

***« Ahorro de energía en aplicaciones de par variable y par constante con variadores de velocidad »***



**Merlin Gerin**  
**Square D**  
**Telemecanique**

**1er. Simposium de Control y Automatización  
ITESM - Campus Ciudad de México  
Agosto 2004**

**Schneider**  
 **Electric**

 **Telemecanique**

# El motor asíncrono



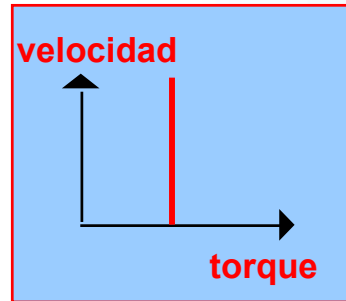
- 70 - 80% del consumo de la energía
- Efectos del Método de Arranque:
  - ELECTRICOS
    - **Alta corriente** demandada durante el arranque
    - Fuertes “**caídas de tensión**”
    - Bajo factor de potencia
    - Cargos de la Cía. Suministradora ( I demandada)
  - MECANICOS
    - TORQUE excesivos
- Regulación de la velocidad
- Eficiencia

# Tipos de Aplicación

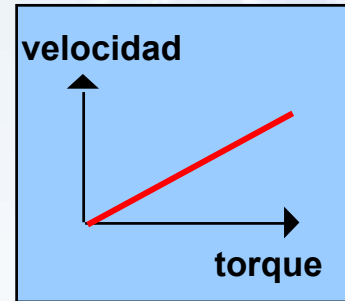
## ■ Par Resistente

- transportadores
- bandas
