

# Compensación de la Energía Reactiva BT y MT

Dossier de Formación

# 2008



clientes **1**  
satisfechos  
nuestra prioridad n°



**Temario**

- Eficiencia energética
- Generalidades energía reactiva
- Gestión técnicas de las cargas
- Calculo necesidades Energía Reactiva
  - Formula - recibo - programa SISvar 1.2
- ¿Donde Compensar?
- Cosas prácticas
- Armónicos y reactiva - Compensación en presencia de armónicos
  - Generalidades
  - Soluciones para la compensación
  - Ejemplo
- *Compensación energía reactiva y la calidad energía*
- Gama equipos BT
- La compensación en MT
- Ruego y preguntas - coloquio

## **Eficiencia energética**

### **¿ qué se entiende por eficiencia energética en las redes eléctricas?**

Por eficiencia energética, se entiende la optimización del consumo de energía eléctrica para conseguir los objetivos siguientes :

- Racionalización y reducción de la demanda de energía
- Reducción de los "costes técnicos" de explotación
- Reducción de los costes económicos

### **¿cómo ayuda la compensación de la energía reactiva en la eficiencia energética?**

- Ayudando a reducir la factura eléctrica, eliminando las penalizaciones por el consumo de la energía reactiva y reduciendo el consumo energético
- Ayudando a gestionar las cargas eléctricas, optimizando la instalación eléctrica
- Ayudando a mejorar la calidad de la energía eléctrica (soluciones de compensación en presencia de armónicos)

## Eficiencia energética

### Los condensadores nos ayudan a mejorar la eficiencia energética

#### Reducción del coste económico "visible"

- Reducción de la factura eléctrica

#### Reducción del coste económico "oculto"

- Menores pérdidas por el efecto Joule, menor potencia activa consumida

#### Reducción del coste técnico

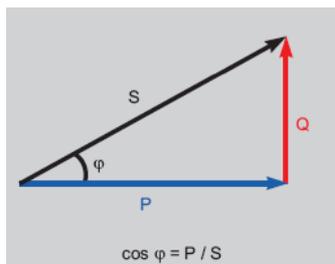
- Disminución de la potencia demandada en la instalación
- Mejor aprovechamiento del transformador de potencia
- Menores pérdidas por el efecto Joule

#### Mejora de la calidad de la energía

- Aumenta los niveles de tensión

Gestión técnica  
de las cargas

## Generalidades sobre la Energía Reactiva



$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

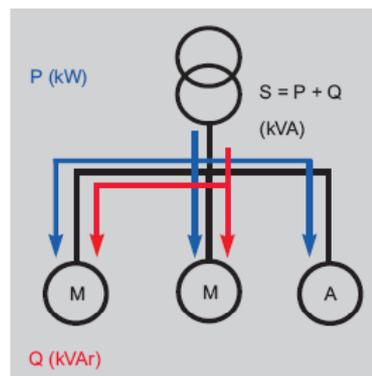
## Generalidades

Todas las máquinas eléctricas alimentadas en corriente alterna convierten la energía eléctrica suministrada en trabajo mecánico y/o calor.

Esta energía se mide en kWh y se denomina **Energía activa**.

## Energía reactiva

- Ciertos receptores necesitan campos magnéticos para su funcionamiento (motores, transformadores...) y consumen otro tipo de energía denominada energía reactiva.
- Estas cargas absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos que necesitan para su funcionamiento y la entregan durante la destrucción de los mismos.
- Esta necesidad de energía reactiva, provoca unas pérdidas en los conductores caídas de tensión, y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores

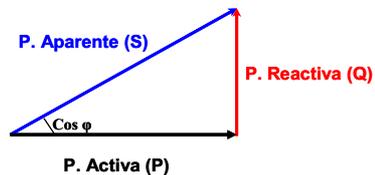


## Generalidades

### Concepto de Angulo $\varphi$ , $\cos \varphi$ y factor de potencia

#### Angulo $\varphi$

Desfase entre la onda de tensión e intensidad, referida a la frecuencia fundamental, 50 Hz.



#### Cos $\varphi$ y factor de potencia

#### $\cos \varphi$

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{S_1}$$



Referido a componente fundamental

#### Factor de potencia

$$\lambda = \frac{P_{eff}}{S_{eff}}$$



Referido a valores RMS

## Generalidades

### Factor de potencia de los receptores más usuales

Tabla con la relación de los receptores más comunes y su factor de potencia

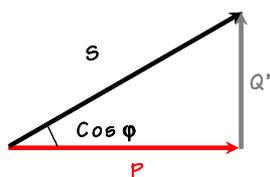


Factor de potencia de los receptores más usuales

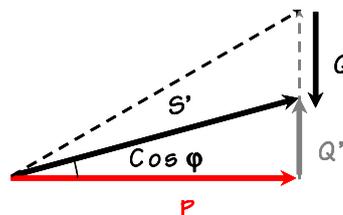
Aparato	Carga	cos $\varphi$	tg $\varphi$
Motor asíncrono ordinario	0 %	0,17	5,8
	25 %	0,55	1,52
	50 %	0,73	0,94
	75 %	0,8	0,75
	100 %	0,85	0,62
Lámparas de incandescencia		1	0
Lámparas de fluorescencia		0,5	1,73
Lámparas de descarga		0,4 a 0,6	2,29 a 1,33
Hornos de resistencia		1	0
Hornos de inducción		0,85	0,62
Hornos de calefacción dieléctrica		0,85	0,62
Máquinas de soldar por resistencia		0,8 a 0,9	0,75 a 0,48
Centros estáticos monofásicos de soldadura al arco		0,5	1,73
Grupos rotativos de soldadura al arco		0,7 a 0,9	1,02
Transformadores-rectificadores de soldadura al arco		0,7 a 0,9	1,02 a 0,75
Hornos de arco		0,8	0,75

## Generalidades

### Triangulo de potencias



**S** = Potencia aparente  
**P** = potencia activa  
**Q** = potencia reactiva demandada



**S'** = Potencia aparente después de compensar  
**P** = potencia activa  
**Q'** = potencia reactiva demandada después de compensar  
**Q** = potencia reactiva compensada

## ¿Porque compensar ?

### Reducción del coste económico "visible"

- Reducción de la factura eléctrica

### Reducción del coste económico "oculto"

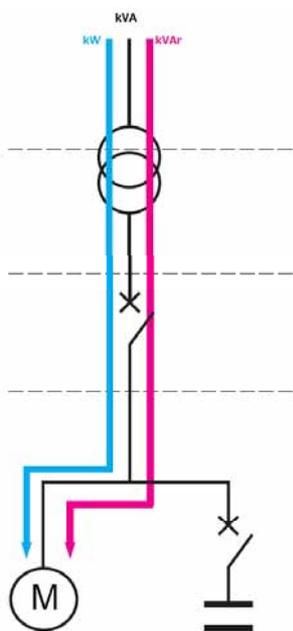
- Menores pérdidas por el efecto Joule, menor potencia activa consumida

### Reducción del coste técnico

- Disminución de la potencia demandada en la instalación
- Mejor aprovechamiento del transformador de potencia
- Menores pérdidas por el efecto Joule

Gestión técnica  
de las cargas

### Gestión técnica de las cargas



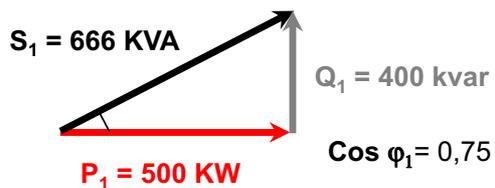
#### Datos de la instalación :

$S_n = 630 \text{ kVA}$

$P = 500 \text{ KW}$

$\text{Cos } \varphi_1 = 0,75$

Sin condensadores



Sobrecarga del transformador  $\frac{666}{630} = 6\%$

### Gestión técnica de las cargas

Datos de la instalación :

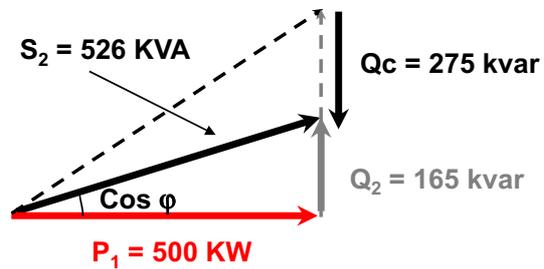
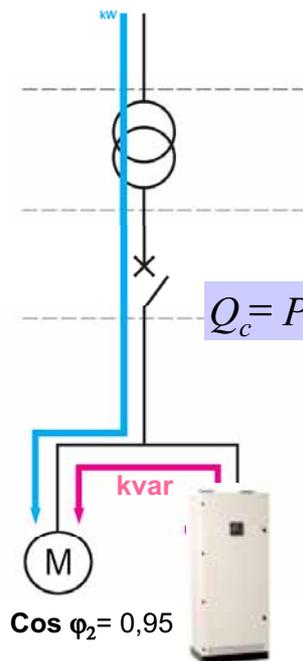
$S_n = 630 \text{ kVA}$

$P = 500 \text{ KW}$

$\text{Cos } \varphi_1 = 0,75$

Con condensadores

$$Q_c = P \times (\text{tg } \varphi_1 - \text{tg } \varphi_2) \quad Q_c = 500 \times (0,88 - 0,33) = 275 \text{ kvar}$$



## Gestión técnica de las cargas

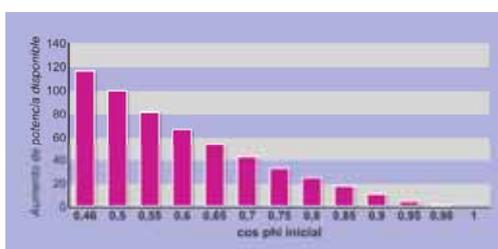
### Ventajas técnicas

#### Reducción de la intensidad eficaz

Un factor de potencia elevado optimiza los componentes de una instalación eléctrica mejorando su rendimiento eléctrico.

Los condensadores proporcionan la energía reactiva descargando a la instalación desde el punto de conexión de los condensadores aguas arriba.

Como consecuencia es posible aumentar la potencia disponible en el secundario de un transformador MT/BT, instalando en la parte de baja un equipo de corrección del factor de potencia.



La tabla, muestra el aumento de la potencia activa (kW) que puede suministrar un transformador corrigiendo hasta  $\cos\phi = 1$ .

