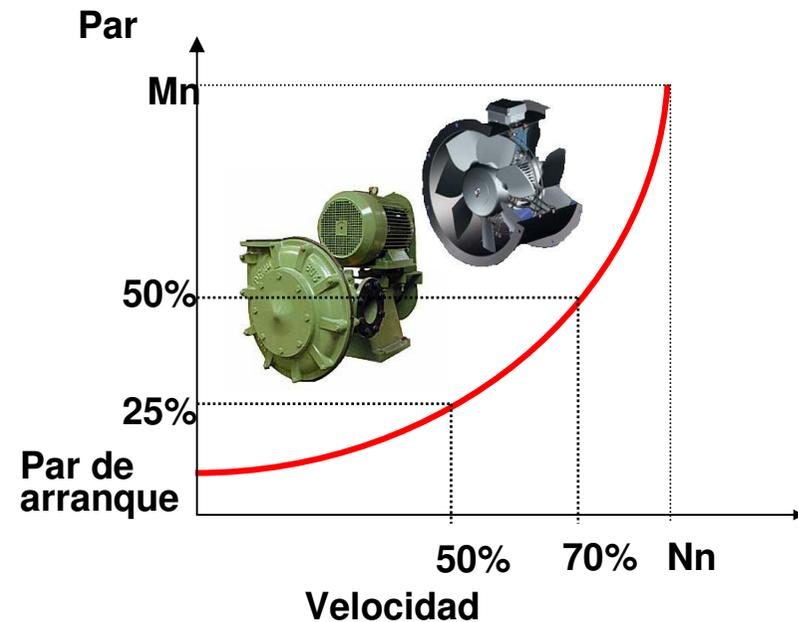
### Tipos de Cargas

Par constante



Cintas transportadoras, movimiento horizontal y vertical, maquinas de corte ...

Par variable

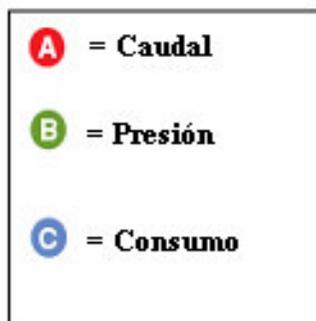
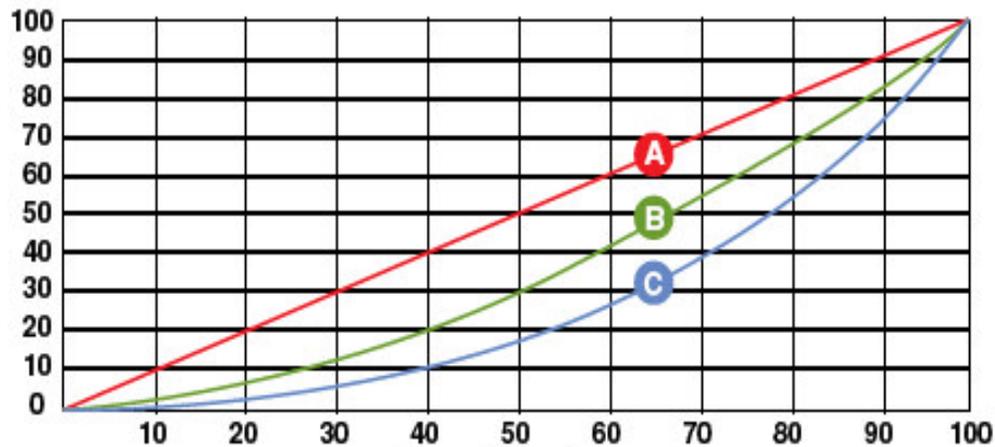


Ventiladores para la extracción de humos, renovación de aire... y bombas para dosificación, elevación, circulación, aspersión y distribución de fluido.



## Comportamiento de las cargas centrífugas

Caudal, Presión y  
Consumo en %



Velocidad Motor en  
%

➤ Ahorros de energía significativos a bajas vueltas de motor debido al comportamiento de las cargas centrífugas:

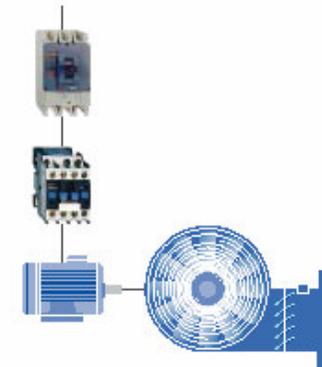
- Caudal =  $f$  (velocidad motor)
- Presión =  $f$  (velocidad motor)<sup>2</sup>
- Potencia =  $f$  (velocidad motor)<sup>3</sup>

# Estrategias de Ahorro Energético

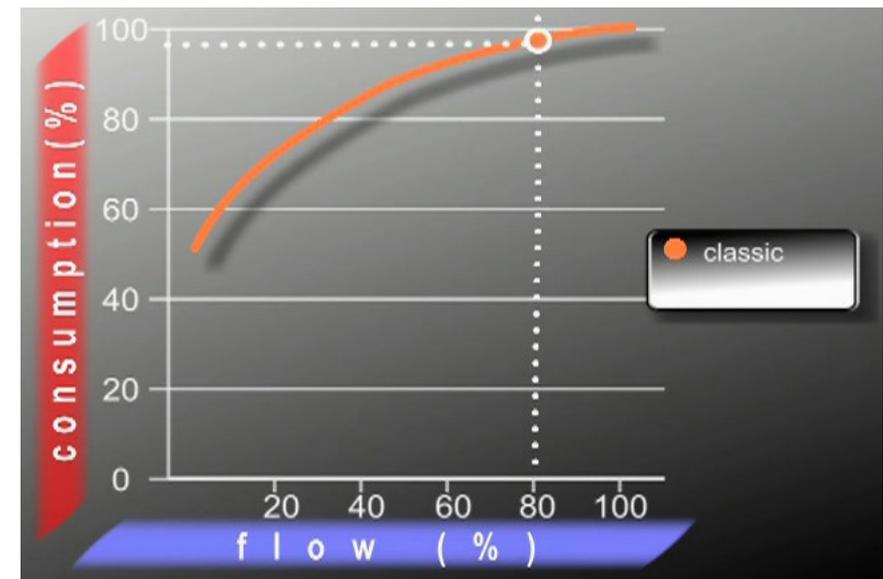
## Variadores de Velocidad



### Alimentación motor : Directa



- **Velocidad del motor nominal** : Las variaciones de caudal se obtienen mediante restricciones mecánicas como válvulas. ...
- La reducción de **caudal** apenas disminuye la potencia absorbida.
- **Ejemplo de un bomba** :
  - Regulación del caudal por válvula de salida
  - Al 80% del caudal nominal, la **potencia consumida es el 95%** de la nominal.