- grúas

$$Tr = \text{Constante}$$

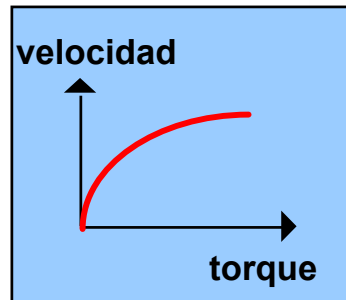


$$Tr = K \omega$$



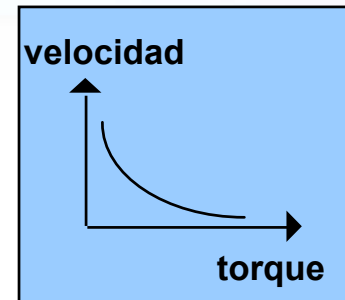
- Principio del tornillo de Arquímedes

$$Tr = K \omega^2$$



- ventiladores
- bombas centrífugas

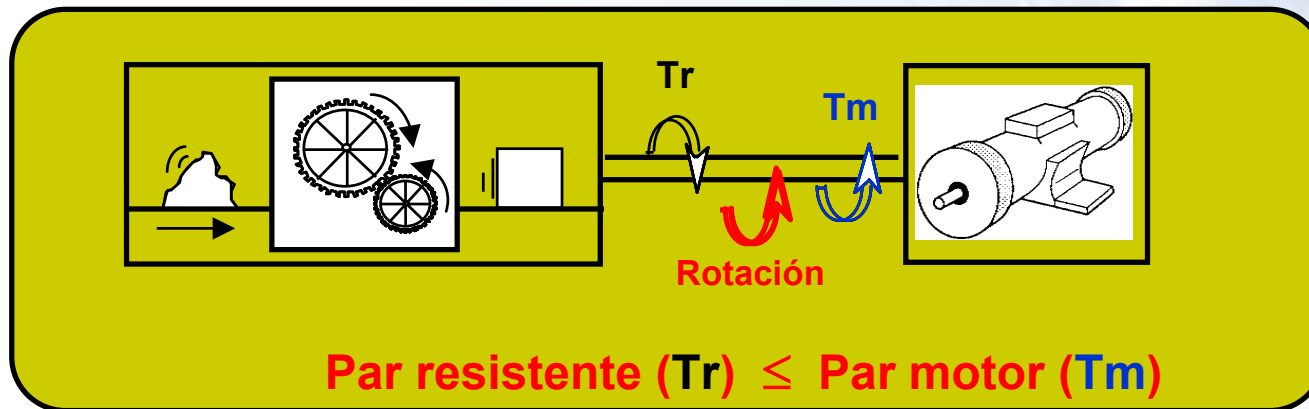
$$Tr = \frac{K}{\omega}$$



- enrolladores
- máquinas herramientas

# La Aplicación

- Par (torque) **Resistente**



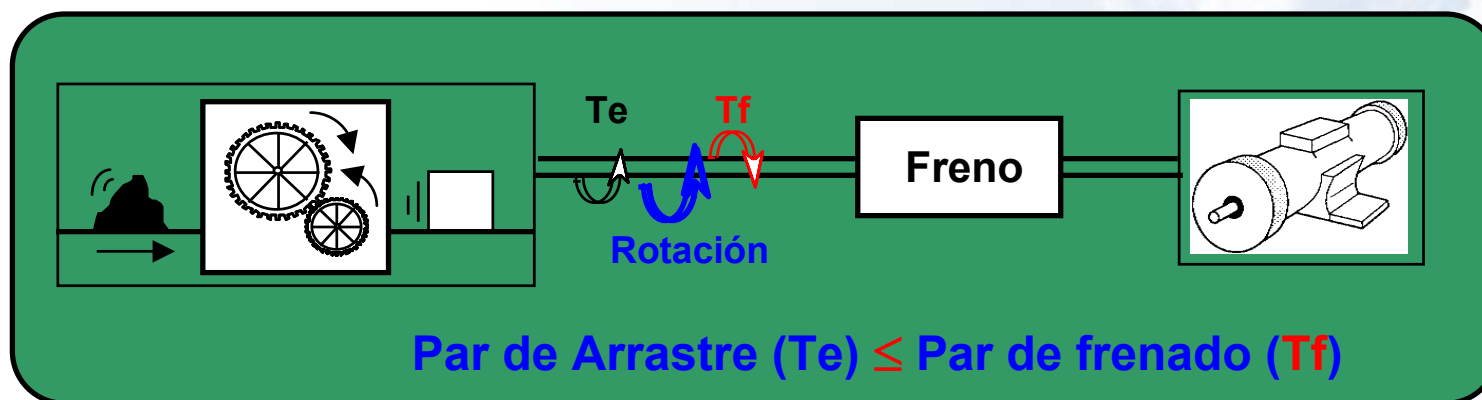
el motor define la velocidad

$$T_m - T_r = (j + J) \frac{dw}{dt}$$

$$dt = J \frac{dw}{T_{acc.}}$$

# La Aplicación

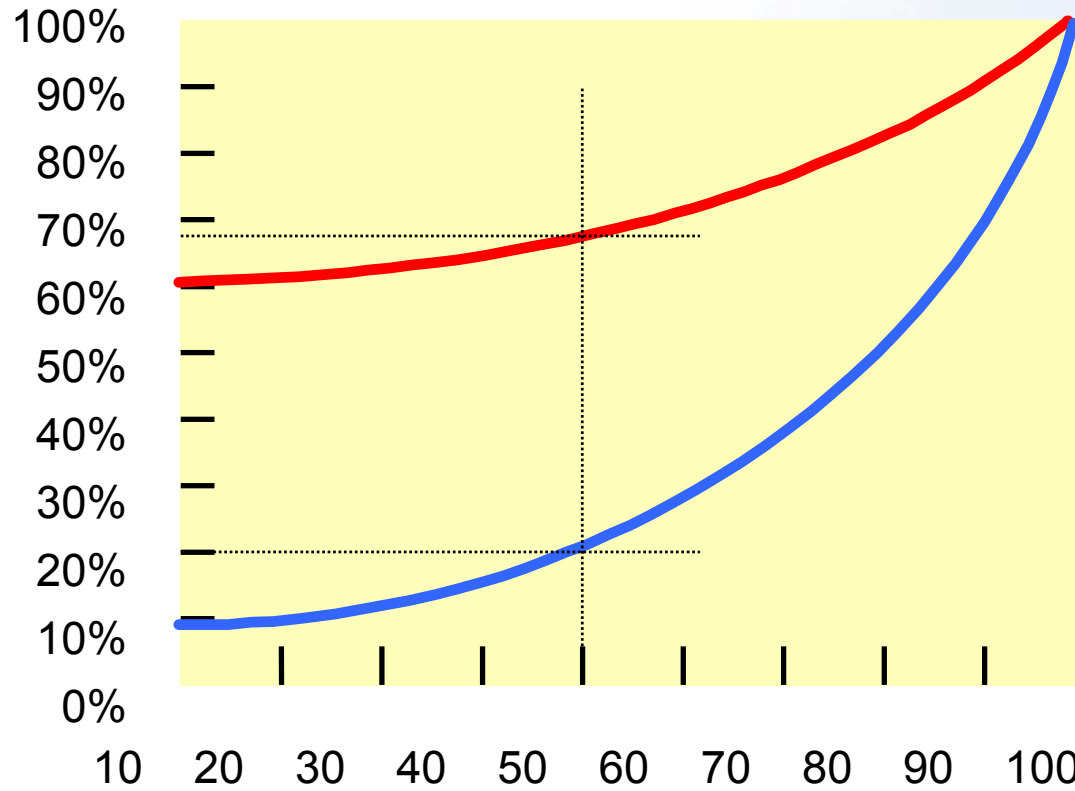
## ■ Par de Arrastre



La máquina define la velocidad

# Curva de potencia de bomba centrífuga

Potencia

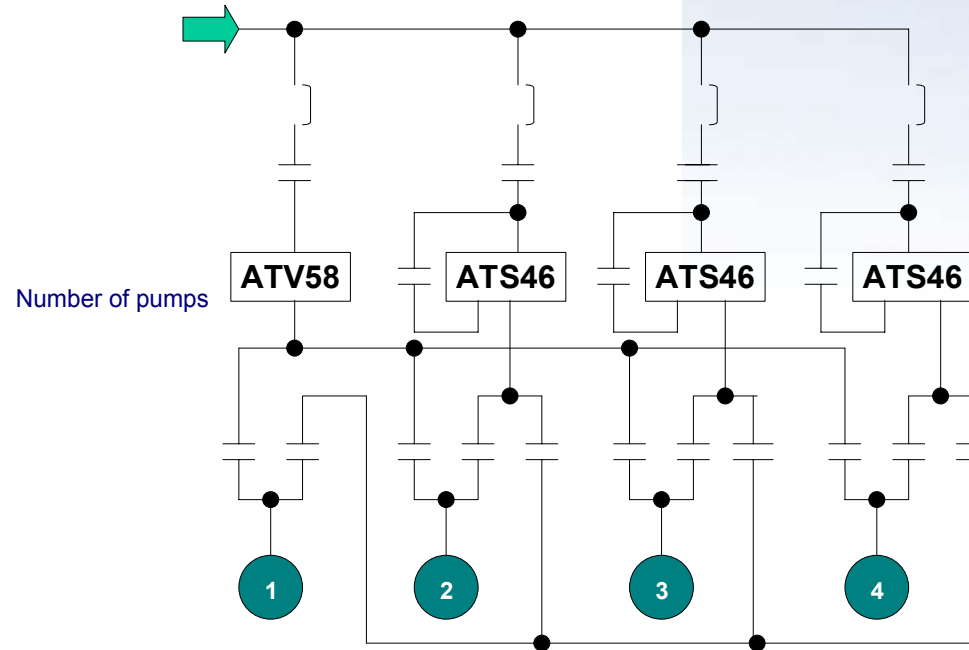
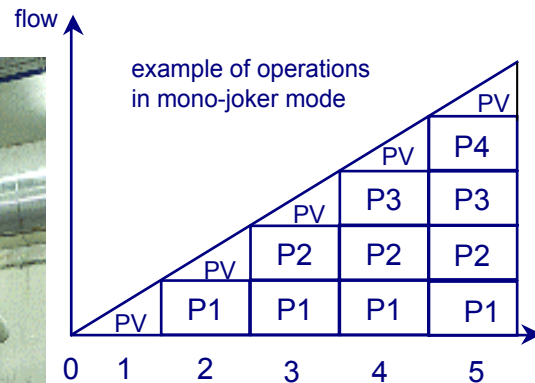
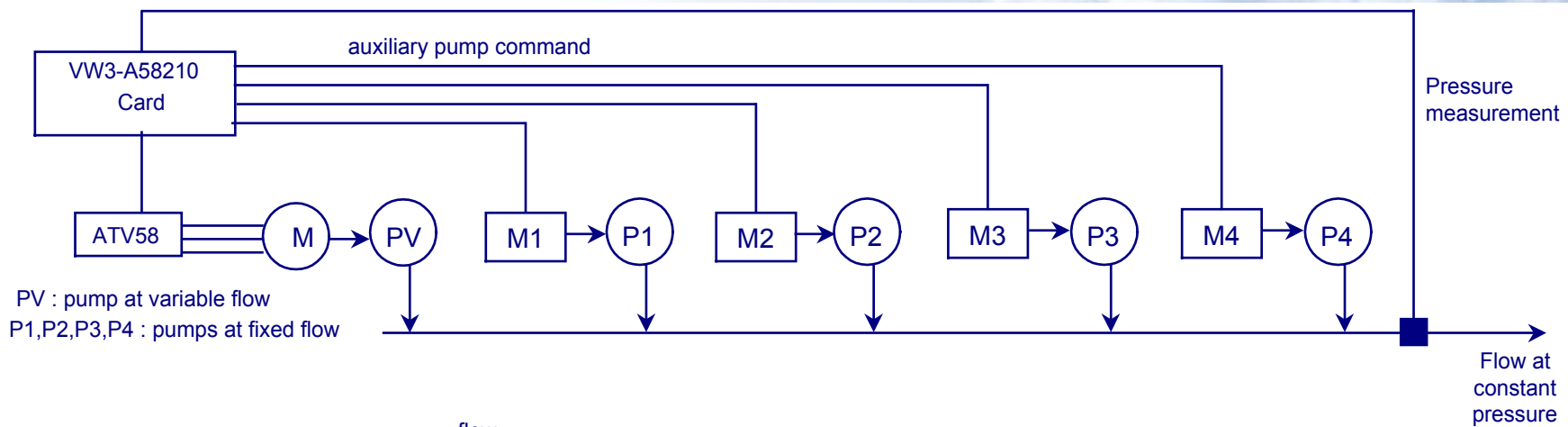