## Gestión técnica de las cargas

### Ventajas técnicas

Con la batería instalada de 275 kvar

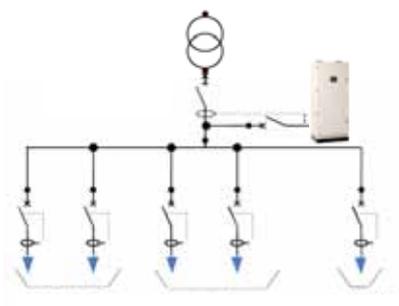
- Disminuye la potencia aparente demandada

$$\Delta P = \left(1 - \frac{526}{666}\right) \times 100 = 21\%$$

- Aumenta de la potencia disponible en el transformador

$$\Delta S = 630 - 526 = 104 \text{ KVA}$$

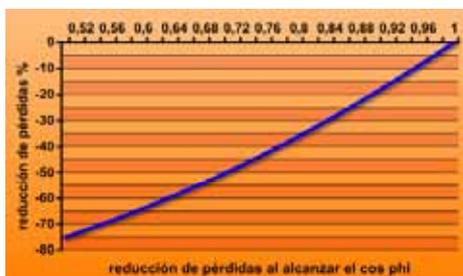
- No hay sobrecarga en el transformador de 630 KVA
- Y disponibilidad de un 16% de la potencia del transformador



## Gestión técnica de las cargas

### Ventajas técnicas

#### Reducción de las pérdidas por efecto Joule



Corriente en cabecera sin la batería

$$I_{\sin bat} = \frac{666000}{400 \times \sqrt{3}} = 962 A$$

Corriente en cabecera con la batería

$$I_{\text{combat}} = \frac{526000}{400 \times \sqrt{3}} = 760 A$$

$$\text{Reducción de la corriente demandada } \Delta I = \left(1 - \frac{760}{962}\right) \times 100 = 21\%$$

$$\Delta P = \left(1 - \frac{I_{\sin bat}^2}{I_{\text{combat}}^2}\right) \times 100 = \left(\frac{760^2}{962^2}\right) \times 100 = 38\%$$

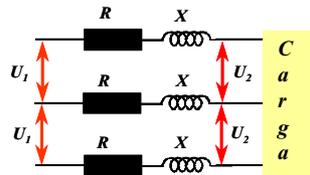
$P = R \times I^2$ , las pérdidas se reducen en un **38%**

## Gestión técnica de las cargas

### Ventajas técnicas

#### Reducción de las caídas de tensión

Disminuyendo la corriente, también disminuye el valor de la caída de tensión



Donde :

R = Resistencia del cable

X = reactancia del cable

P = potencia activa

Q = potencia reactiva

$$\Delta U = U_1 - U_2 = \frac{R \times P + X \times Q}{U_2}$$

Según la CEI-831 (norma de condensadores BT), la caída de tensión se puede calcular con la expresión :

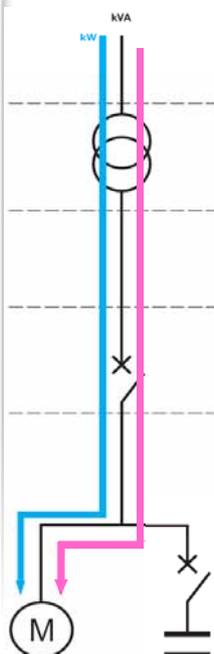
$$\Delta U\% = \frac{Q(kVAr)}{S_{cc}(kVA)} \times 100$$

$$S_{cc} = \frac{S_{trafo}}{U_{cc}\%} \times 100$$

$$S_{cc} = \frac{630}{6} \times 100 = 10500 \text{ kVA}$$

$$\Delta U\% = \frac{275}{10500} \times 100 = 2,6\%$$

**Gestión técnica de las cargas**



**Instalación sin compensar**

**Datos**

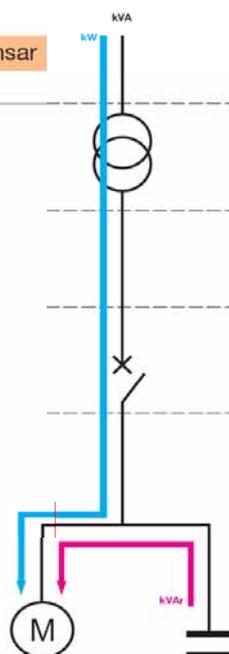
**Red:**  
Pcc = 500 MVA

**Transformador:**  
Sn = 630 kVA  
Ucc = 4 %  
Sobrecarga = 5,7 %

**Enlace trafo-cuadro:**  
L = 30 M  
2 x 300 mm por fase  
 $\Delta U = 0,77 \%$   
Pérdidas = 2,96 kW

**Interruptor general:**  
Ith = 962 A  
In = 1000 A

**Carga:**  
P = 500 kW  
cos  $\varphi = 0,75$



**Instalación compensada**

**Datos**

**Red:**  
Pcc = 500 MVA

**Transformador:**  
Sn = 630 kVA  
Ucc = 4 %  
Reserva de potencia = 20 %

**Enlace trafo-cuadro:**  
L = 30 M  
2 x 150 mm por fase  
 $\Delta U = 0,70 \%$   
Pérdidas = 2,02 kW (-30 %)

**Interruptor general:**  
Ith = 721 A  
In = 800 A

**Carga:**  
P = 500 kW  
cos  $\varphi = 1$

**Cuidando el medio ambiente**

**Reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>**

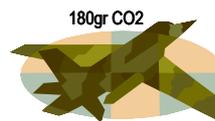


Cada kvar instalado, equivale a una reducción de 150 gr de emisiones de CO<sub>2</sub>



510gr CO<sub>2</sub>

actividad	gr. CO <sub>2</sub>
1 Kwh. de electricidad	510
1 Km. en automóvil	150
1 Km. en avión	180
1 Km. en ferrocarril	35
1 Km. en autobús	30



Una batería de 200 kvar, equivale a una reducción de 30 Kg de emisiones de CO<sub>2</sub>

## Calculo de las necesidades Energía Reactiva en las instalaciones

$$Q = P \times (tg \varphi_1 - tg \varphi_2)$$



Calculo de la Energía Reactiva

$$Q = P \times (tg \varphi_1 - tg \varphi_2)$$

*Donde :*

*Q : Potencia reactiva necesaria (Kvar)*

*P : Potencia activa (KW)*

*Tg  $\varphi_1$  : Tangente correspondiente al cos  $\varphi$  inicial*

*Tg  $\varphi_2$  : Tangente correspondiente al cos  $\varphi$  final*

## Calculo de la Energía Reactiva

### Datos de partida :

- Potencia transformador 400 KVA
- Índice de carga 80%
- Cos  $\phi$  inicial : 0,75
- Cos  $\phi$  deseado : 0,98