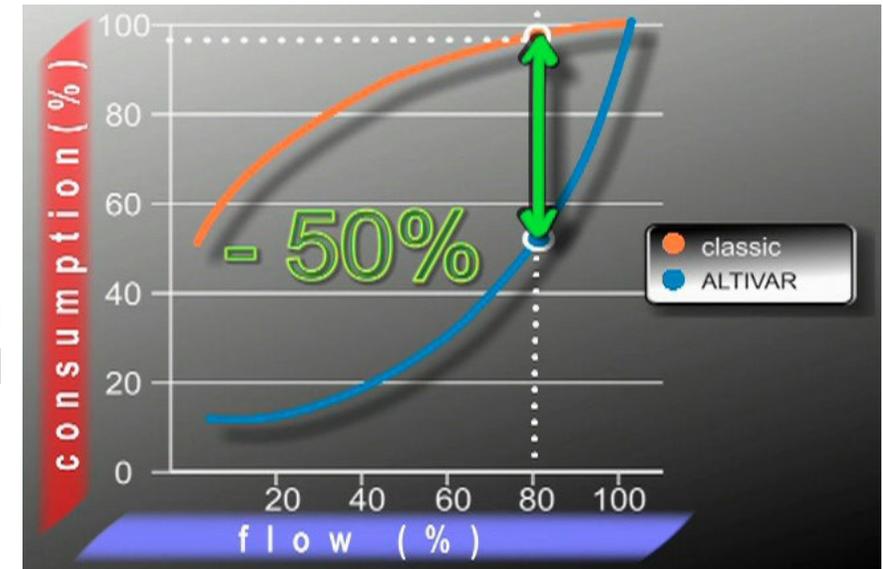
# Estrategias de Ahorro Energético

## Variadores de Velocidad



### Motor alimentado por un Altivar

- La **velocidad** del motor se ajusta **acorde al caudal demandado**
- La reducción de caudal ocasiona una **caída sustancial de la energía absorbida**
- **Ejemplo** de un **bomba** equipada con un variador de velocidad:
  - Regulación del caudal por el variador.
  - al 80% del caudal nominal, **la potencia consumida es del 50%** de la nominal



**Ahorro en potencia activa !**



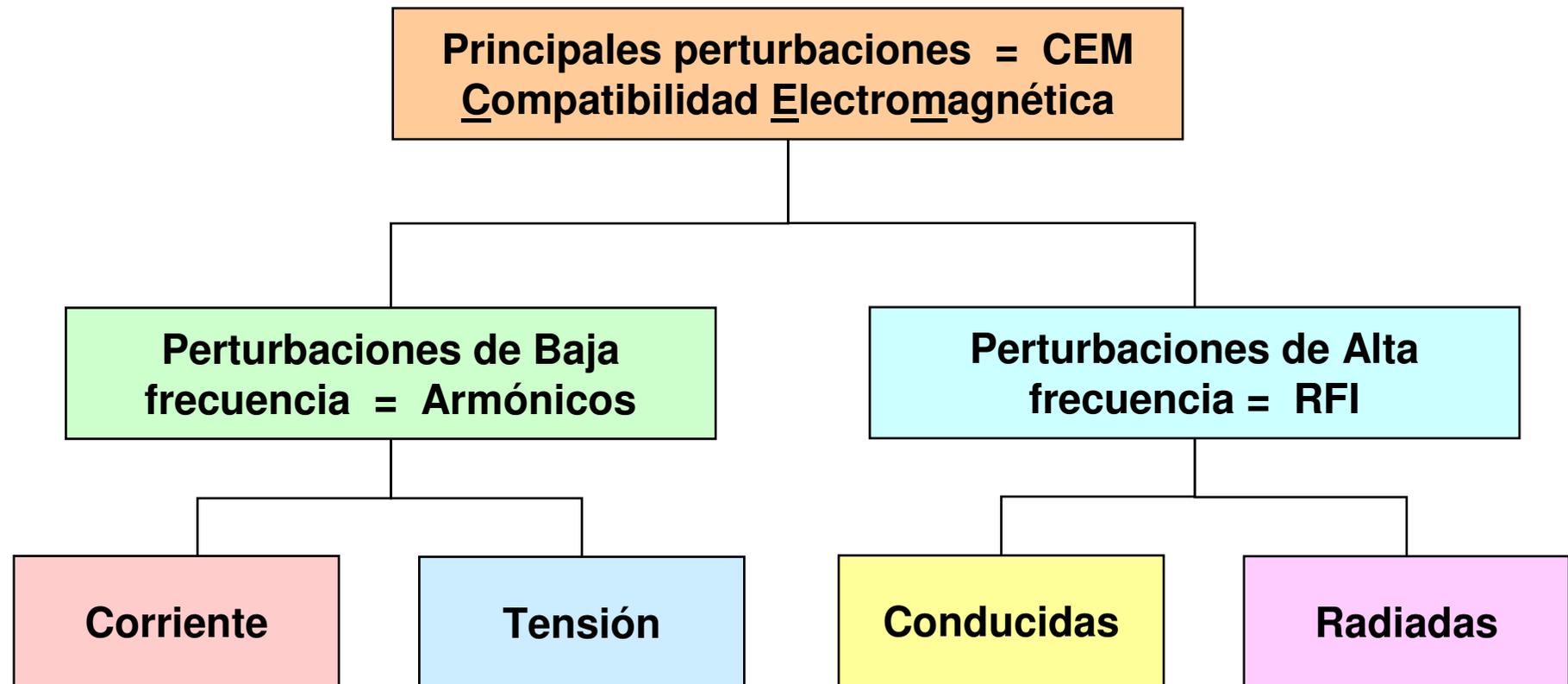
## Beneficios en aplicaciones de bombeo



- Carta de gestión de bombas
  - Control de una estación de bombeo completa con un único variador
  - Gestión de la carga de trabajo de las bombas
- Reducción del número de arranques
- Regulador PI integrado
  - Mantenimiento de la presión constante en toda la red
  - Referencias predefinidas
  - Funcionamiento Automático/Manual
- Frecuencias de salto
  - Protección de la mecánica