■ válvula de control

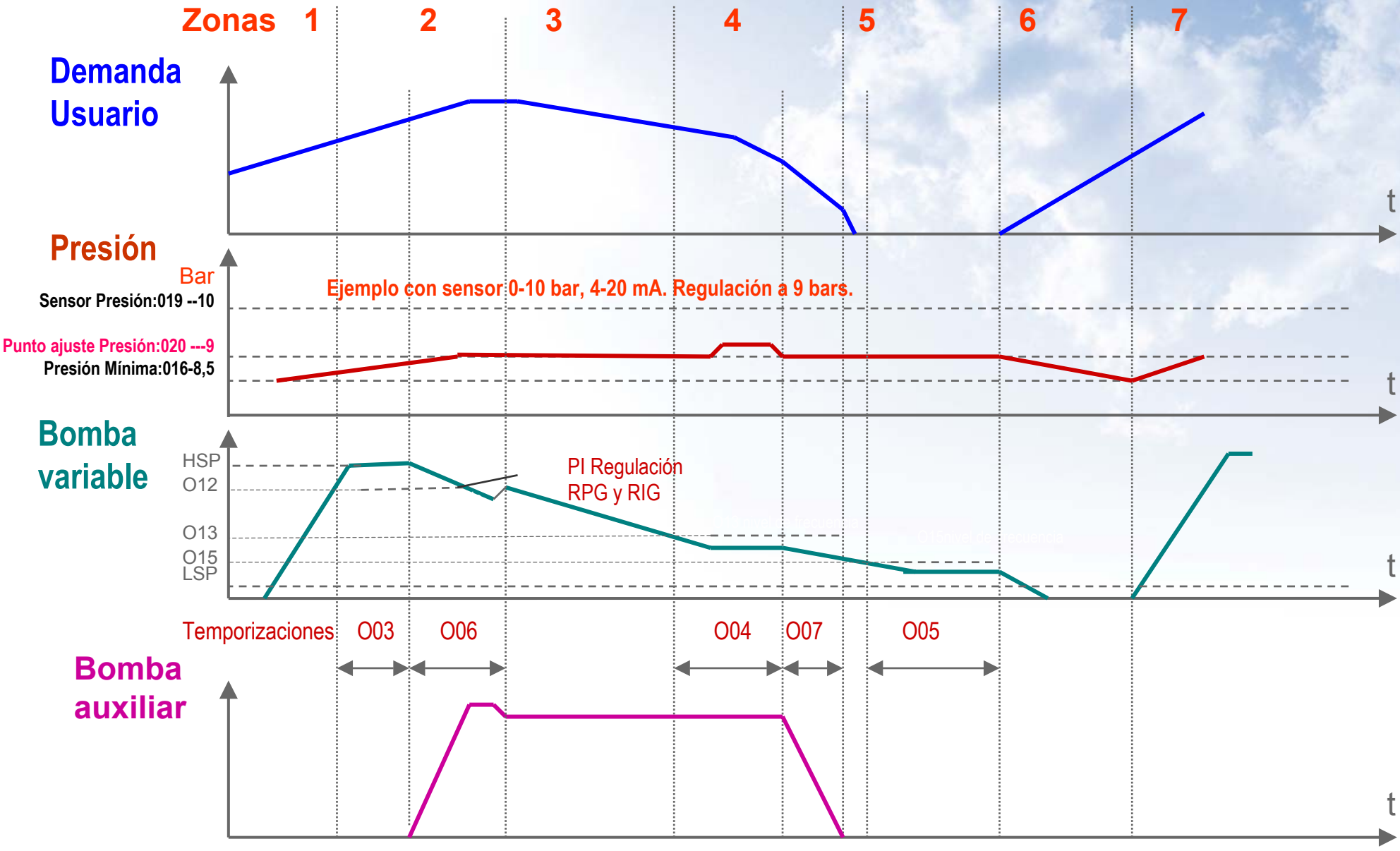
■ variador de velocidad



# Aplicación de multi-bombeo



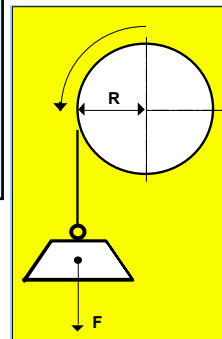
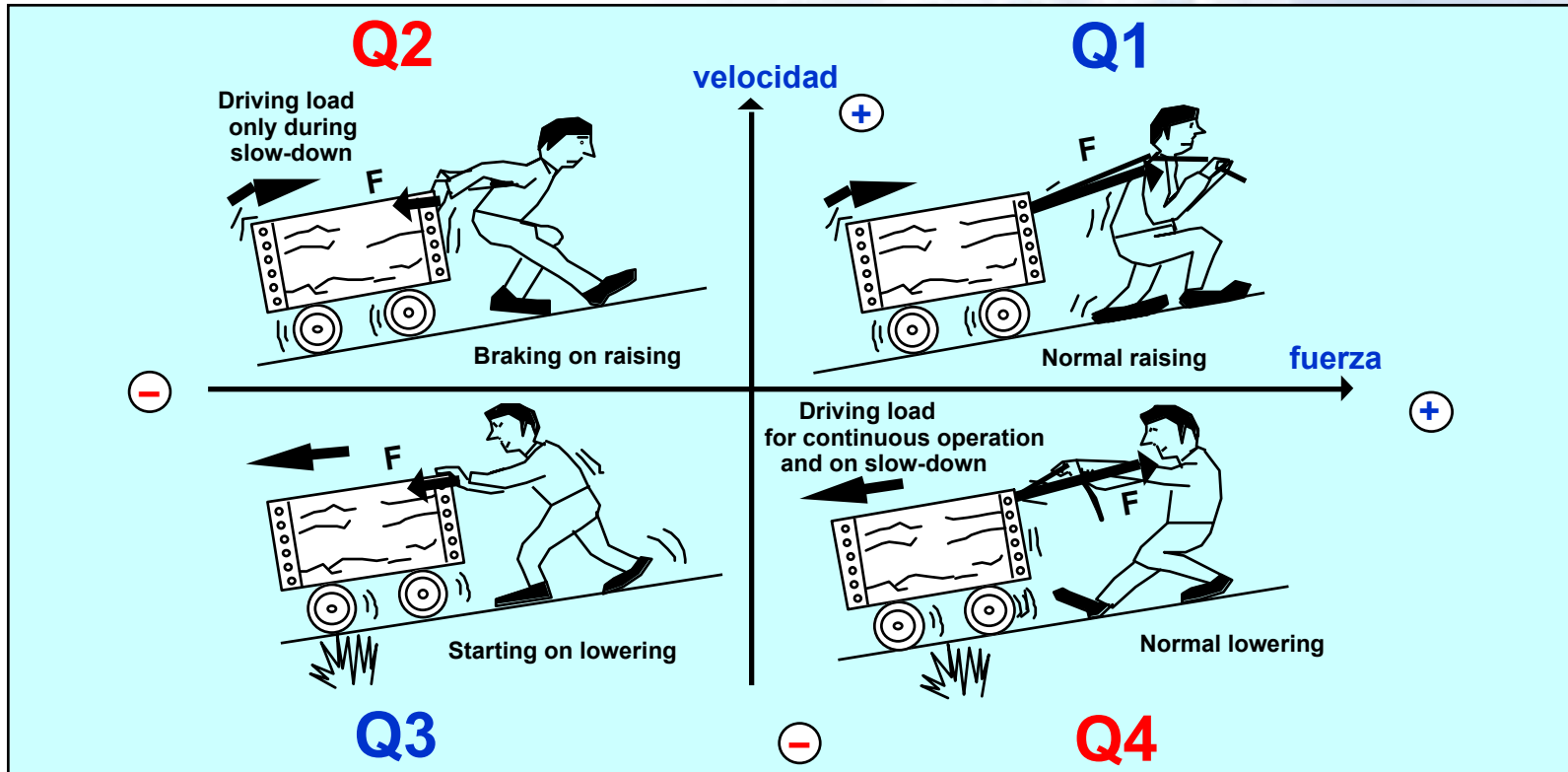
# Multi-bombeo: diagrama operacional