### ¿ Equipo necesario ?



Ángulo de la compensación		Potencia del condensador en KVA a instalar por KW de carga para elevar el factor de potencia (cos $\phi$ o la tg $\phi$ )															
tg $\phi$	cos $\phi$	tg $\phi$	cos $\phi$	tg $\phi$	cos $\phi$	tg $\phi$	cos $\phi$	tg $\phi$	cos $\phi$	tg $\phi$	cos $\phi$	tg $\phi$	cos $\phi$	tg $\phi$	cos $\phi$	tg $\phi$	cos $\phi$
2.29	0.40	1.541	0.598	1.307	0.388	1.065	0.196	0.928	0.103	2.000	2.041	1.888	0.99	1	2.149	2.291	
2.22	0.40	1.475	0.631	1.240	0.419	1.009	0.209	0.912	0.116	1.974	2.015	1.862	1.002	2.122	2.265		
2.16	0.42	1.411	0.667	1.176	0.451	0.954	0.222	0.897	0.129	1.948	1.989	1.836	1.015	2.104	2.241		
2.10	0.43	1.350	0.704	1.114	0.484	0.901	0.235	0.882	0.142	1.922	1.963	1.811	1.028	2.087	2.220		
2.04	0.44	1.291	0.742	1.053	0.518	0.849	0.248	0.867	0.155	1.896	1.944	1.786	1.041	2.070	2.201		
1.98	0.45	1.235	0.781	0.993	0.552	0.807	0.261	0.852	0.168	1.870	1.912	1.758	1.054	2.053	2.182		
1.93	0.46	1.180	0.820	0.934	0.587	0.766	0.274	0.837	0.181	1.844	1.884	1.730	1.067	2.036	2.164		
1.88	0.47	1.128	0.860	0.876	0.622	0.725	0.287	0.822	0.194	1.818	1.854	1.702	1.080	2.019	2.146		
1.83	0.48	1.078	0.900	0.818	0.658	0.684	0.300	0.807	0.207	1.792	1.828	1.670	1.093	2.002	2.127		
1.78	0.49	1.029	0.940	0.761	0.694	0.647	0.313	0.792	0.220	1.766	1.802	1.642	1.106	1.985	2.108		
1.73	0.5	0.982	0.980	0.704	0.700	0.610	0.326	0.777	0.233	1.740	1.776	1.614	1.119	1.968	2.089		
1.68	0.51	0.937	1.020	0.647	0.706	0.574	0.339	0.762	0.246	1.714	1.750	1.586	1.132	1.951	2.070		
1.64	0.52	0.893	1.059	0.594	0.711	0.538	0.352	0.747	0.259	1.688	1.724	1.558	1.145	1.934	2.051		
1.60	0.53	0.850	1.097	0.542	0.716	0.502	0.365	0.732	0.272	1.662	1.698	1.530	1.158	1.917	2.032		
1.56	0.54	0.809	1.135	0.490	0.721	0.466	0.378	0.717	0.285	1.636	1.672	1.502	1.171	1.900	2.013		
1.52	0.55	0.768	1.173	0.438	0.726	0.430	0.391	0.702	0.298	1.610	1.646	1.474	1.184	1.883	1.994		
1.48	0.56	0.729	1.211	0.386	0.731	0.394	0.404	0.687	0.311	1.584	1.620	1.446	1.197	1.866	1.975		
1.44	0.57	0.691	1.249	0.334	0.736	0.358	0.417	0.672	0.324	1.558	1.594	1.418	1.210	1.849	1.956		
1.40	0.58	0.655	1.287	0.282	0.741	0.322	0.430	0.657	0.337	1.532	1.564	1.390	1.223	1.832	1.937		
1.37	0.59	0.618	1.325	0.230	0.746	0.286	0.443	0.642	0.350	1.506	1.530	1.362	1.236	1.815	1.918		
1.33	0.6	0.583	1.363	0.178	0.751	0.250	0.456	0.627	0.363	1.480	1.506	1.334	1.249	1.798	1.899		
1.30	0.61	0.549	1.401	0.126	0.756	0.214	0.469	0.612	0.376	1.454	1.472	1.306	1.262	1.781	1.880		
1.27	0.62	0.515	1.439	0.074	0.761	0.178	0.482	0.597	0.389	1.428	1.440	1.278	1.275	1.764	1.861		
1.23	0.63	0.483	1.477	0.022	0.766	0.142	0.495	0.582	0.402	1.402	1.416	1.250	1.288	1.747	1.842		
1.20	0.64	0.451	1.515	0.030	0.771	0.106	0.508	0.567	0.415	1.376	1.390	1.222	1.301	1.730	1.823		
1.17	0.65	0.419	1.553	0.078	0.776	0.070	0.521	0.552	0.428	1.350	1.364	1.194	1.314	1.713	1.804		
1.14	0.66	0.388	1.591	0.126	0.781	0.034	0.534	0.537	0.441	1.324	1.338	1.166	1.327	1.695	1.785		
1.11	0.67	0.358	1.629	0.174	0.786	0.000	0.547	0.522	0.454	1.298	1.312	1.138	1.340	1.676	1.766		
1.08	0.68	0.328	1.667	0.222	0.791	0.036	0.560	0.507	0.467	1.272	1.286	1.110	1.353	1.657	1.747		
1.05	0.69	0.299	1.705	0.270	0.796	0.072	0.573	0.492	0.480	1.246	1.260	1.082	1.366	1.638	1.728		
1.02	0.7	0.270	1.743	0.318	0.801	0.108	0.586	0.467	0.493	1.220	1.234	1.054	1.379	1.619	1.709		
0.99	0.71	0.242	1.781	0.366	0.806	0.144	0.599	0.454	0.506	1.194	1.208	1.026	1.392	1.600	1.690		
0.96	0.72	0.214	1.819	0.414	0.811	0.180	0.612	0.441	0.519	1.168	1.182	0.998	1.405	1.581	1.671		
0.94	0.73	0.186	1.857	0.462	0.816	0.216	0.625	0.428	0.532	1.142	1.156	0.970	1.418	1.562	1.652		
0.91	0.74	0.159	1.895	0.510	0.821	0.252	0.638	0.415	0.545	1.116	1.130	0.942	1.431	1.543	1.633		
0.88	0.75	0.132	1.933	0.558	0.826	0.288	0.651	0.402	0.558	1.090	1.104	0.914	1.444	1.524	1.614		
0.86	0.76	0.105	1.971	0.606	0.831	0.324	0.664	0.389	0.571	1.064	1.078	0.886	1.457	1.505	1.595		
0.83	0.77	0.079	2.009	0.654	0.836	0.360	0.678	0.376	0.584	1.038	1.052	0.858	1.470	1.486	1.576		
0.80	0.78	0.052	2.047	0.702	0.841	0.396	0.691	0.363	0.597	1.012	1.026	0.830	1.483	1.467	1.557		
0.78	0.79	0.026	2.085	0.750	0.846	0.432	0.704	0.350	0.610	986	999	0.802	1.496	1.448	1.538		
0.75	0.8	0.20	2.123	0.798	0.851	0.468	0.717	0.337	0.623	960	973	0.774	1.509	1.429	1.519		
0.72	0.81	0.209	2.161	0.846	0.856	0.504	0.730	0.324	0.636	934	947	0.746	1.522	1.410	1.500		
0.70	0.82	0.183	2.200	0.894	0.861	0.540	0.743	0.311	0.649	908	921	0.718	1.535	1.391	1.481		
0.67	0.83	0.157	2.238	0.942	0.866	0.576	0.756	0.298	0.662	882	895	0.690	1.548	1.372	1.462		
0.65	0.84	0.131	2.276	0.990	0.871	0.612	0.769	0.285	0.675	856	869	0.662	1.561	1.353	1.443		
0.62	0.85	0.105	2.314	1.038	0.876	0.648	0.782	0.272	0.688	830	843	0.634	1.574	1.334	1.424		
0.59	0.86	0.079	2.352	1.086	0.881	0.684	0.795	0.259	0.701	804	817	0.606	1.587	1.315	1.405		
0.56	0.87	0.053	2.390	1.134	0.886	0.720	0.808	0.246	0.714	778	791	0.578	1.600	1.296	1.386		
0.53	0.88	0.029	2.428	1.182	0.891	0.756	0.821	0.233	0.727	752	765	0.550	1.613	1.277	1.367		
0.51	0.89	0.028	2.466	1.230	0.896	0.792	0.834	0.220	0.740	726	739	0.522	1.626	1.258	1.348		
0.48	0.90	0.029	2.504	1.278	0.901	0.828	0.847	0.207	0.753	700	713	0.494	1.639	1.239	1.329		

### Calculo de la Energía Reactiva

Antes de la compensación		Potencia del condensador en KVAR a instalar por kW de carga para elevar el factor de potencia (cos φ o la tg φ a:													
tg φ	cos φ	tg φ	0,75	0,59	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,32	0,29	0,25	0,20	0,14	0,00
		cos φ	0,8	0,86	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
2,29	0,40		1,541	1,698	1,807	1,836	1,865	1,896	1,928	1,963	2,000	2,041	2,088	2,149	2,291
2,22	0,40		1,475	1,631	1,740	1,769	1,799	1,829	1,862	1,896	1,933	1,974	2,022	2,082	2,225
2,16	0,42		1,411	1,567	1,676	1,705	1,735	1,766	1,798	1,832	1,869	1,910	1,958	2,018	2,161
2,10	0,43														
2,04	0,44														
1,98	0,45														
1,93	0,46														
1,88	0,47														
1,83	0,48														
1,78	0,49														
1,73	0,5														
1,69	0,51														
1,64	0,52														
1,60	0,53		0,850	1,007	1,116	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,458	1,600
1,56	0,54		0,809	0,965	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559
1,52	0,55		0,768	0,925	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,191	1,227	1,268	1,315	1,376	1,518
1,48	0,56		0,729	0,886	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	1,276	1,337	1,479
1,44	0,57		0,691	0,848	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	1,238	1,299	1,441
0,94	0,73		0,186	0,427	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686	0,733	0,794	0,936
0,91	0,74		0,159	0,398	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	0,766	0,909
0,88	0,75		0,132	0,370	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,739	0,882

$Q = P \times (tg \phi 1 - tg \phi 2)$   
 $Q = P \times \text{factor}$   
 $Q = P \times 0,679$

### Calculo de la Energía Reactiva

$$Q = P \times (tg \varphi_1 - tg \varphi_2)$$

$$P = S \times \text{indice de carga} \times \cos \varphi = 400 \times 0,8 \times 0,75 = 240KW$$

$$Q = 240 \times (0,679) = 163kVAr$$

Equipo necesario **165 kVAr** (el más aproximado)



## Recargos – Bonificaciones – Mercado Regulado

Recargo / Bonificación por consumo de energía reactiva

- Penalización máxima 50,7 % ,  $\cos \varphi = 0,58$  o inferior
- Bonificación máxima 4 % ,  $\cos \varphi = 1$
- Punto de equilibrio entre  $\cos \varphi = 0,9$  y  $\cos \varphi = 0,95$

•  $1 \leq \cos \varphi < 0,95$ : 
$$Kr (\%) = \frac{37,026}{\cos^2 \varphi} - 41,026$$

•  $0,95 \leq \cos \varphi \leq 0,90$ : 
$$Kr (\%) = 0$$

• Para  $\cos \varphi < 0,90$ : 
$$Kr (\%) = \frac{29,16}{\cos^2 \varphi} - 36$$

## Recargos – Bonificaciones – Mercado liberalizado

### ■ Mercado liberalizado

En el mercado liberalizado, sólo hay penalizaciones por el consumo de energía reactiva hasta  $\cos \varphi$  0,95.

Se paga por los excesos de reactiva (kVArh), que excedan del 33% del consumo de los kWh consumidos en los periodos punta y llano. No existe penalización en periodos valle.

El precio del kVArh exceso se establece cada año según lo indicado en el REAL DECRETO en el que se establece la tarifa eléctrica para el año siguiente.

### ■ **ORDEN ITC / 3860 / 2007, de 28 de diciembre, por el que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero del 2008**

<b>Cos <math>\varphi</math> de la instalación</b>		<b>Precio del kVArh</b>
Para $\cos \varphi < 0,95$	Para $\cos \varphi \leq 0,90$	0,000010 €/kVArh
Para $\cos \varphi < 0,90$	Para $\cos \varphi \leq 0,85$	0,013091 €/kVArh
Para $\cos \varphi < 0,85$	Para $\cos \varphi \leq 0,80$	0,026182 €/kVArh
Para $\cos \varphi < 0,80$		0,039274 €/kVArh

## Calculo de la Energía Reactiva

### DATOS DEL CONTRATO

COMUNICACIONES CON ALEGRÍA  
C/ VOZ SIN IMAGEN Nº 33  
08007 BARCELONA  
CIF K009990000  
CNAE XXXX

COMUNICACIONES CON ALEGRÍA  
C/ VOZ SIN IMAGEN Nº 33  
08007 BARCELONA

Tarifa TL24 Tipo DH 6P M.F. TGP6P

Potencia

PC1 : 500 kW PC2 : 500 kW PC3 : 500 kW PC4 : 500 kW PC5 : 500 kW PC6 : 500 kW

Precios del B.O.E. Del 28/12/2001

Dirección fiscal : C/ Voz sin imagen nº 33

Forma de pago

Entidad BANCO XXXXXXXXXX

Sucursal 0002 Código Cuenta Bancaria 000000XXXXXXX

### FACTURACION

EUROS

1. Termino de Potencia	P1 500 kW x 80,2411 cent€/kW	401,21
	P2 500 kW x 40,1972 cent€/kW	200,99
	P3 500 kW x 29,4575 cent€/kW	147,29
	P4 500 kW x 29,4575 cent€/kW	147,29
	P5 500 kW x 29,4575 cent€/kW	147,29
	P6 500 kW x 13,4247 cent€/kW	67,12
Total importe potencia		1.111,19
2. Termino de energía	P1 8.399 kWh x 8,83 cent€/kWh	741,63
	P2 14.111 kWh x 7,98 cent€/kWh	1.126,06
	P6 23.170 kWh x 3,95 cent€/kWh	915,22
Total Energía 45.680 kWh		2.782,91
3. Termino energía reactiva	10.750,7 kVAh x 3,6962 cent€/kVAh	397,37
4. Impo Electr. S/ exceso de potencia		20,32
5. Alquiler equipos medida	1 mes x 30,05 cent€/mes	0,30
6. IVA	16 % s/ 4.312,09	690,93
<b>IMPORTE</b>		<b>5.002,02</b>