## Perturbaciones ocasionadas por los VV

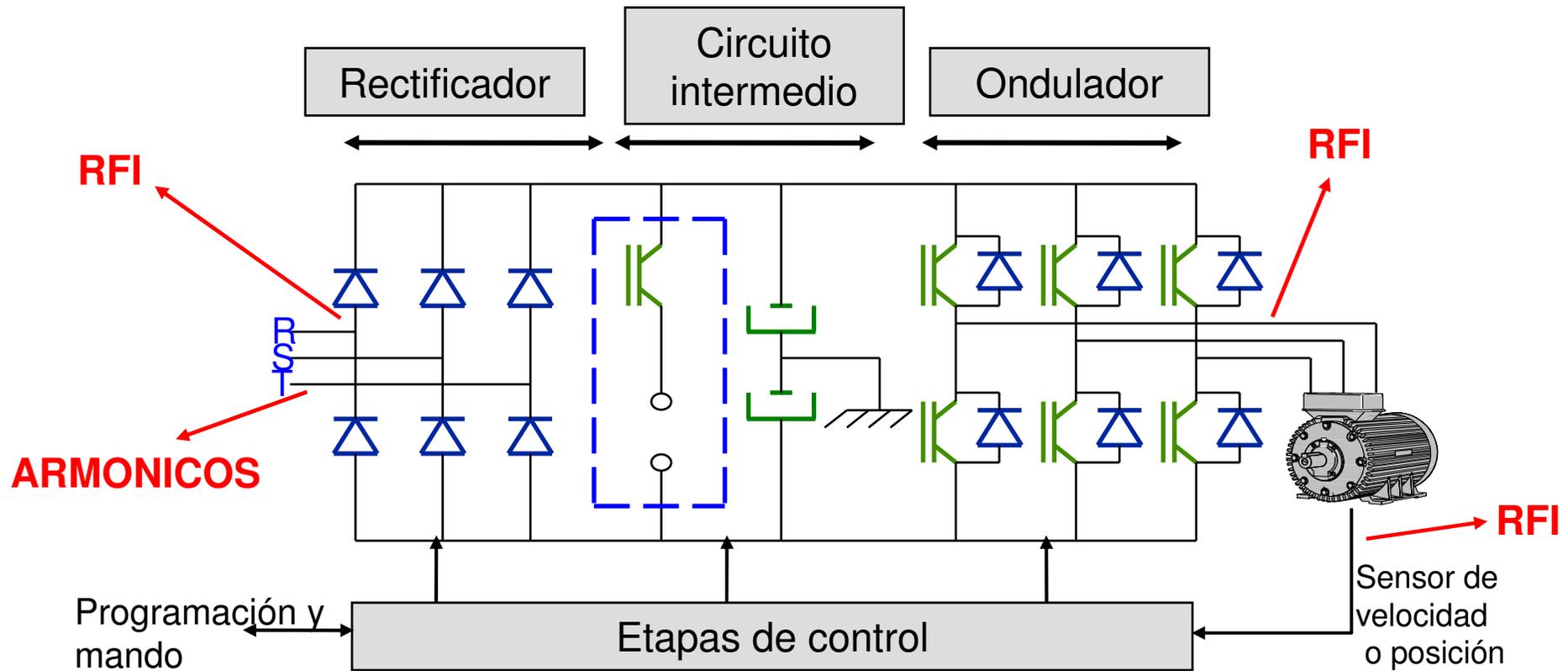


# Estrategias de Ahorro Energético

## Variadores de Velocidad



### Perturbaciones ocasionadas por los VV





## Armónicos

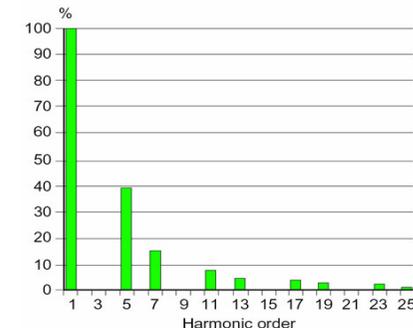
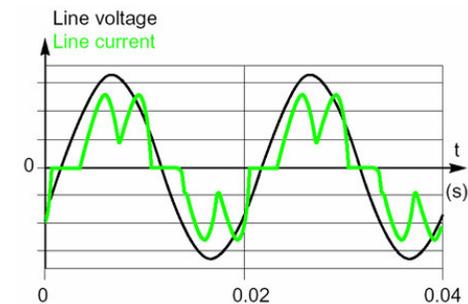
Deformación de la onda senoidal compuesta por una serie de ondas senoidales de diferentes frecuencias y fases.

### Distorsión armónica

- Incremento del valor RMS de la corriente que circula por los condensadores y los transformadores.
- Sobredimensionamiento trafos y conductores para prevenir calentamientos.