# La Aplicación en par constante

## ■ Los 4 cuadrantes - **Movimiento Vertical**

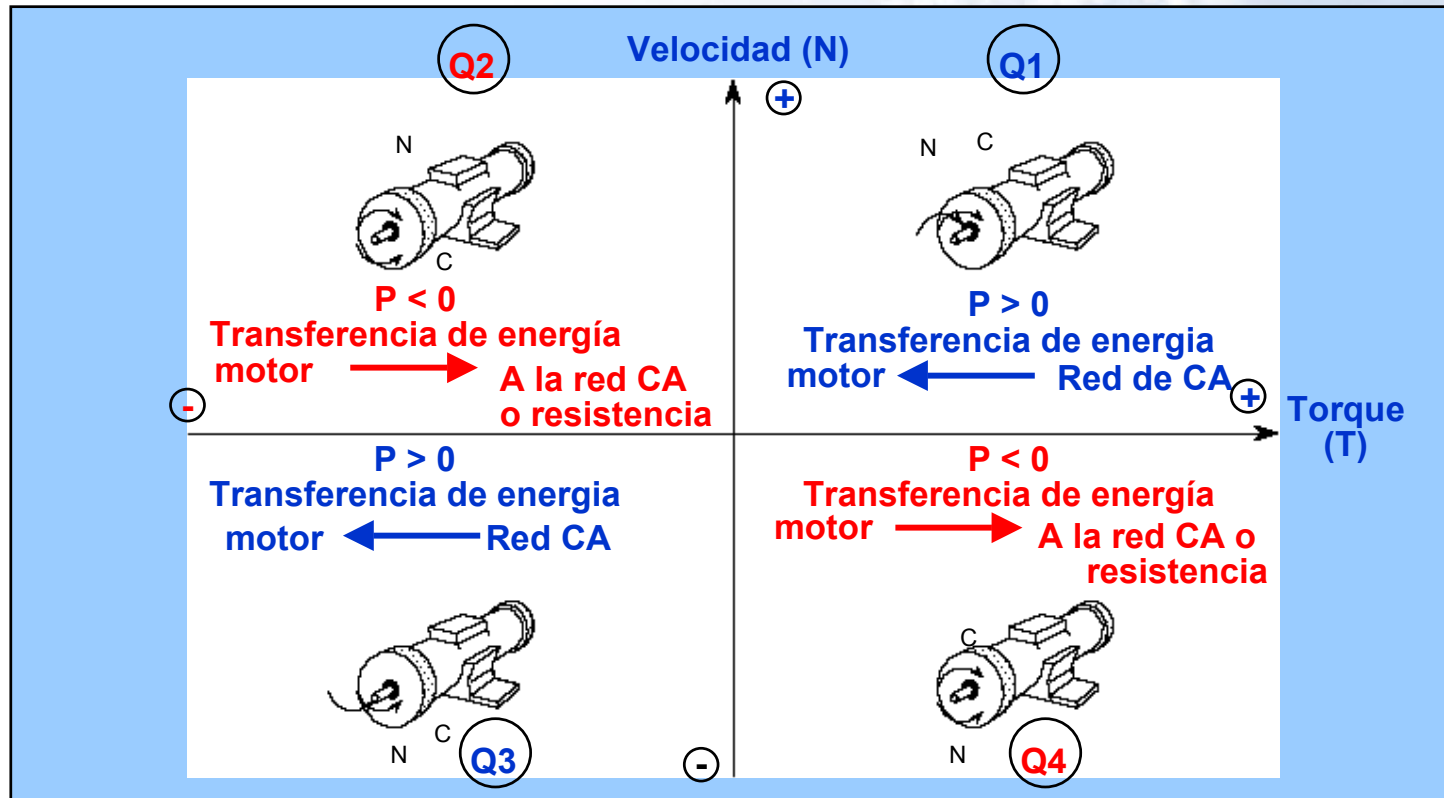


# La Aplicación - modos de operación

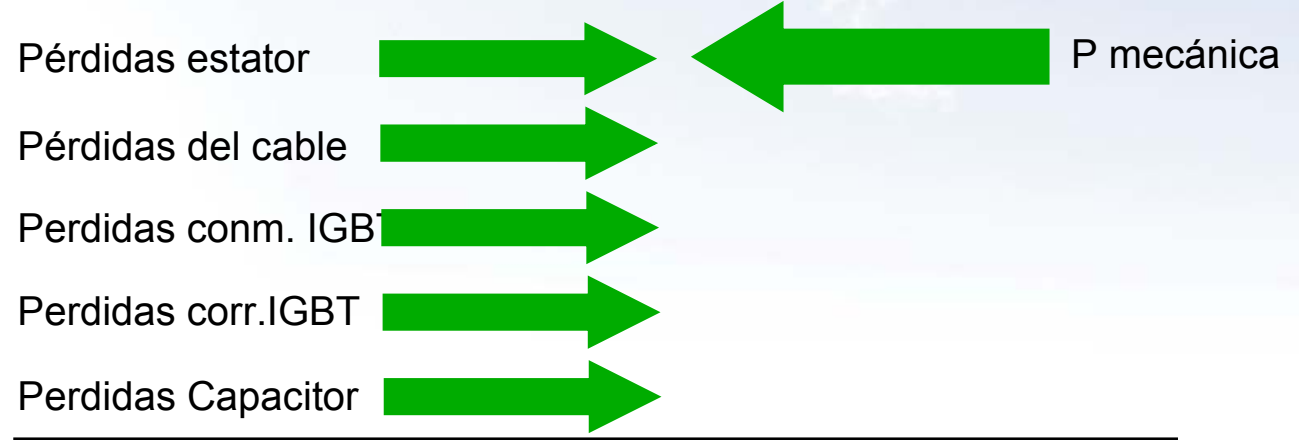
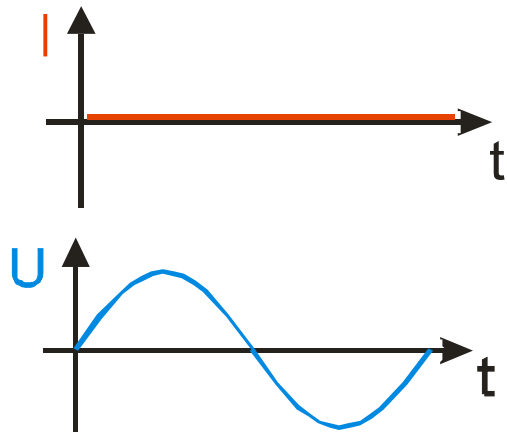
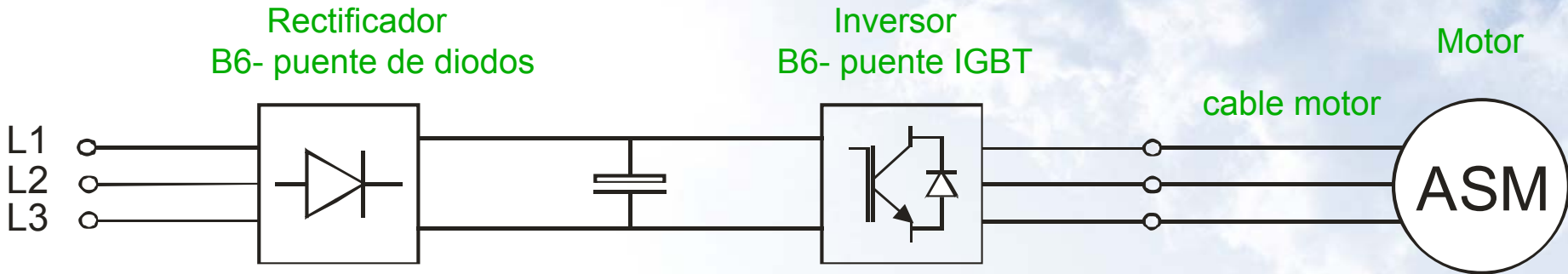
- No reversible



- Reversible



# Frenado del motor

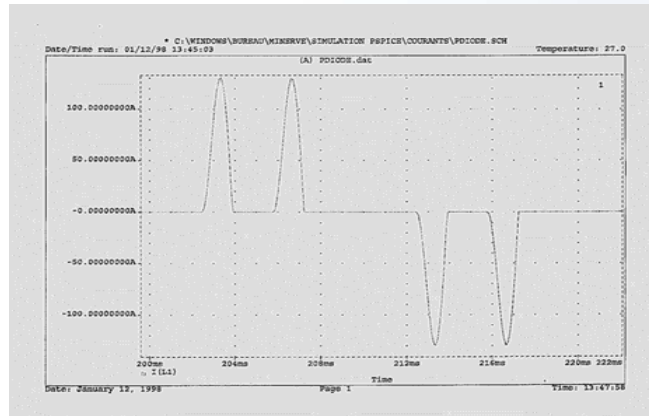


Perd. Totales: approx. 10% de P nominal

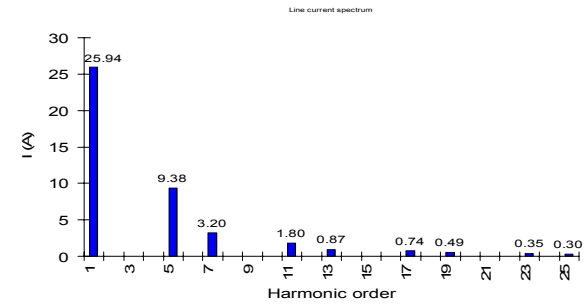
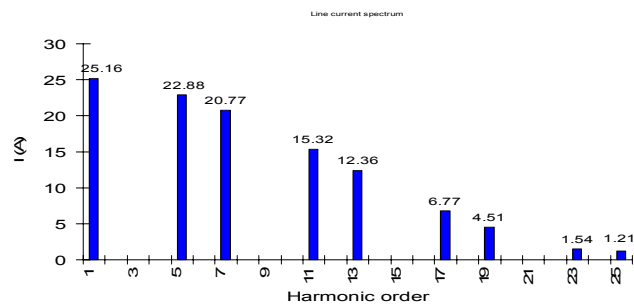
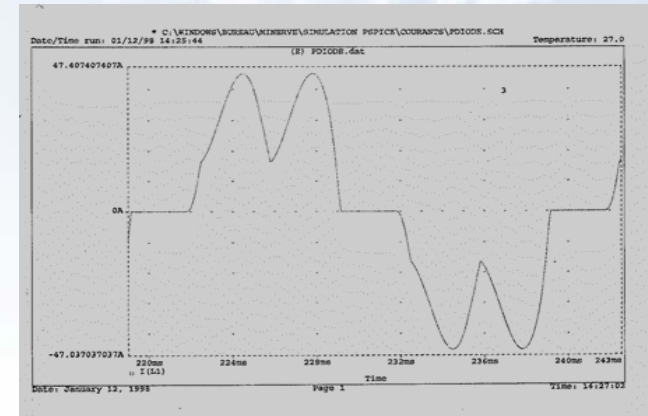
# Efectos en la línea de alimentación

- Reducen la distorsión armónica generada por los variadores:

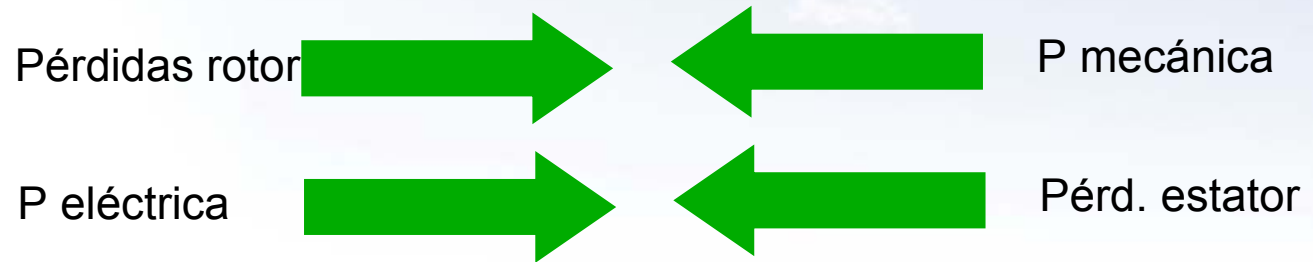
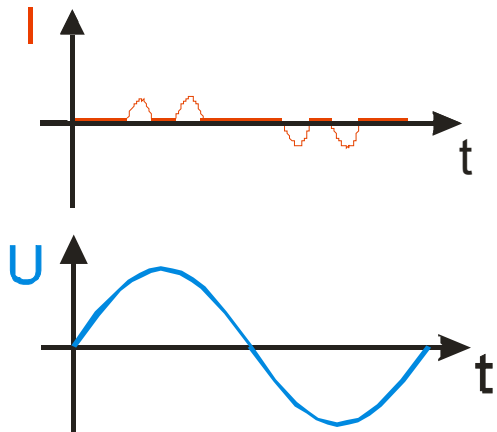
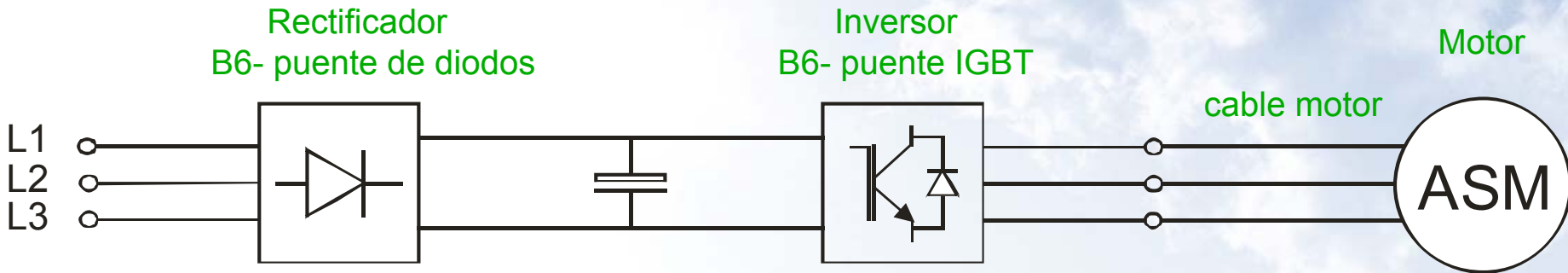
sin inductancia adicional