### CONSUMO

Nº contador	función	desde	lectura	hasta	lectura	consumo / demanda
xxxxxxxxxx	CAP1	31/01/2002	62	28/02/2002	8461	8399 kWh
xxxxxxxxxx	CAP2	31/01/2002	103	28/02/2002	14214	14111 kWh
xxxxxxxxxx	CAP3	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kWh
xxxxxxxxxx	CAP4	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kWh
xxxxxxxxxx	CAP5	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kWh
xxxxxxxxxx	CAP6	31/01/2002	0	28/02/2002	23170	23170 kWh
xxxxxxxxxx	CRP1	31/01/2002	450	28/02/2002	7354	6904 kVAh
xxxxxxxxxx	CRP2	31/01/2002	695	28/02/2002	11970	11275 kVAh
xxxxxxxxxx	CRP3	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kVAh
xxxxxxxxxx	CRP4	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kVAh
xxxxxxxxxx	CRP5	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kVAh
xxxxxxxxxx	CRP6	31/01/2002	163	28/02/2002	10548	10385 kVAh
xxxxxxxxxx	MAP1	31/01/2002	0	28/02/2002	141	141 kW
xxxxxxxxxx	MAP2	31/01/2002	0	28/02/2002	140	140 kW
xxxxxxxxxx	MAP3	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kW
xxxxxxxxxx	MAP4	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kW
xxxxxxxxxx	MAP5	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kW
xxxxxxxxxx	MAP6	31/01/2002	0	28/02/2002	143	143 kW

### Hoja datos económicos

### Hoja lecturas consumos

## Calculo de la Energía Reactiva

**FACTURACION**

**EUROS**

1. Termino de Potencia	P1 500 kW x 80,2411 cent€/kW	401,21
	P2 500 kW x 40,1972 cent€/kW	200,99
	P3 500 kW x 29,4575 cent€/kW	147,29
	P4 500 kW x 29,4575 cent€/kW	147,29
	P5 500 kW x 29,4575 cent€/kW	147,29
	P6 500 kW x 13,4247 cent€/kW	67,12
Total importes potencia		1.111,19
2. Termino de energía	P1 8.399 kWh x 8,83 cent€/kWh	741,63
	P2 14.111 kWh x 7,98 cent€/kWh	1.126,06
	P6 23.170 kWh x 3,95 cent€/kWh	915,22
Total Energia 45.600 Kwh		2.782,91
3. Termino energía Reactiva	10.750,7 kVAh x 3,6962 cent€/kVAh	397,37
4. Impto Electr. S/ excesos de potencia		20,32
5. Alquiler equipos medida	1 mes x 30,05 cent€/mes	0,30
6. IVA	16 % s/ 4.312,09	609,93

**El importe del termino de potencia, correspondiente a cada periodo horario**

**El importe del termino de energía, correspondiente a cada periodo horario**

**El exceso de reactiva**



**IMPORTE 5.002,02**

## Calculo de la Energía Reactiva

### CONSUMO ACTIVA

si sólo hay P1,P2 y P3, considerar P3 como P6 (P3 en este caso es el periodo valle)

MES	P1		P2		P3		P4		P5		P6		TOTAL
	Consumo	Exceso	Consumo										
octubre	8.399		14.111									23.170	45.680 kWh

### CONSUMO REACTIVA

si sólo hay P1,P2 y P3, considerar P3 como P6 (P3 en este caso es el periodo valle)

MES	P1		P2		P3		P4		P5		P6		TOTAL	
	Consumo	Exceso	Consumo	Exceso										
octubre	6.904	4.132	11.275	6.618							10.385		28.564 kVAh	10.751

Tal como dice el REAL DECRETO, no se tienen en cuenta los excesos E.R. del periodo 6

FACTURACION		EUROS
1. Termino de Potencia	P1 500 kW x 80,2411 cent€/kW	401,21
	.....	147,29
	P6 500 kW x 13,4247 cent€/kW	67,12
Total importes potencia		1.111,19
2. Termino de energía	P1 8.399 kWh x 8,83 cent€/kWh	741,63
	P2 14.111 kWh x 7,98 cent€/kWh	1.126,06
	P6 23.170 kWh x 3,95 cent€/kWh	915,22
Total Energía 45.600 kWh		2.782,91
<b>3. Termino energía Reactiva</b>	<b>10.750,7 kVAh x 3,6962 cent€/kVAh</b>	<b>397,37</b>
4. Impo. Electr. G. excesos de potencia		20,32
5. Alquiler equipos medida	1 mes x 30,05 cent€/mes	0,30
6. IVA	16 % s/ 4.312,09	609,93
<b>IMPORTE</b>		<b>5.002,02</b>

El exceso de reactiva corresponde a la diferencia entre la totalidad de reactiva y el 33% de la activa ( $\cos \phi = 0,95$ ). No teniendo en cuentas los periodos valle

Ejemplo : de 1000 kwh no penalizan los primeros 333 kvarh

### Calculo de la Energía Reactiva

- Hay que calcular el  $\cos \varphi$  de cada periodo horario y aplicar el recargo correspondiente; o el  $\cos \varphi$  global, sin los periodos valles P3 y P6, (dependiendo del tipo de contrato).

$$\cos \varphi = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kVArh^2}} \quad tg \varphi = \frac{kVArh}{kWh}$$

- La suma de los recargos en cada periodo horario, será el recargo total por exceso de reactiva de ese periodo de facturación

CONSUMO

Nº contador	función	desde	lectura	hasta	lectura	consumo / demanda	
xxxxxxxx	CAP1	31/01/2002	62	28/02/2002	8461	8399kWh	Consumos energía activa
xxxxxxxx	CAP2	31/01/2002	103	28/02/2002	14214	14111kWh	
xxxxxxxx	CAP3	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kWh	
xxxxxxxx	CAP4	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kWh	
xxxxxxxx	CAP5	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kWh	
xxxxxxxx	CAP6	31/01/2002	0	28/02/2002	23170	23170kWh	
xxxxxxxx	CRP1	31/01/2002	450	28/02/2002	7354	6904kVArh	Consumos energía reactiva
xxxxxxxx	CRP2	31/01/2002	695	28/02/2002	11970	11275kVArh	
xxxxxxxx	CRP3	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kVArh	
xxxxxxxx	CRP4	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kVArh	
xxxxxxxx	CRP5	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kVArh	
xxxxxxxx	CRP6	31/01/2002	163	28/02/2002	10548	10385kVArh	
xxxxxxxx	MAP1	31/01/2002	0	28/02/2002	141	141 kW	
xxxxxxxx	MAP2	31/01/2002	0	28/02/2002	140	140 kW	
xxxxxxxx	MAP3	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kW	
xxxxxxxx	MAP4	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kW	
xxxxxxxx	MAP5	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kW	
xxxxxxxx	MAP6	31/01/2002	0	28/02/2002	143	143 kW	

### Calculo de la Energía Reactiva

- Determinar cual es la Potencia activa , con la energía activa consumida y el número de horas totales trabajadas a plena carga ( o potencia contratada o máximo)

#### Ejemplo :

Jornada laboral : 13 horas

7 al 100 %  
2 al 50 %  
4 al 25 %

→ Horas totales efectivas al 100% 9 horas

Número de días trabajados al mes : 26 días

$$P = \frac{\text{consumo energía activa (kWh)}}{\text{número horas totales trabajadas mes}}$$

$$P = \frac{32510 \text{ kWh}}{9 \text{ horas} \times 26 \text{ días}} = 138,9 \text{ kW}$$

**Verificar que el resultado obtenido, no sea mayor de la Potencia contratada o la potencia del máximo**

### Calculo de la Energía Reactiva

**CONSUMO**

Nº contador	función	desde	lectura	hasta	lectura	consumo / demanda
xxxxxxxxx	MAP1	31/01/2002	0	28/02/2002	141	141 kW
xxxxxxxxx	MAP2	31/01/2002	0	28/02/2002	140	140 kW
xxxxxxxxx	MAP3	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kW
xxxxxxxxx	MAP4	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kW
xxxxxxxxx	MAP5	31/01/2002	0	28/02/2002	0	0 kW
xxxxxxxxx	MAP6	31/01/2002	0	28/02/2002	143	143 kW

Potencia activa media, según máxímetro 141 kW

**CONSUMO**

función	consumo / demanda	función	consumo / demanda	cos phi
CAP1	8399 kWh	CRP1	6904 kVArh	0,77
CAP2	14111 kWh	CRP2	11275 kVArh	0,78
CAP3	0 kWh	CRP3	0 kVArh	
CAP4	0 kWh	CRP4	0 kVArh	
CAP5	0 kWh	CRP5	0 kVArh	
CAP6	23170 kWh	CRP6	10385 kVArh	0,91
<b>TOTAL</b>	<b>45680 kWh</b>	<b>TOTAL</b>	<b>28564 kVArh</b>	<b>0.84</b>

Cos φ ini = 0,77  
Cos φ final = 0,98

### Calculo de la Energía Reactiva

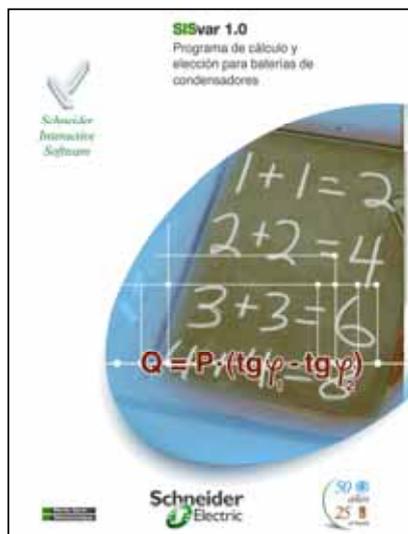
- Ahora, hay que aplicar la fórmula  $Q = P \times (tg\phi_1 - tg\phi_2)$
- De donde ya sabemos los  $\cos \phi$  inicial y el deseado ( recordar que no es necesario llegar a  $\cos \phi 1$  ; si no se desea optimizar al máximo la instalación)
- Para encontrar la P, se puede utilizar la P contratada, o utilizar el "método tradicional" de horas trabajadas a plena carga ...