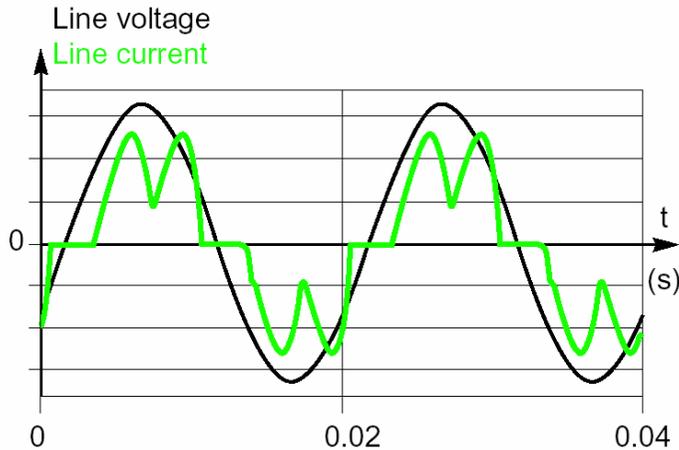
### Efectos:

- Sobrecarga en conductores, transformadores y condensadores.
- Disparo de protecciones
- Sobrecarga del Neutro



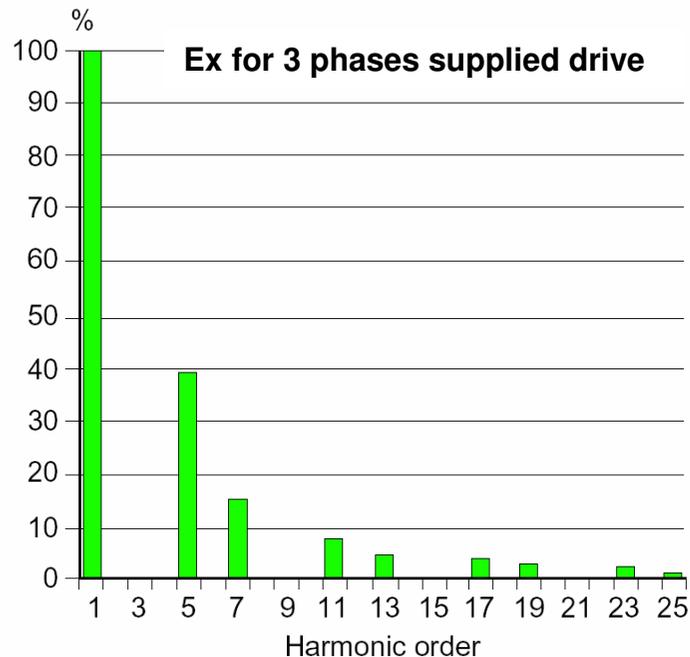
# Estrategias de Ahorro Energético

## Variadores de Velocidad



## ¿Cómo se miden los armónicos?

- Corriente total de distorsión armónica (**THDI**)
  - THDI = Magnitud harmónica comparada con la fundamental.



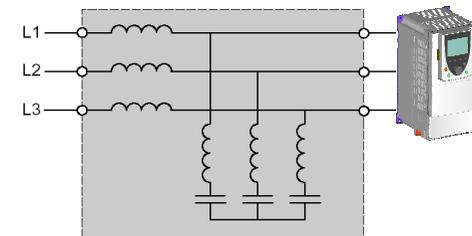
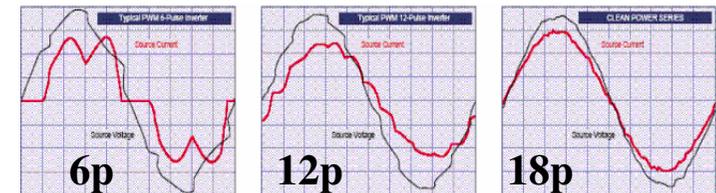
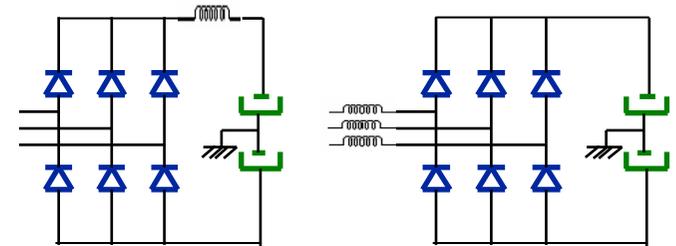
$$THDI = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}}{I_1}$$

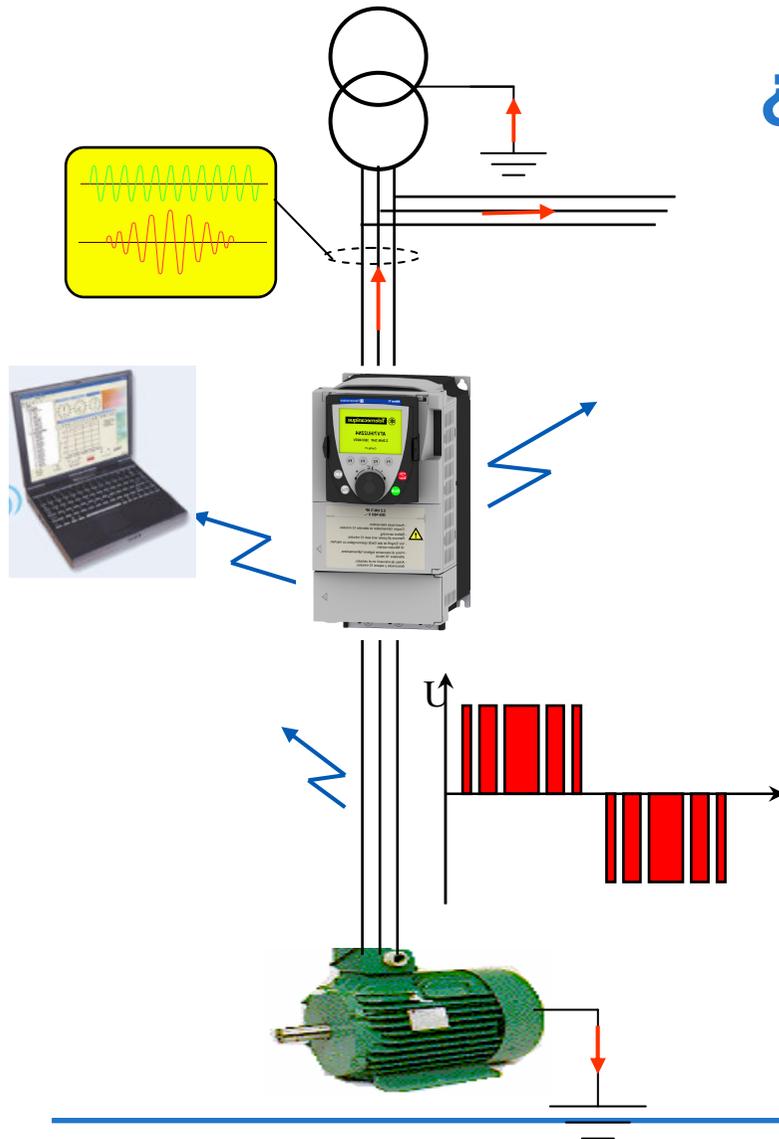
- Los Armónicos se miden con un **analizador de espectro** o calculados.