con 1 mH de inductancia adicional

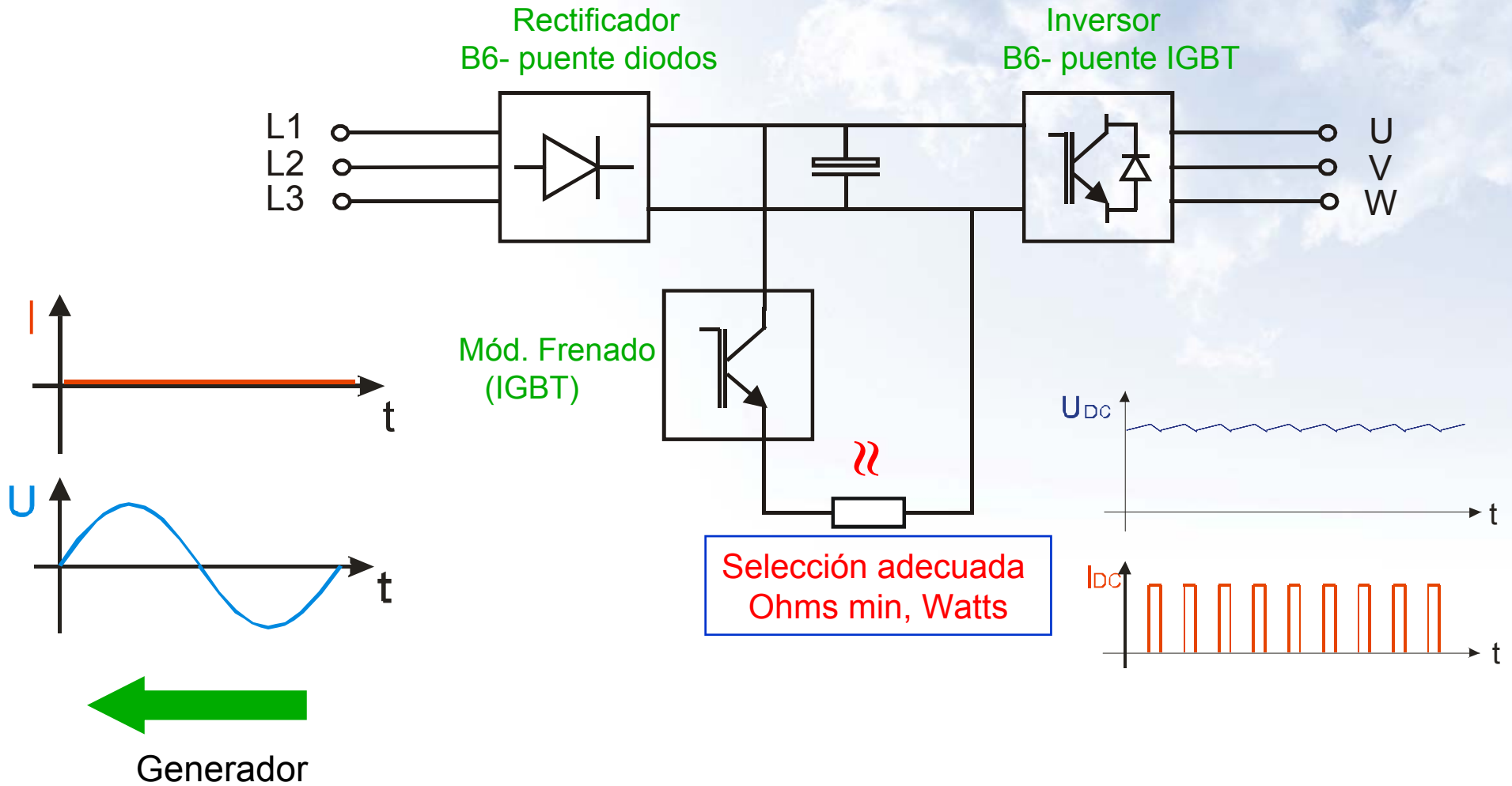


# Frenado por DC

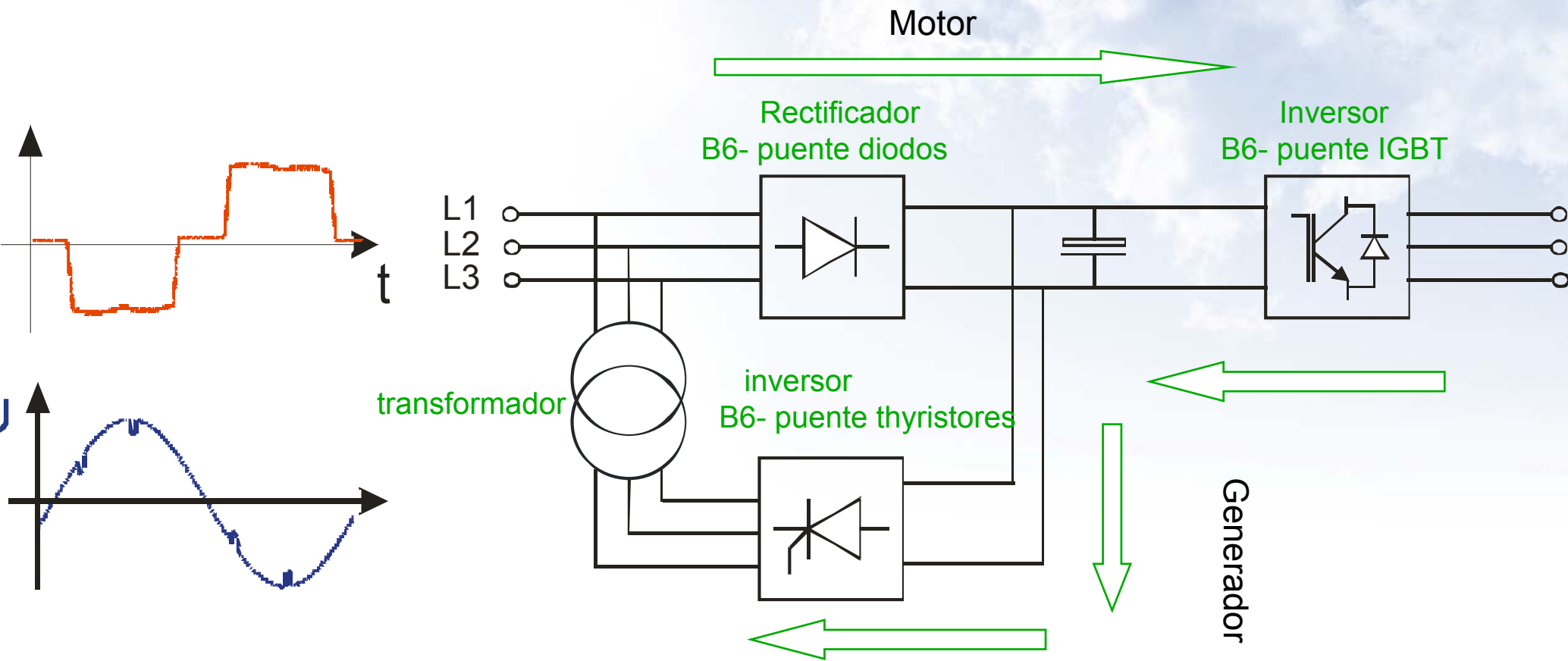


←  
Generador

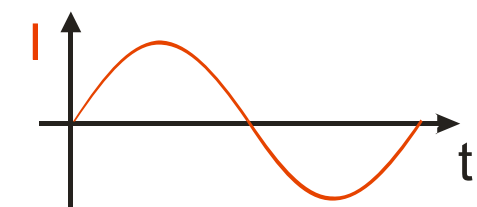
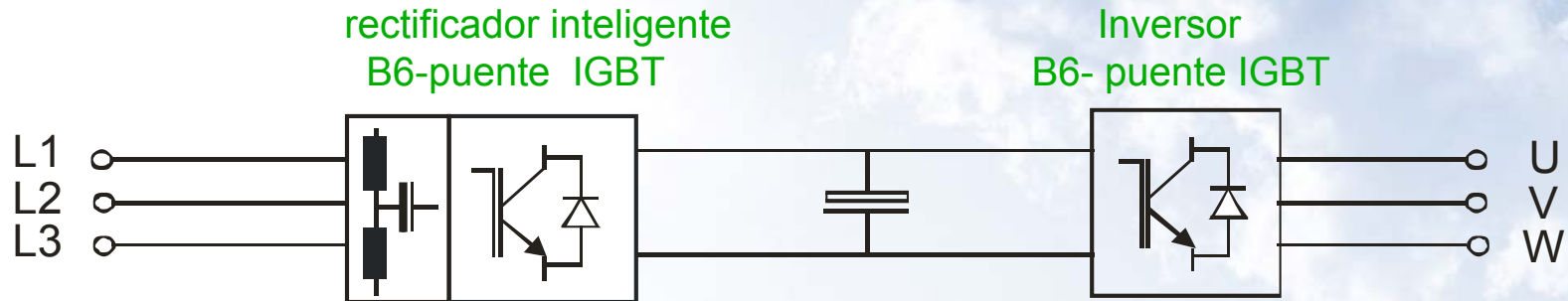
# Frenado dinámico