Potencia activa  $tg\phi_1$

$$Q = 144 \times (0,8 - 0,2) = 86,4 \text{ kVAr}$$

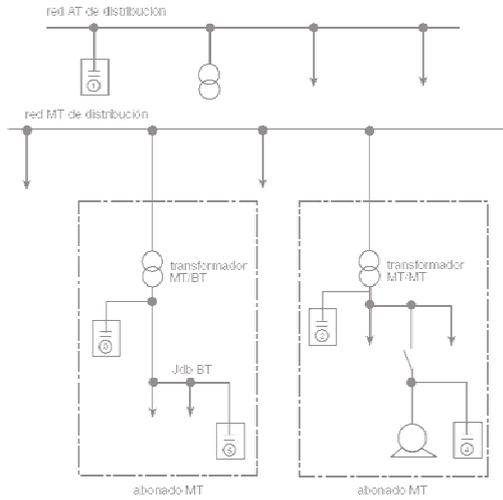
El valor tg que corresponde al  $\cos \phi 0,98$

### Calculo de la Energía Reactiva – SISvar 1.2



Otra manera de calcular las necesidades de reactiva de las instalaciones, es utilizando el programa de calculo **SISvar 1.2**

## ¿Donde compensar?

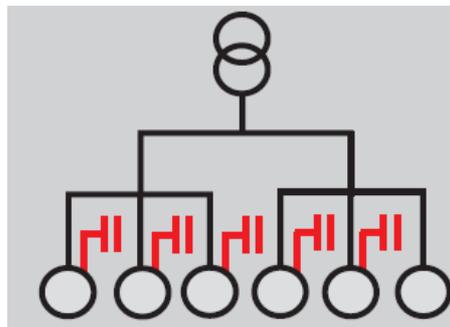


### ¿ Donde instalar el equipo calculado ?

#### Compensación individual

##### Ventajas:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Optimiza toda la instalación eléctrica. La corriente reactiva  $I_r$  se abastece en el mismo lugar de su consumo.
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).



##### Observaciones:

- La corriente reactiva no está presente en los cables de la instalación.
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables se suprimen totalmente.

## ¿ Donde instalar el equipo calculado ?

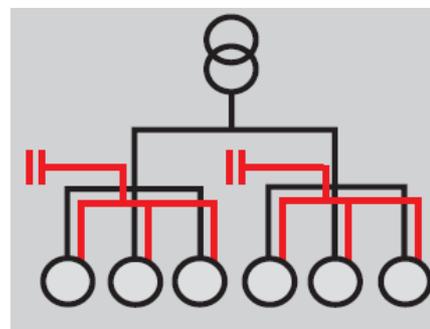
### Compensación parcial

#### Ventajas:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Optimiza una parte de la instalación, la corriente reactiva no se transporta entre los niveles 1 y 2
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).

#### Observaciones:

- La corriente reactiva ( $I_r$ ) está presente en la instalación desde el nivel 2 hasta los receptores.
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables se disminuyen.



## ¿ Donde instalar el equipo calculado ?

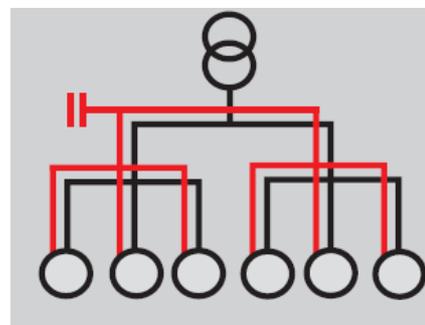
### Compensación global

#### Ventajas:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Ajusta la potencia aparente (S en kVA) a la necesidad real de la instalación.
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).

#### Observaciones:

- La corriente reactiva ( $I_r$ ) está presente en la instalación desde el nivel 1 hasta los receptores.
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables no quedan disminuidas.



## ¿Cómo se mejora el factor de potencia?

En baja tensión, la compensación de la energía reactiva se puede realizar con :

- condensadores fijos (compensación fija)
- baterías automáticas de condensadores (compensación automática)

### **Compensación fija**

La utilización de esta configuración se suele aplicar en:

- En bornes de los dispositivos inductivos (motores y transformadores).
- En los casos en los que el nivel de carga es razonablemente constante, y no hay riesgo de sobrecompensación.

### **Compensación automática**

- Generalmente se instala en cabecera de la instalación, donde se puede apreciar las variaciones de potencia activa y potencia reactiva demandadas por las diferentes cargas presentes en la instalación.
- Con una batería de condensadores automática, se consigue adaptarse en cada momento a las necesidades reales de la carga, evitando la sobrecompensación.

## Compensación fija

### Compensación fija de un transformador

Si se desea compensar las pérdidas inductivas del transformador hay que añadir un equipo de compensación fija en los bornes del transformador, de tal manera que la instalación quede "sobrecompensada" en el secundario del transformador y dicha sobrecompensación sirva para compensar el trafo.

En la **figura a** existe un consumo de reactiva por parte del transformador que no es suministrado por la batería.

La batería de condensadores no "ve" dicho consumo, ya que el TI que informa al regulador está aguas arriba de la batería de condensadores. Por lo que es necesario añadir un condensador aguas arriba del TI que aporte los kVAr suplementarios (**figura b**).

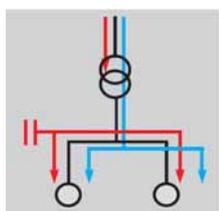


figura a

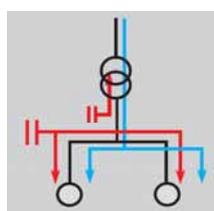


figura b

## Compensación fija

### Compensación fija de un transformador



Tabla compensación transformadores MT

Potencia aparente MVA	Tensión primario	Tensión secundario	Tensión de cortocircuito Ucc %	Potencia reactiva a compensar sin carga
2,5	20	3 a 16	6,5	40
	30	3 a 16	6,5	50
3,15	20	3 a 16	7	50
	30	3 a 16	7	60
4	20	3 a 16	7	60
	30	3 a 16	7	70
5	20	3 a 16	7,5	70
	30	3 a 16	7,5	80
6,3	10 a 36	3 a 20	8,1	70
8	10 a 36	3 a 20	8,4	80
10	10 a 36	3 a 20	8,9	90
12,5	10 a 36	3 a 20	9	120
16	45 a 66	3 a 20	9,3	130

Tabla compensación transformadores BT

Transformador S (kVA)	Ucc (%)	En aceite		Secos	
		Vacío	Carga	Vacío	Carga
100	4	2,5	5,9	2,5	8,2
160	4	3,7	9,6	3,7	12,9
250	4	5,3	14,7	5,0	19,5
315	4	6,3	18,3	5,7	24
400	4	7,6	22,9	6,0	29,4
500	4	9,5	28,7	7,5	36,8
630	4	11,3	35,7	8,2	45,2
800	4	20,0	66,8	10,4	57,5
1.000	6	24,0	82,6	12	71
1.250	5,5	27,5	100,8	15	88,8
1.600	6	32	126	19,2	113,9
2.000	7	38	155,3	22	140,6
2.500	7	45	191,5	30	178,2

- Un transformador consume una potencia reactiva compuesta por:
  - Una parte fija que depende de la corriente magnetizante,  $Q_0 = \sqrt{3} * U_n * I_0$  (esta parte representa del 0,5 al 2,5 % de la potencia del transformador).
  - Una parte aprox. proporcional al cuadro de la potencia aparente.  $Q = U_{cc} * S * (s/sn)$
  - La potencia reactiva total consumida por un transformador de distribución está en torno al 10 % a plena carga.

## Compensación fija

La intensidad reactiva que absorbe un motor asíncrono es prácticamente constante y tiene un valor aproximado del 90 % de la intensidad en vacío.

Por esta razón cuando un motor trabaja en bajos regímenes de carga, el  $\cos \phi$  es muy bajo debido a que el consumo de kW es pequeño.

### Compensación de motores con arrancador

Si el motor arranca con ayuda de algún dispositivo especial, como resistencias, inductancias, estrella triángulo o autotransformadores, **es recomendable que los condensadores sean conectados después del arranque del motor.**



## Compensación fija

### Cómo evitar la autoexcitación:

Limitar la potencia de los condensadores fijos instalados en bornes del motor. De tal forma que la intensidad reactiva suministrada sea inferior a la necesaria para provocar la autoexcitación; es decir que la  $I_n$  de los condensadores sea inferior al valor de la intensidad en vacío del motor.

El valor máximo de potencia reactiva a instalar se puede determinar:

$$Q_M \leq 0,9 \times I_0 \times U_n \times \sqrt{3}$$

$$Q_M \leq 2P_0 (1 - \cos \varphi_i)$$

donde:

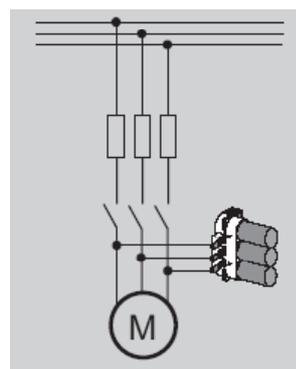
$Q_M$  = Potencia fija máxima a instalar (VAR)

$I_0$  = Intensidad en vacío del motor

$U_n$  = Tensión nominal (V)

$P_0$  = Potencia nominal motor (kW)

$\cos \varphi_i$  = Coseno  $\varphi$  inicial.