## Soluciones para reducir el nivel de armónicos

- Inductancia CA o CC (THDI < 48%)
- Transformador de aislamiento (alimentación dedicada)
- Alimentación 12, 18 ó 24 pulsos (THDI < 4%)
- Diseño de la red
- Filtros pasivos (THDI < 10% ó 5%)
- Filtros activos (ACUSINE; SEPD)
- Equipos regenerativos (THDI < 4%)





## ¿Qué ocasiona los RFI?

- Son ocasionadas principalmente por el “chopeado” del voltaje de salida con altos  $dV/dt$  (PWM).
  - --> circulación de corrientes de fuga
  - --> generación de ondas electromagnéticas de HF.
- Las corrientes de fuga son conducidas desde la salida hasta la línea a través de los cables y la capacitancia del motor, generando perturbaciones HF hasta 30 MHz.
- Las ondas electromagnéticas de HF son emitidas al ambiente, generando perturbaciones radiadas de hasta 1GHz



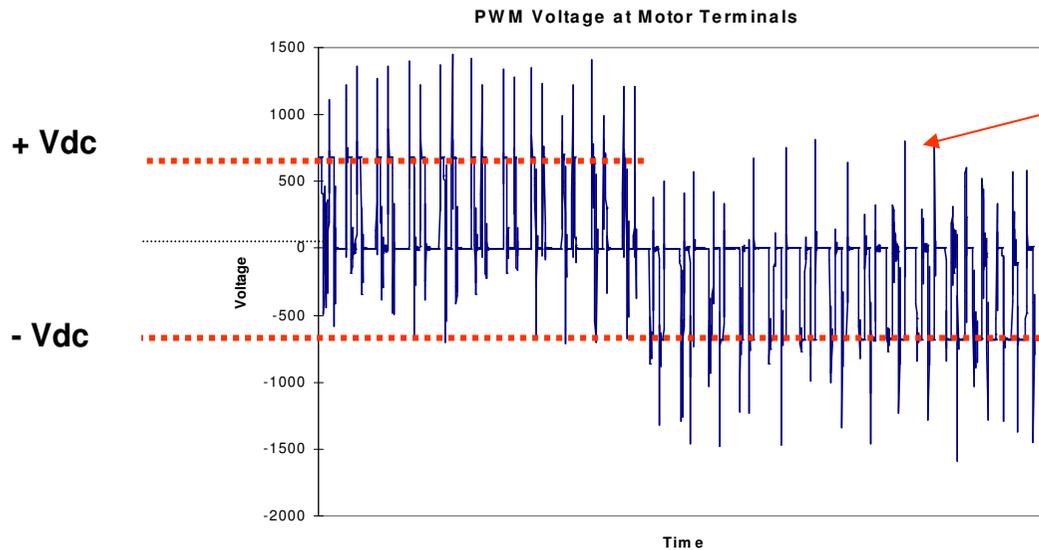
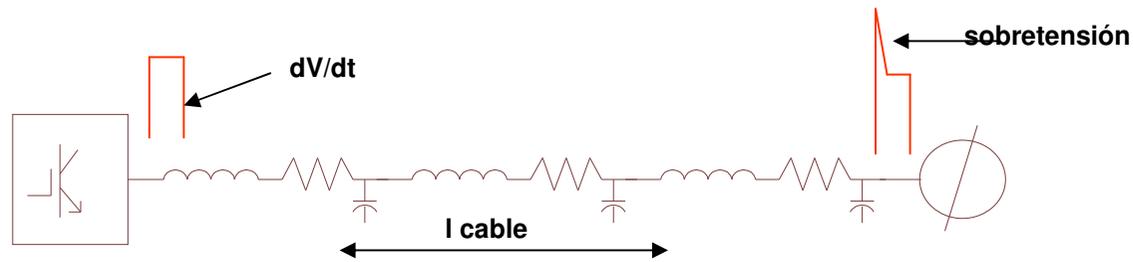
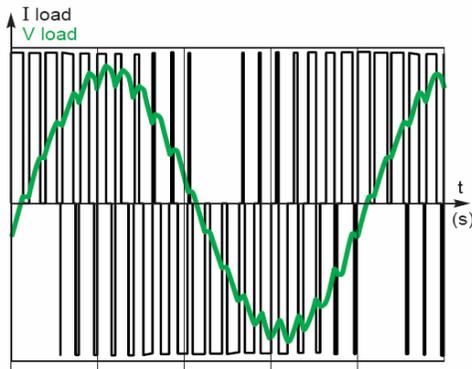
## Soluciones para reducir los RFI



- RESPETO A LAS NORMAS DE CABLEADO
- FILTROS RFI (perturbaciones conducidas y por consiguiente las radiadas)
  - La elección del filtro depende del nivel requerido por la norma, y de la longitud y tipo del cable motor.
- Las perturbaciones pueden atenuarse si se tiene en cuenta la CEM en el diseño (ej. Planos internos de masa) .
- Las perturbaciones radiadas se minimizan utilizando conducciones metálicas o cables apantallados.
- Grandes distancias de cable, inductancias motor y filtros senoidales.



### Grandes distancias de cable



Sobretensión en bornes del motor

Hasta **2 x V bus DC**

p.e.: U línea = 400Vac

V<sub>cc</sub> = 564 V x 1,5 = **846 V**

En longitudes > 150m

V<sub>cc</sub> = 564 V x 2 = **1128 V**

Sin embargo en ciertos casos la sobretensión puede sobrepasar 2 V<sub>dc</sub> ...