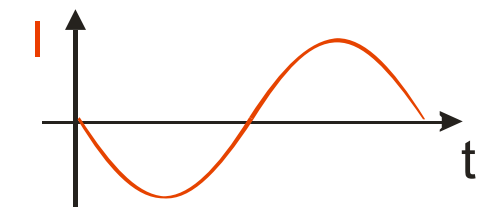
# Regeneración con SCR's



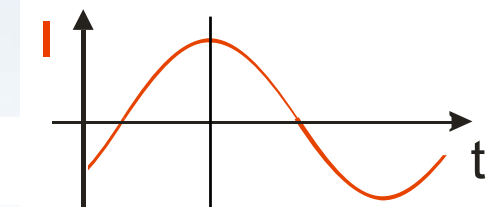
# ATV 68-R Intelligent Rectifier



**→**  
motor  $\cos \varphi = 1$



**←**  
generador  $\cos \varphi = 1$

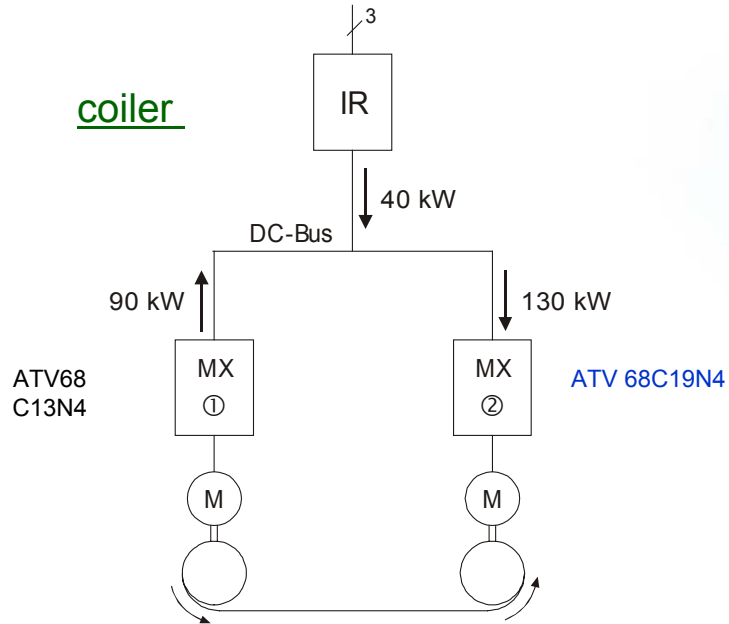


**↔**  
compensación  $\cos \varphi$



# ATV 68-R - selección

Condiciones: **POTENCIA y CAPACITANCIA DC** adecuados



Para evitar sobrecarga en el circuito de pre-carga DC, se debe determinar la capacitancia total DC en el ATV 68-R.

Modelo ATV68	Capacitancia DC
ATV68 C13N4	6,3 mF
ATV 68 C19N4	6,3 mF

Modelo ATV 68-R	Potencia DC	Cap. Carga
ATV 68-R C17N4	171 kW	19,0 mF

$$130\text{kW mot.} - 90\text{kW gen.} = 40\text{ kW}$$

$$\text{Capacitancia DC- } 6,3\text{ mF} + 6,3\text{ mF} = 12,6\text{ mF}$$

**Selección: ATV 68-R C17N4**

40kW

**Capacitancia máx. DC 19 mF**

## Ventajas

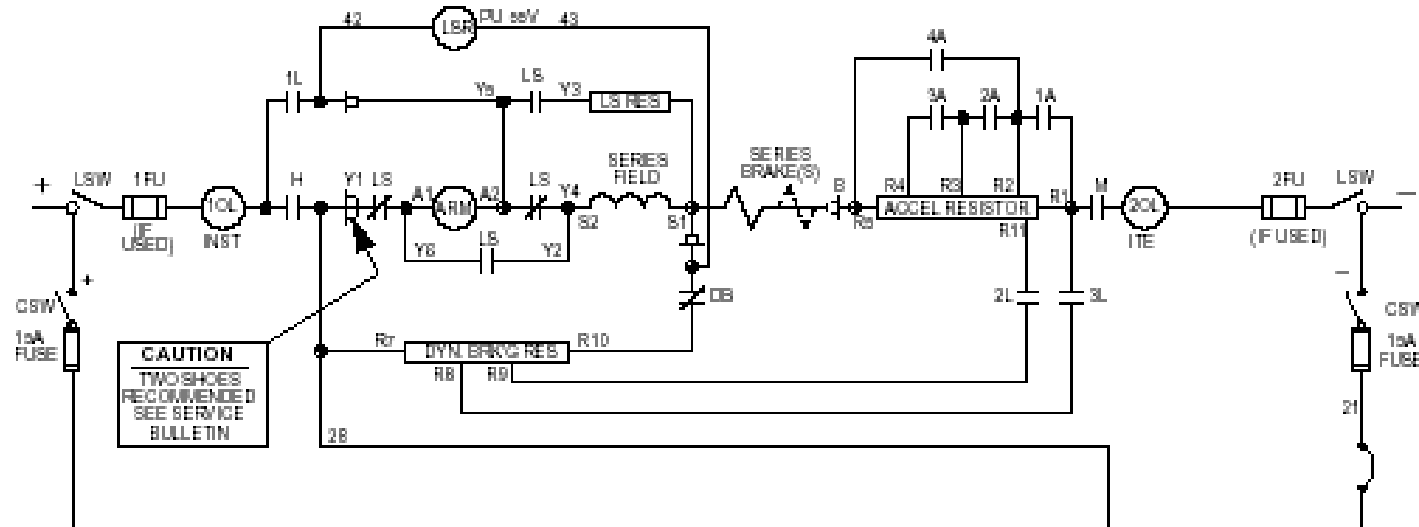
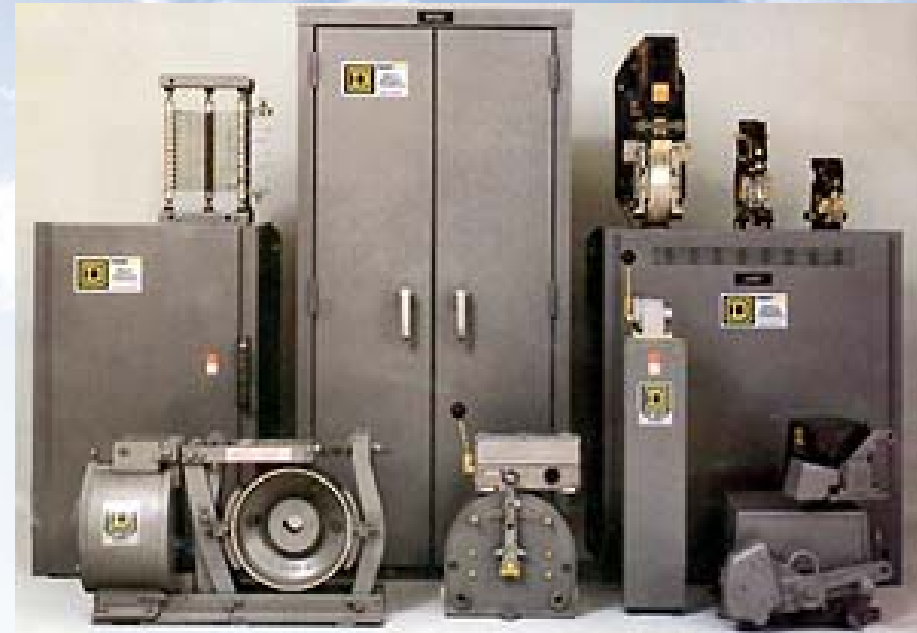
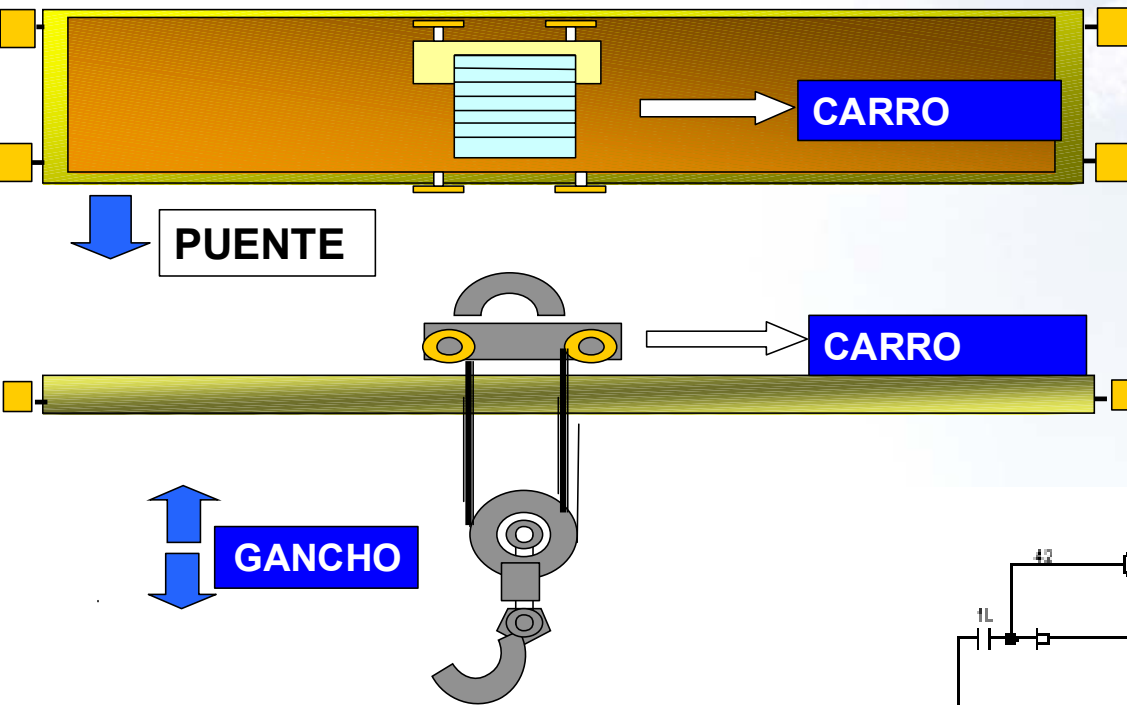
### *ALTIVAR 68R - Intelligent Rectifier*