## Compensación fija

**Cómo evitar la autoexcitación:**

Tabla compensación de motores asíncronos BT

Potencia nominal kW	CV	Núm. de revoluciones por min Potencia reactiva en kVAr			
		3.000	1.500	1.000	750
11	15	2,5	2,5	2,5	5
18	25	5	5	7,5	7,5
30	40	7,5	10	11	12,5
45	60	11	13	14	17
55	75	13	17	18	21
75	100	17	22	25	28
90	125	20	25	27	30
110	150	24	29	33	37
132	180	31	36	38	43
160	218	35	41	44	52
200	274	43	47	53	61
250	340	52	57	63	71
280	380	57	63	70	79
355	485	67	76	86	98
400	544	78	82	97	106
450	610	87	93	107	117

Tabla compensación de motores asíncronos MT

Potencia nominal kW	CV	Núm. de revoluciones por min Potencia reactiva en kVAr			
		3.000	1.500	1.000	750
140	190	30	35	40	50
160	218	30	40	50	60
180	244	40	45	55	65
280	380	60	70	90	100
355	482	70	90	100	125
400	543	80	100	120	140
500	679	100	125	150	175
1.000	1.359	200	250	300	350
1.400	1.902	280	350	420	490
1.600	2.174	320	400	480	560
2.000	2.717	400	500	600	700
2.240	3.043	450	560	680	780
3.150	4.280	630	800	950	1.100
4.000	5.435	800	1.000	1.200	1.400
5.000	6.793	1.000	1.250	1.500	1.750

**máxima potencia reactiva a instalar en bornes de un motor trifásico, sin riesgo de autoexcitación.**

## Compensación fija

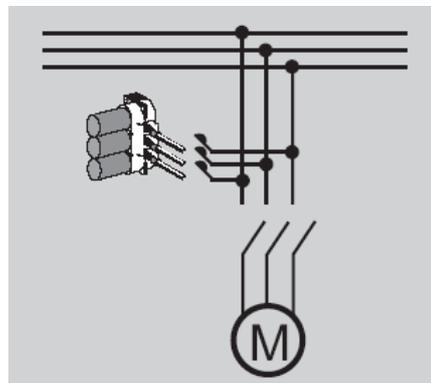
### Cómo evitar la autoexcitación:

#### Instalación

Este montaje permite evitar el riesgo de sobreexcitación de los motores, compensando la totalidad de la potencia reactiva necesaria.

La instalación se debe realizar siempre aguas arriba del dispositivo de mando y protección del motor.

El contactor del condensador deberá ir enclavado con el dispositivo de protección del motor de manera que cuando el motor sea o bien desconectado, o bien provocada la apertura de su dispositivo de protección, el condensador debe quedar fuera de servicio.



#### Cálculo de la potencia a instalar

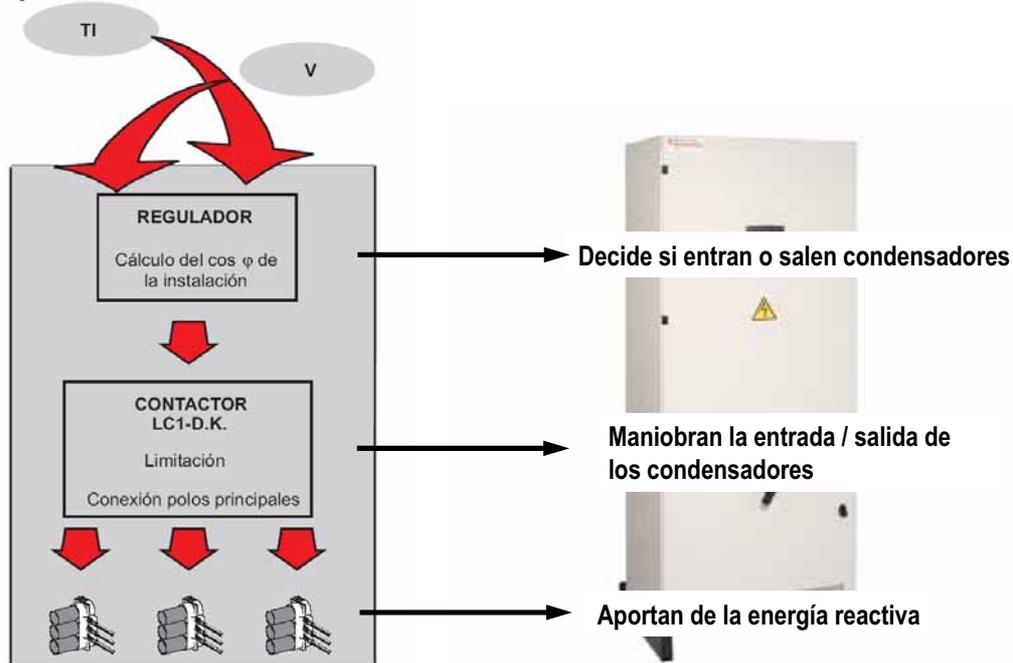
En este caso y habiendo evitado el riesgo de autoexcitación, el cálculo se realiza de la misma manera que para cualquier carga:

$$Q = P \times (tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$$

Siendo:

P = potencia activa del motor (kW).

### Compensación automática



## Compensación automática

### Definición de una batería automática

Los 3 datos que definen una batería automática de condensadores son los siguientes:

- La potencia en kVAr, que vendrá dada por los cálculos efectuados y dependerá del  $\cos \phi$  objetivo que se desea tener en la instalación.
- La tensión nominal, que siempre deberá ser mayor o igual a la tensión de red.
- La regulación de la batería, que indicará el escalonamiento físico de la misma.

### Regulación física / eléctrica

El escalonamiento o regulación física de una batería automática indica la composición y el número de los conjuntos condensador-contactador que la forman.

La regulación eléctrica es el número de pasos eléctricos del equipo

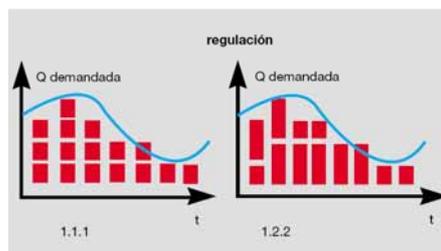
Se expresan como relación de la potencia del primer escalón con el resto de escalones.

### Compensación automática

#### Regulación física / eléctrica - EJEMPLO

##### Escalón físico:

Nº de escalones (condensador + contactor) que forman una batería de condensadores automática



##### Optimizar :

- Num. condensadores
- Volumen
- Precio

## Compensación automática

### La programación de un regulador

Los datos que se deben programar en un regulador al realizar la puesta en marcha son los siguientes:

- El  $\cos \varphi$  deseado en la instalación.
- La relación C/K.

Estos datos son únicos para cada instalación y no se pueden programar de fábrica

### ¿Qué es el C/K?

El regulador es el componente que decide la entrada o salida de los distintos escalones en función de 3 parámetros:

- El  $\cos \varphi$  que se desea en la instalación.
- El  $\cos \varphi$  que existe en cada momento en la instalación.
- La intensidad del primer escalón (que es el que marca la regulación mínima de la batería).



### Compensación automática

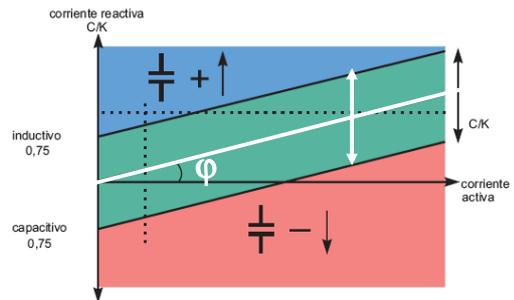
El eje X representa la intensidad activa de la instalación; el eje Y, la intensidad reactiva

Se ha representado la línea cuya pendiente es la  $\text{tg } \varphi$ , siendo  $\varphi$  el ángulo para el  $\cos \varphi$  deseado.

Al no poder la batería ajustarse exactamente a la demanda de reactiva que existe en cada momento en la instalación, se crea una banda de funcionamiento estable del regulador en la cual a pesar de que el  $\cos \varphi$  no sea exactamente el deseado no va a conectar ni desconectar más escalones.

Esa banda es el C/K; por encima de la banda C/K el regulador va a conectar escalones y por debajo los desconecta.

- Un ajuste demasiado bajo del C/K implicaría un sobretabajo inútil de los contactores
- Un C/K demasiado alto supondría una banda estable excesivamente ancha, y por lo tanto no se alcanzaría el  $\cos \varphi$  deseado.



## En la práctica

### Problemas más comunes en la puesta en marcha de una batería de condensadores

- Colocación incorrecta del Transformador de intensidad
  - cos phi anormal
  - signo - en el cos phi
  - el cos phi "no se mueve"

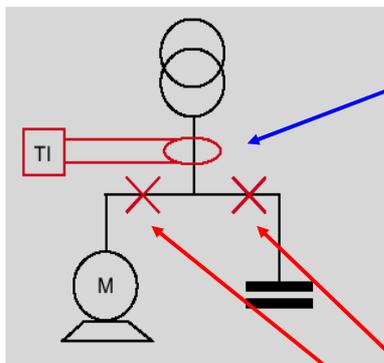
### Puesta en marcha de una batería de condensadores

- El regulador
  - proceso
  - menús
  - "guía rápida"



En la práctica

Colocación del Transformador de Intensidad (I)

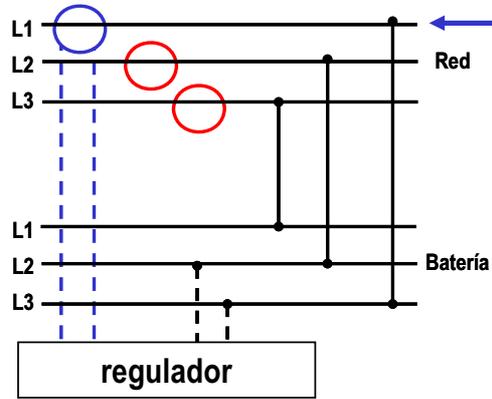


Para una correcta lectura, el transformador de intensidad debe de estar colocado aguas arriba de la carga y de la batería de condensadores

Si, el transformador de intensidad, está situado antes de la carga o antes de la batería sólo leerá el consumo correspondiente a la carga o la batería

En la práctica

Colocación del Transformador de Intensidad (II)



Lo correcto es colocar el Transformador de intensidad, la fase donde el regulador no toma la tensión de referencia. La costumbre es colocarlo en la fase L1

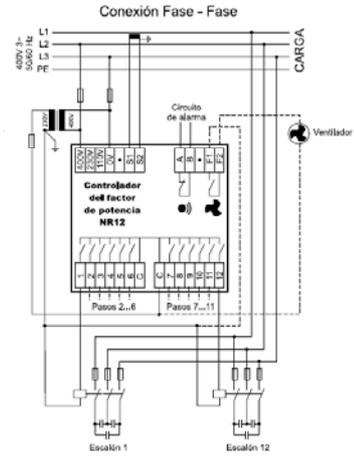
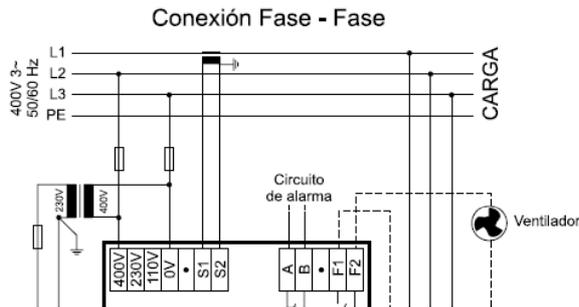
~~El error más común es situar el Transformador de intensidad, en una de las dos fases donde el regulador toma la tensión de referencia.~~