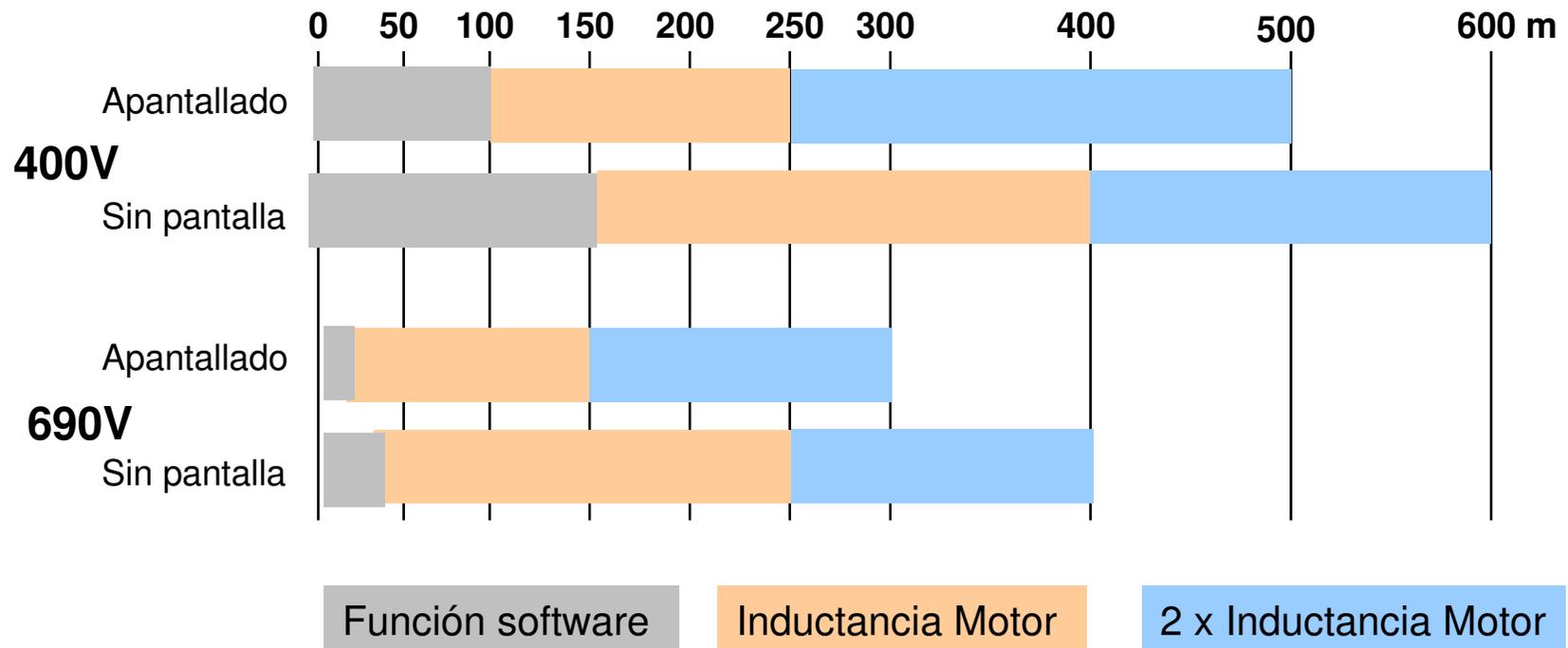
# Estrategias de Ahorro Energético

## Variadores de Velocidad



### Grandes distancias de cable

Potencia > 75Kw



... y hasta 1000 mts con filtro senoidal (<75KW / 400V)

# Estrategias de Ahorro Energético

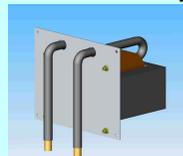
## Variadores de Velocidad



En resumen...



Armónicos y protección  
para redes perturbadas



# Estrategias de Ahorro Energético

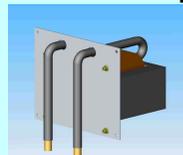
## Variadores de Velocidad



### En resumen...



Armónicos y protección  
para redes perturbadas



Atenuación RFI  
**FILTRO CEM**  
**INTEGRADO**

# Estrategias de Ahorro Energético

## Variadores de Velocidad



### En resumen... y además

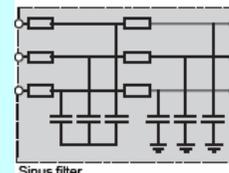


Armónicos y protección para redes perturbadas



Atenuación RFI  
**FILTRO CEM**  
**INTEGRADO**

Dv/dt y sobretensiones motor



# Estrategias de Ahorro Energético

## Variadores de Velocidad

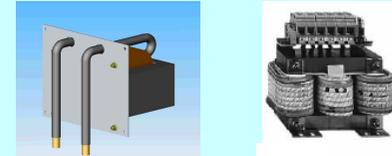


### En resumen... y además



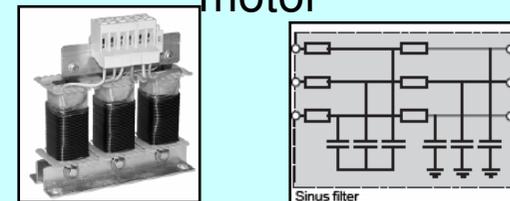
Protección Térmica  
Relé Electronico Integrado  
sondas PTC, PT100

Armónicos y protección  
para redes perturbadas



Atenuación RFI  
FILTRO CEM  
INTEGRADO

Dv/dt y sobretensiones  
motor



# Estrategias de Ahorro Energético

## Variadores de Velocidad



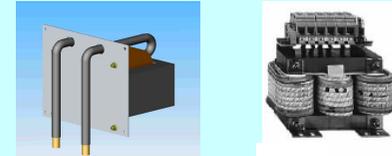
### En resumen... y además



Protección Térmica  
**Relé Electronico Integrado**  
sondas PTC, PT100

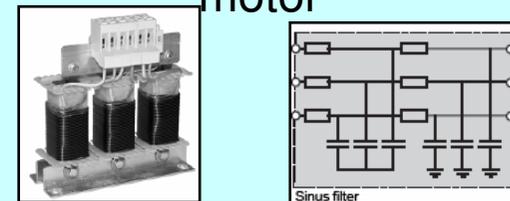
Protección Magnética  
**Fusibles ultrarápidos,**  
**disyuntor**

Armónicos y protección  
para redes perturbadas



Atenuación RFI  
**FILTRO CEM**  
**INTEGRADO**

Dv/dt y sobretensiones  
motor



# Estrategias de Ahorro Energético

## Variadores de Velocidad



### En resumen... y además



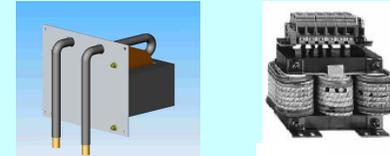
Protección Térmica  
**Relé Electronico Integrado**  
sondas PTC, PT100

Protección Magnética  
**Fusibles ultrarápidos,**  
**disyuntor**

Interruptor seccionador,  
bornas motor, panel carril  
DIN y consola puerta de  
armario.