- Frenado por regeneración de energía a la red de alimentación
- Topología a base de un puente de IGBT
- Corriente con forma de onda senoidal en todas las etapas de operación - “0” armónicos
- En caso de falla en la red de alimentación durante el frenado, se debe gestionar el apagado con parámetro de respuesta ajustable
- Operación de Emergencia (en paralelo) con módulos de freno dinámico

# ATV 68-R Aplicaciones con frenado regenerativo

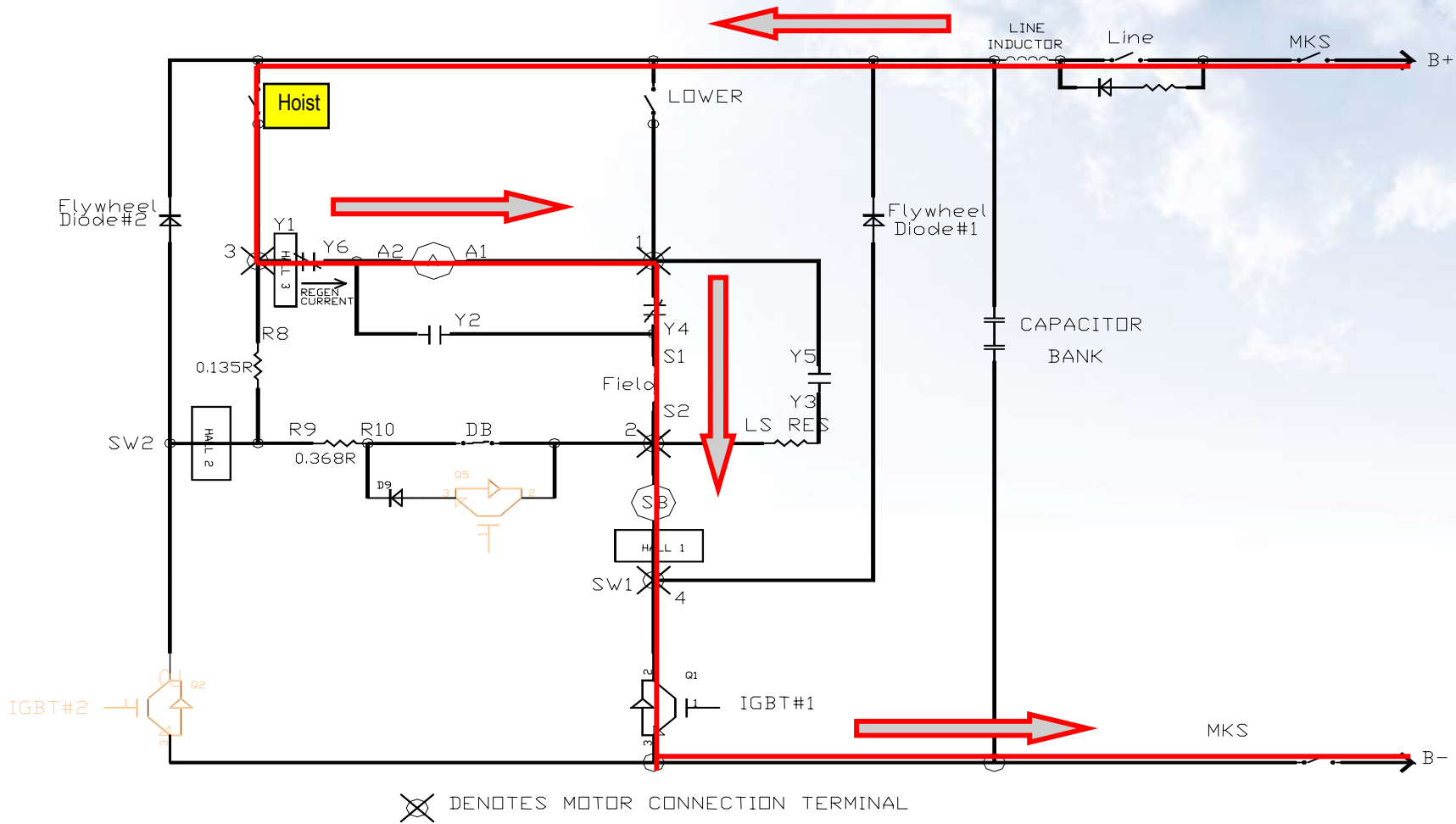


# Dinámica de una grúa viajera

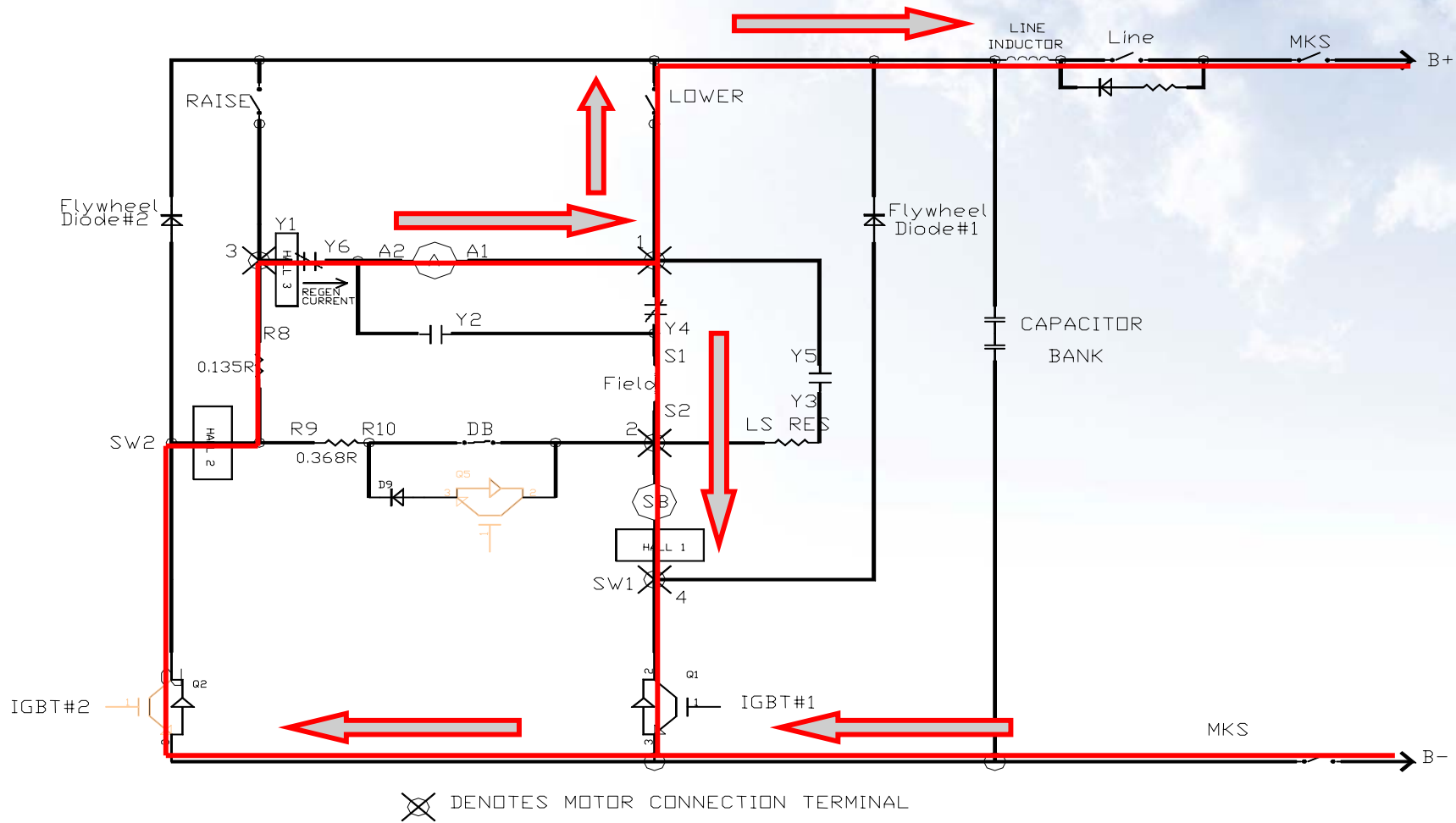




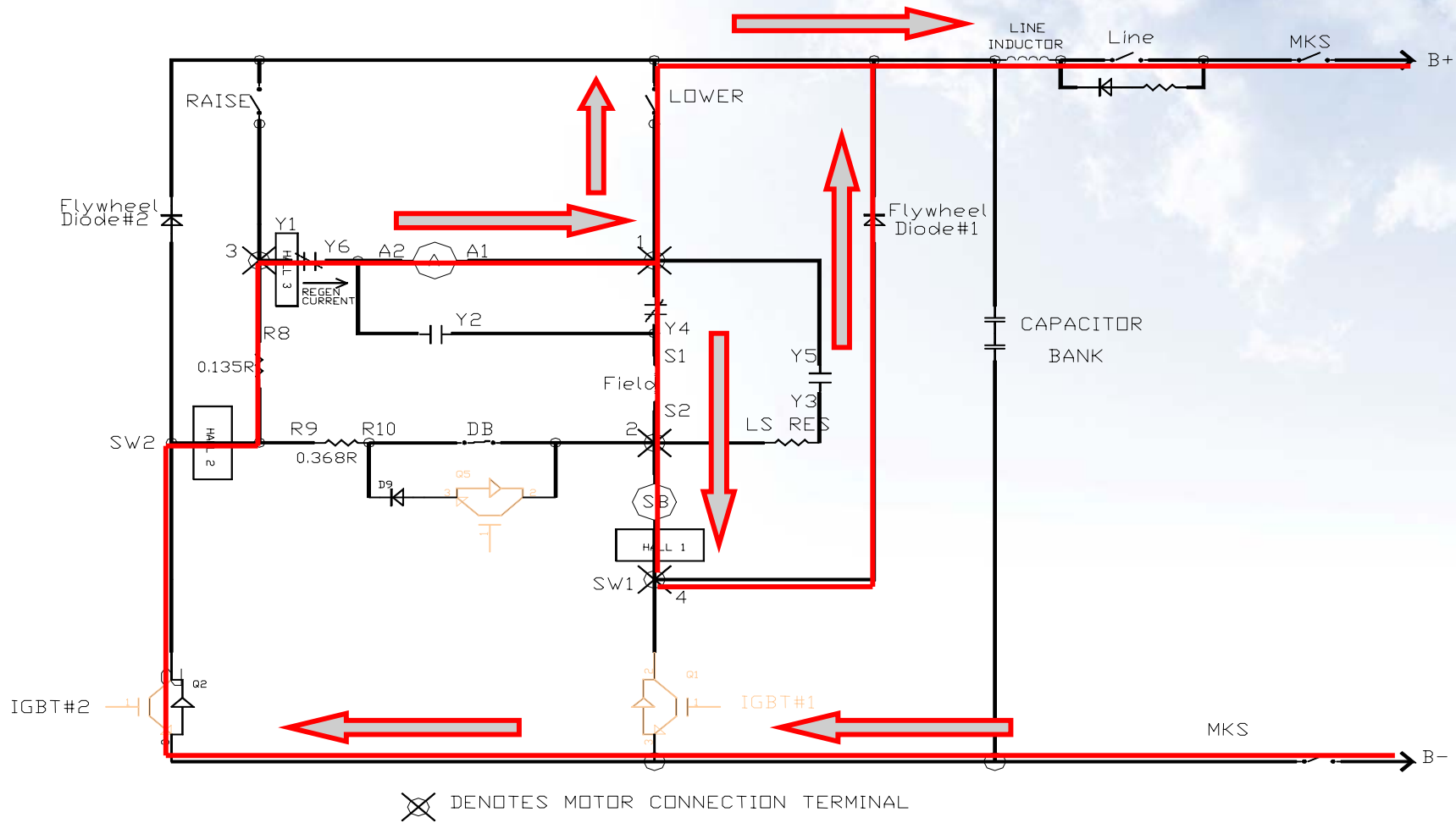
# Flujo de corriente IGBT- ① encendido - en elevación <Digital DC>



# Flujo de la corriente regenerada con los 2 IGBT's encendidos



# Flujo de la corriente regenerada con IGBT's ② encendido - ① apagado





# Caso de estudio” - Digital DC

## 📁 Grúa de 135 Ton Slab Yard

✍️ 200hp Duplex hoist Control, 230VDC



# Resultados - Digital DC

**Table 2.0**

**200hp Duplex Hoist, Slab-Handling Crane**

**Typical Operating Cycle**

**No Load Hoisting, with Tongs**

Speed Point	Cycle Time (seconds)	DCCP kw/sec	Digital DC kw/sec	Digital DC Savings kw/sec
1st	1	268	23	245
2nd	1	96	43	53
3rd	1	96	63	33
4th	1	95	63	32
5th	12	96	96	0

Lifting Energy Savings **363**

**No Load Lowering, with Tongs**

Speed Point	Cycle Time (seconds)	DCCP kw/sec	Digital DC kw/sec	Digital DC Savings kw/sec
1st	3	363	21	1026
2nd	3	298	54	732
3rd	1	300	75	225
4th	1	204	-6	210
5th	12	110	-23	1596

Lowering Energy Savings **3789**

**Full Load Hoisting, with Tongs**

Speed Point	Cycle Time (seconds)	DCCP kw/sec	Digital DC kw/sec	Digital DC Savings kw/sec
1st	1	320	52	268
2nd	1	235	98	137
3rd	1	236	142	94
4th	1	236	183	53
5th	16	236	232	64

Lifting Energy Savings **616**

**Full Load Lowering, with Tongs**

Speed Point	Cycle Time (seconds)	DCCP kw/sec	Digital DC kw/sec	Digital DC Savings kw/sec
1st	2	351	22	658