**En la práctica**

**Problemas más comunes en la puesta en marcha de una batería de condensadores**

Colocación incorrecta del Transformador de intensidad

- cos phi anormal
- signo “-” en el cos phi
- el cos phi “no se mueve”



**En la práctica**

**Error típico de mala conexión del TI**



■ Coseno  $\varphi$  muy bajo y todos los condensadores metidos

Se observan 2 alarmas : 1 y 3

Están los tres condensadores, y se demanda más potencia

**No confundir con un déficit de potencia**

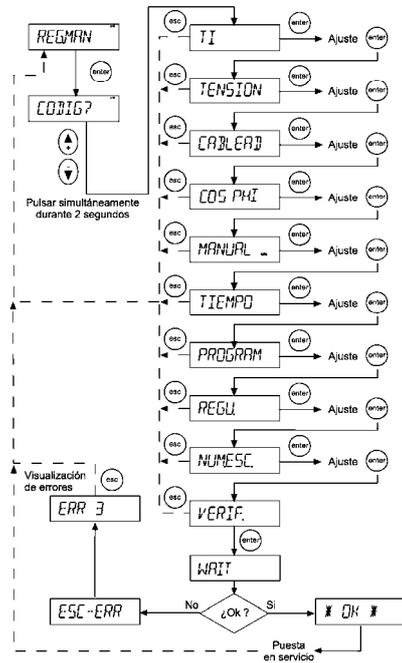


En la práctica

Puesta en marcha de una batería de condensadores

■ El regulador

- proceso
- menús
- "guía rápida"

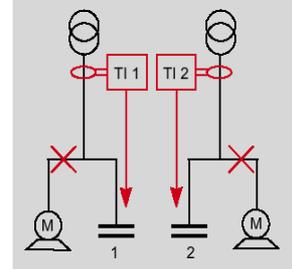


**En la práctica**

**Colocación del TI, casos especiales (I)**

**Embarrados independientes en BT**

Instalación que dispone de varios embarrados independientes que no tienen por qué estar conectados a dos transformadores idénticos. Por este motivo la necesidad de potencia reactiva será distinta para cada embarrado. La compensación se realizará para la totalidad de los receptores de la instalación,

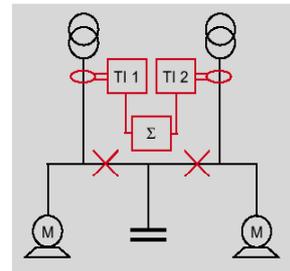


**Transformadores de distribución distintos**

La compensación de esta instalación se puede realizar con la colocación de dos baterías automáticas y sus respectivos TI.

**Transformadores de distribución iguales**

En este caso se puede compensar con una única batería cuyo regulador está alimentado por un transformador sumador, el cual está alimentado a su vez por los TI de cada trafo.



## En la práctica

### Protecciones

Los calibres de los interruptores automáticos de protección deben ser elegidos de forma que permitan un reglaje de la protección térmica de la batería de condensadores a:

#### ¿Qué dice el Reglamento BT?

ITC-BT 48

Los aparatos de corte y protección de los condensadores deberán soportar en régimen permanente de 1,5 a 1,8 veces la  $I_n$  asignada a cada condensador.

El reglaje de las protecciones de cortocircuito (magnéticas / corto retardo) deberá permitir el paso de los transitorios de conexión. El ajuste será  $10 \times I_n$  para los tipos estándar y SAH.

### Fusibles de protección

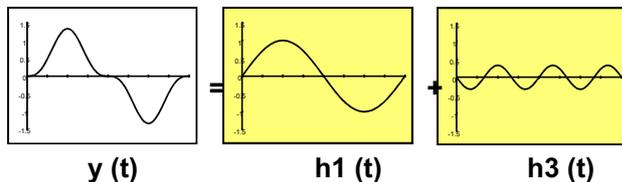
Los fusibles APR de protección de los condensadores y escalones de condensadores deben ser de tipo Gg y calibrados a  $1,5 I_n$ .

Los fusibles de la acometida general de la batería de condensadores deben ser de tipo Gg y calibrados a  $1,8 I_n$ .

## Armónicos

### Definiciones

Una tensión armónica es una tensión senoidal cuya frecuencia es múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación.



Se dice que una señal periódica contiene armónicos cuando la forma de onda de esa señal no es senoidal o, lo que es lo mismo, cuando se encuentra deformada con respecto a lo que sería una señal senoidal.

**Valor eficaz**  $Valor\ eficaz = \sqrt{H1^2 + H2^2 + \dots + Hn^2}$

**Tasa distorsión individual**  $Tn = \frac{Hn}{H1}$

**Tasa distorsión global**  $THD\% = 100 \times \frac{\sqrt{H2^2 + H3^2 + \dots + Hn^2}}{H1}$

## Armónicos

El valor eficaz de la onda periódica no senoidal es igual a :

$$\text{Valor eficaz} = \sqrt{H1^2 + H2^2 + \dots + Hn^2}$$

H1 = fundamental. H2, ..., Hn = armónicas. A este valor eficaz se denomina RMS ( Root Mean Square ).

### Ejemplo de cálculo :

cálculo de la intensidad eficaz absorbida por una carga monofásica tipo informática ,

Rango	Intensidad
I <sub>1</sub>	56,2 A
I <sub>3</sub>	27,2 A
I <sub>5</sub>	2,7 A
I <sub>7</sub>	9,2 A
I <sub>9</sub>	7,8 A

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{56,2^2 + 27,2^2 + 2,7^2 + 9,2^2 + 7,8^2} = 63,6 \text{ A}$$

## Armónicos

### ■ Tasa de distorsión armónica :

Es la relación porcentual entre el valor eficaz de las componentes armónicas respecto a la fundamental.

$$THD \% = 100 \times \frac{\sqrt{H_2^2 + H_3^2 + \dots + H_n^2}}{H_1}$$

### ■ Tasa armónica individual :

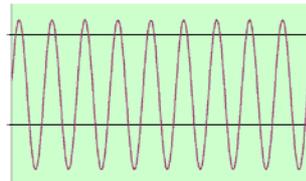
Es la relación entre el valor eficaz de un armónico y el valor eficaz de la componente fundamental.

$$tn(\%) = \frac{H_n}{H_1}$$

## Armónicos

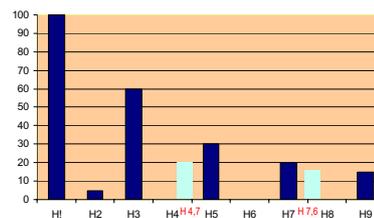
### Rango (orden del armónico) :

- es el valor entero que determina la frecuencia del armónico.
- ejemplo : armónico de rango 5, frecuencia=  $5 \times 50 = 250 \text{ Hz}$



### Espectro armónico en % de la fundamental

- es el gráfico que representa las amplitudes de los armónicos en función de su frecuencia.



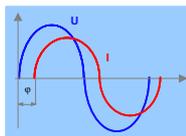
Los interarmónicos son componentes sinusoidales que no tienen frecuencias múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Estos son debidos a las variaciones periódicas o aleatorias de la potencia absorbida por diferentes receptores como hornos de arco, máquinas de soldar y convertidores de frecuencia.

## Armónicos

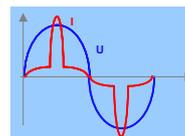
### Origen de los armónicos

Los dispositivos y los sistemas que producen armónicos se encuentran presentes en todos los sectores, es decir, el industrial, el comercial y el residencial. Los armónicos se producen por cargas no lineales (es decir, cargas que al ser alimentadas por una tensión senoidal, dan como respuesta una onda de intensidad deformada, no lineal).

**Carga lineal**



**Carga no lineal**



Ejemplos de cargas no lineales:

- Equipo industrial (soldadoras, hornos de arco, hornos de inducción, rectificadores).
- Variadores de velocidad para motores CC o asíncronos.
- SAI.
- Equipos de oficina (ordenadores, fotocopiadoras, faxes, etc.).
- Electrodomésticos (televisores, hornos microondas, iluminación fluorescente).
- Algunos dispositivos con saturación magnética (transformadores).

## Armónicos

### Principales fuentes de armónicos

#### Cargas industriales

- Equipamientos de electrónica de potencia: variadores de velocidad, rectificadores, onduladores...
- Cargas que utilizan arco eléctrico: hornos de arco, máquinas de soldar, iluminación (lámparas fluorescentes...).
- Los arranques de motores con arrancadores electrónicos y los enganches de transformadores de potencia son también generadores de armónicos



Equipo soldadura

#### Cargas domésticas

- televisores, hornos microondas, placas de inducción, ordenadores, impresoras, lámparas fluorescentes...

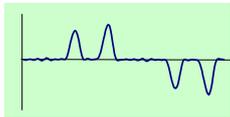


Variador ATV58

## Armónicos

### Variadores de velocidad

INTENSIDAD  $I_s$  ABSORBIDA  
S=23kVA THDI=124%

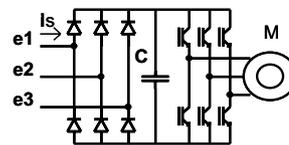


ESPECTRO ARMÓNICO  
81% H5, 74% H7, 42% H11, ...



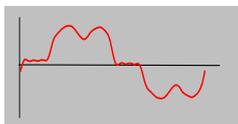
- carga trifásica
- generación de armónicos de rango 5, 7, 11, 13
- la corriente es inestable

ESQUEMA DE PRINCIPIO  
(Sin reactancia)

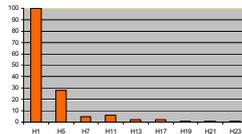


### Rectificadores / Cargadores

CORRIENTE  $I_s$  ABSORBIDA  
S=122kVA THDI=30%

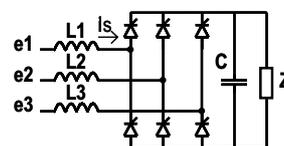


ESPECTRO ARMÓNICO GENERADO  
28% H5, 5% H7, 6% H11, ...