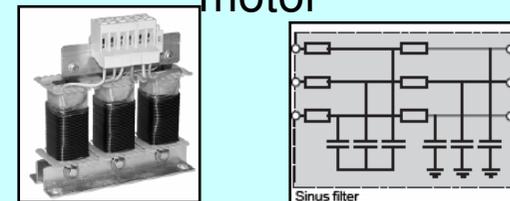
... y + opciones  
configurables de base

Armónicos y protección  
para redes perturbadas



Atenuación RFI  
**FILTRO CEM**  
**INTEGRADO**

Dv/dt y sobretensiones  
motor

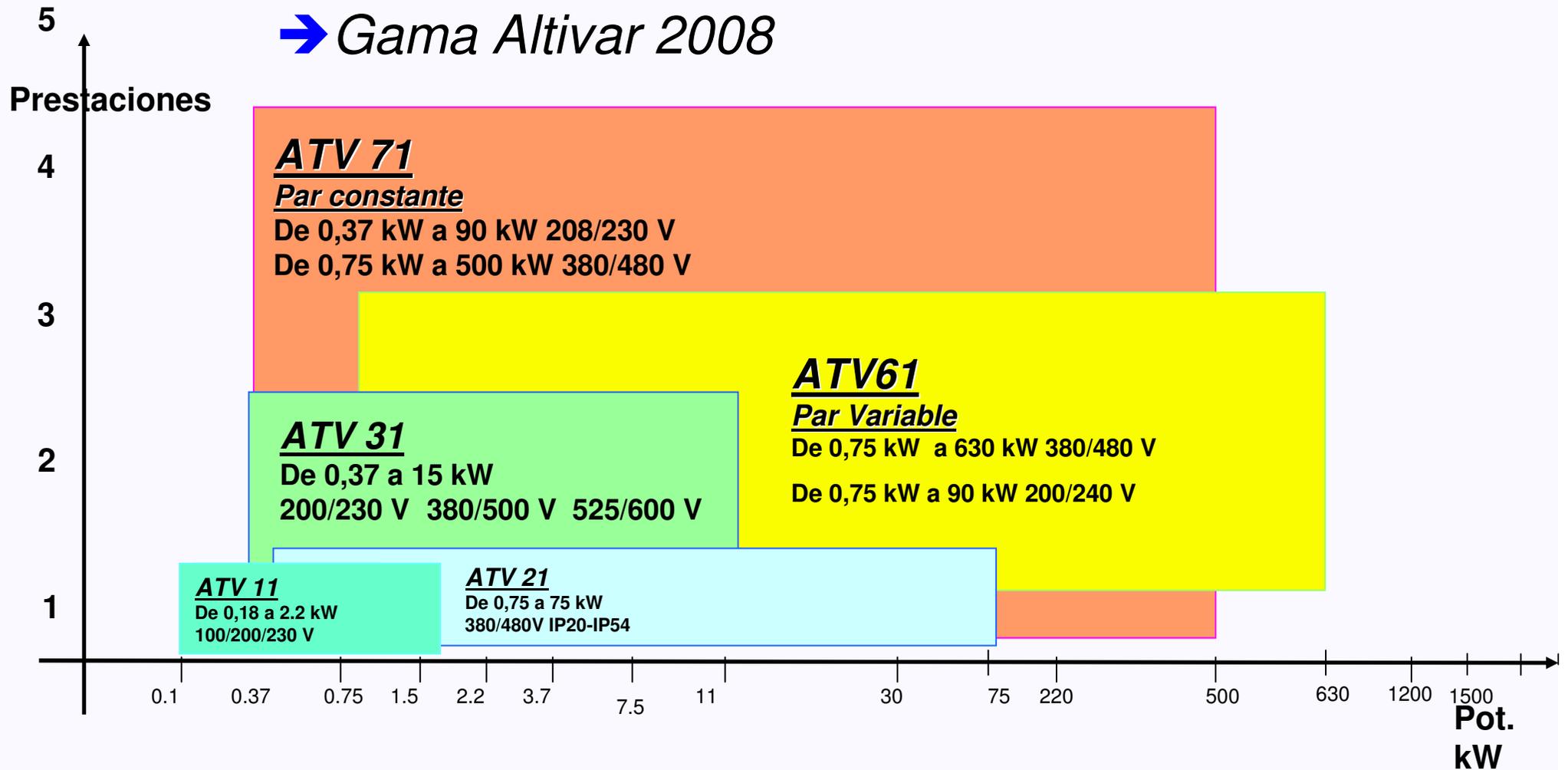


# Estrategias de Ahorro Energético

## Variadores de Velocidad



### → Gama Altivar 2008

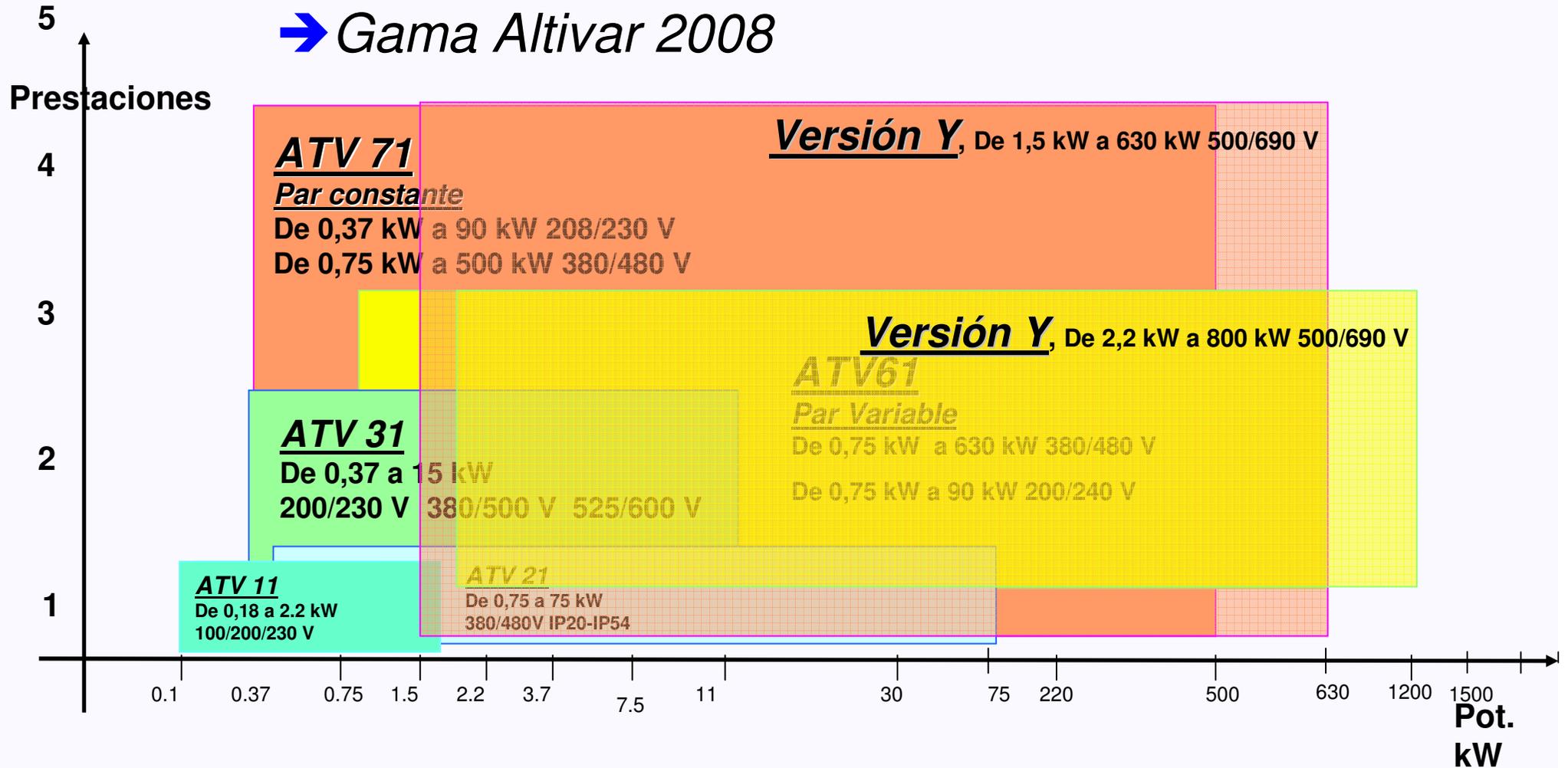


# Estrategias de Ahorro Energético

## Variadores de Velocidad



### → Gama Altivar 2008





### → Gama Altivar 2008

## Altivar 61/71 – La Gama IP54



ATV 71E5●●●N4

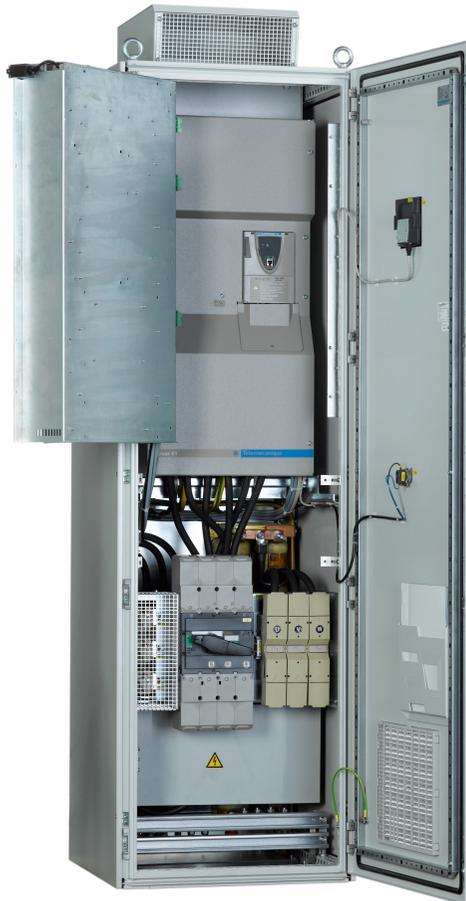
Hasta 75/90Kw dos versiones: ATV71/61 **W** y **E5**

- Grado de protección IP54
- Tensión: 380-480V
- Gama **E5** = Gama **W** (1) + Vario (2) (\*)

(\*) La gama **E5** disponen de 10 u 11 orificios para permitir el paso de cables a través de los prensaestopas. Incluyen 5 prensaestopas. La gama **W** disponen de 3 orificios para permitir el paso de los cables principales a través de los prensaestopas. Los prensaestopas no se incluyen con el variador.



### → Gama Altivar 2008



## Altivar 61/71 – La Gama en Armario Montado

- Potencias desde 75/90kW a 630/800kW
- Tensiones 400/500/690V
- Grado de protección IP23 e IP54
- Circuito de ventilación común o separado
- Posibilidad de añadir opciones



# II JORNADAS TÉCNICAS DE TELECONTROL DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA

Sierra Nevada, 2 al 4 de abril de 2008

Área de Ingeniería de Sistemas y Automática – Universidad de Granada

## Estrategias de Ahorro Energético *Variadores de Velocidad*

*Marc Mas  
Dpto. Motion & Drives  
Schneider Electric*