2nd	2	265	30	470
3rd	1	231	-98	329
4th	1	104	-120	224
5th	10	-20	-143	1230

Lowering Energy Savings **2911**

**Total Cycle Energy Savings, kw/sec** 7679 kw/sec  
**Energy Savings Converted to kwh** 2.133 kwh

**Energy Savings per hour, 25 cycles** 53.33 kwh  
**Energy Savings per 8 hr shift** 426.61 kwh  
**Energy Savings per 24 hr day** 1279.83 kwh  
**Savings per Year (360)** 460,740 kwh

**Energy Saving \$ per Year** \$23,037.00  
**(.05 per kw hour)**

**Ahorro de energía**

# Conclusión - Digital DC

- Significado relativo del **ahorro** anual de energía - \$23,000.
- Impacto ambiental** positivo, menos energía usada para desarrollar la misma tarea
- La Solución Digital DC para el **puente y carro** representan algunos **ahorros de energía** pero **NO** son comparables con los del gancho.
  - Ahorros por la **eliminación de las resistencias** de aceleración
  - HP baja capacidad de los motores
  - No hay ahorros de energía por la regeneración**
- Opinión de los operadores** de grúa - **diferencia** en la operación del gancho
- En el Futuro se considerarán los ahorros de **mantenimiento** asociados



# Conclusión - Ahorros de energía

- Imperativo encontrar oportunidades para reducir costos y conservar los recursos naturales
- Elevación de los costos de la energía eléctrica

- Aprovechamiento de nuevas tecnologías
  - ¿cuales son los requerimientos del sistema para ahorrar energía?
  - ¿cómo cuantificarlos debidamente?
  - ¿pueden incorporarse algunos otros beneficios ?
  - ¿monto de la inversión?
  - Identificación clara del ciclo de trabajo en la aplicación

Soluciones arranque motor  
*Peace of mind*



**Carlos DUEÑAS L.**

**Schneider Electric México S.A. de C.V.**

**Mktg drives & soft starters / crane control**

**+52 55 58 04 51 55 5155**

**[carlos.duenas@smx.schneider-electric.com](mailto:carlos.duenas@smx.schneider-electric.com)**

**¡Gracias por su atención!**