- carga trifásica
- tipo puente de Graetz controlado
- generadores de corrientes de rangos 5, 7, 11, 13, ...

ESQUEMA DE PRINCIPIO



## Armónicos

### ¿Por qué es necesario detectar y eliminar los armónicos?

#### Perturbaciones producidas por los armónicos

Los armónicos que circulan por las redes de distribución reducen la calidad de la alimentación eléctrica. Esto puede producir una serie de efectos negativos:

- Efectos a corto plazo.
- Efectos a largo plazo

#### Impactos económicos

- El envejecimiento prematuro (reducción del 5% hasta el 38% de la vida útil) del equipo hace que se tenga que sustituir con más frecuencia, a menos que se sobredimensione desde el principio.
- Las sobrecargas en la red de distribución pueden necesitar niveles de contratación de potencia superiores y aumentar las pérdidas.
- La distorsión de las ondas de corriente

**Armónicos / efectos a corto plazo**

- Disparo intempestivo de las protecciones.
- Perturbaciones inducidas de los sistemas de corriente baja (telemando, telecomunicaciones).
- Vibraciones y ruidos anormales.
- Deterioro por sobrecarga térmica de condensadores.
- Funcionamiento defectuoso de las cargas no lineales.

## Armónicos / efectos a largo plazo

### Condensadores de potencia

- Pérdidas y calentamientos adicionales.
- Vibraciones, desgaste mecánico; ruido



### Motores

- Pérdidas y calentamientos adicionales.
- Reducción de las posibilidades de utilización a plena carga.
- Vibraciones, desgaste mecánico; ruido



### Transformadores

- Pérdidas y calentamientos adicionales.
- Vibraciones mecánicas; ruido



### Interruptor automático

- Disparos intempestivos por los elevados valores cresta de I.

### Cables

- Pérdidas dieléctricas y químicas adicionales, especialmente en el neutro si hay armónicos de orden 3
- Calentamientos.

### Ordenadores

- Perturbaciones que generan pérdidas de datos o funcionamiento defectuoso de los equipos de control.

### Electrónica de potencia

- Perturbaciones relacionadas con la forma de onda: conmutación, sincronización...

## Armónicos

### Valores indicativos (según la Norma UNE-EN 50160)

La experiencia acumulada, da como resultado una estimación del contenido de armónicos típico que se encuentra con frecuencia en las redes de distribución eléctrica.

Armónicos impares no múltiplos de 3		Armónicos impares múltiplos de 3		Armónicos pares	
Rango	Uh (%)	Rango (h)	Uh (%)	Rango (h)	Uh (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6...24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,2				
THD (V) < 8 %					

*Tensiones más elevadas para un armónico dado pueden ser debidas a resonancias.*

**La tasa de distorsión armónica total de la tensión suministrada (THD) no debe sobrepasar el 8%**

## Armónicos

Los indicadores característicos de los armónicos son los índices de distorsión de tensión (THDu) y de corriente (THDi),

### Armónicos de tensión

- Si  $THDu > 8\%$ : Contaminación importante por lo que es probable que el funcionamiento sea defectuoso: se hace necesario el análisis y el uso de un dispositivo de atenuación.
- Si  $5\% < THDu < 8\%$ : Contaminación significativa, por lo que podrá existir algún funcionamiento defectuoso.
- Si  $THDu < 5\%$ : Se considera una situación normal.

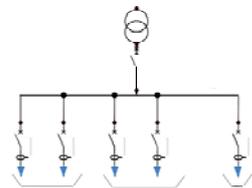
### Armónicos de corriente

- Si  $THDi > 50\%$ : Contaminación importante por lo que es probable que el funcionamiento sea defectuoso: se hace necesario el análisis y el uso de un dispositivo de atenuación.
- Si  $10\% < THDi < 50\%$ : Contaminación significativa, por lo que podrá existir algún funcionamiento defectuoso.
- Si  $THDi < 10\%$ : Situación normal.

## Soluciones para la atenuación de armónicos

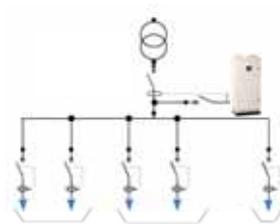
### RED en AUSENCIA de CONDENSADORES

- La polución es proporcional a las corrientes de las fuentes perturbadoras.



### RED en PRESENCIA de CONDENSADORES

- Las magnitudes armónicas (corrientes y tensiones) pueden ser peligrosamente amplificadas por el efecto RESONANCIA.



## Soluciones para la atenuación de armónicos

### Soluciones básicas

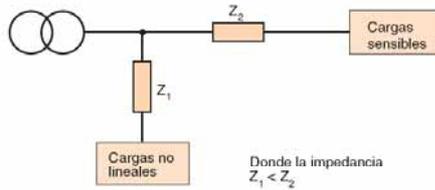
- Modificar la instalación :
  - Instalación de las cargas no lineales aguas arriba en el sistema
  - Agrupación de las cargas no lineales
  - Creación de fuentes separadas
  - Transformadores con conexiones especiales
  - Instalación de inductancias

### Soluciones Compensación energía reactiva y Calidad de la energía

- Filtro activo
- Filtros desintonizados
- Filtros sintonizados
- Filtros híbridos

## Soluciones para la atenuación de armónicos

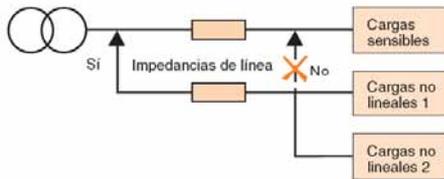
### Instalación de las cargas no lineales aguas arriba en el sistema



Las perturbaciones armónicas aumentan a medida que disminuye la potencia de cortocircuito.

Dejando a un lado todas las consideraciones económicas, es preferible conectar cargas no lineales lo más aguas arriba posible.

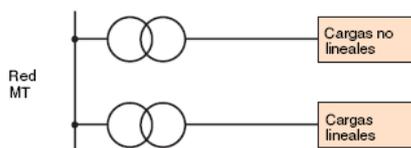
### Agrupación de las cargas no lineales



Al preparar el diagrama de una sola línea, los dispositivos no lineales deben separarse del resto.

## Soluciones para la atenuación de armónicos

### Creación de fuentes separadas



En el intento de limitar los armónicos, se puede obtener una mejora adicional alimentando las cargas no lineales desde una fuente independiente del resto de cargas de la instalación.

La desventaja es un aumento del coste de la instalación.

### Transformadores con conexiones especiales



Determinadas conexiones de transformador pueden eliminar algunos rangos de armónicos:

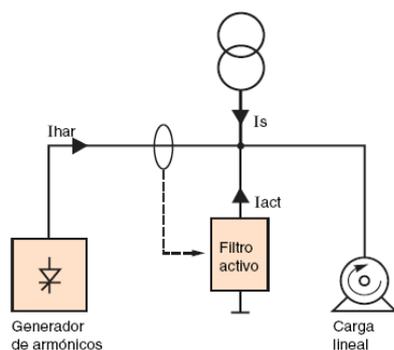
- Una conexión Dyd elimina los armónicos de rangos 5.º y 7.º
- Una conexión Dy elimina el 3.er armónico.
- Una conexión DZ 5 elimina el 5.º armónico.

## Soluciones para la atenuación de armónicos

### Filtros activos

Los filtros activos están basados en la tecnología electrónica de potencia.

Normalmente se instalan en paralelo a las cargas no lineales. Los filtros activos analizan los armónicos generados por las cargas no lineales e inyectan a la red la misma corriente armónica desfasada  $180^\circ$ . En consecuencia, las corrientes armónicas se neutralizan por completo; es decir que ya no circulan aguas arriba del filtro activo.



### Características:

- Autoconfiguración para cargas de armónicos independientemente del orden de magnitud.
- Eliminación de riesgos de sobrecarga.
- Compatibilidad con generadores eléctricos.
- Conexión en cualquier punto de la red eléctrica.
- Se pueden utilizar varios compensadores activos en la misma instalación

## Soluciones para la atenuación de armónicos

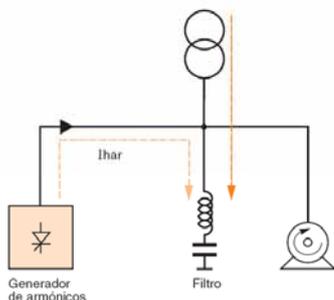
### Filtros pasivos

La presencia de armónicos de tensión produce niveles de corriente anormalmente altos a través de los condensadores.

**La presencia de condensadores no genera armónicos, pero puede amplificar los armónicos existentes**

El condensador es uno de los elementos más sensibles a los armónicos: presenta una impedancia baja a altas frecuencias, y absorbe las intensidades armónicas más fácilmente, reduciendo considerablemente la vida de los condensadores

Aumentan las tensiones armónicas:  $V_h = I_h \times Z_h$ , y por lo tanto aumenta THD(V)



Para evitarlo, se debe cambiar la frecuencia de resonancia por un valor que no presente resonancia con ninguno de los armónicos que estén presentes.

Esto se consigue añadiendo una inductancia antiarmónicos en serie con los condensadores. **A este conjunto LC se le denomina filtro pasivo**

## Soluciones para la atenuación de armónicos

### Filtros pasivos

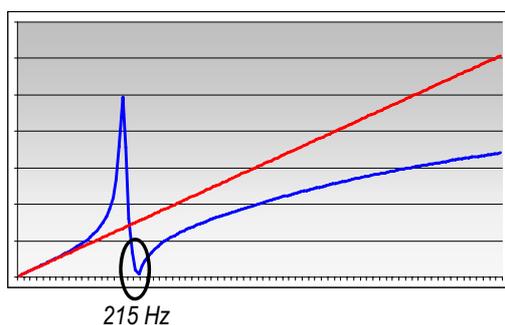
#### ■ Filtros desintonizados

**Definición** : según norma **UNE-EN 61642** : filtro cuya frecuencia de sintonía es inferior al menos en un 10% respecto a la primera frecuencia del armónico que presenta una amplitud importante en V/I

Para evitar la resonancia paralelo, hay que colocar en serie una inductancia con el condensador :

**FILTRO DESINTONIZADO**, ya que se sintoniza a una frecuencia fuera del rango de frecuencias armónicas de la red (215Hz ,h=4.3)

Se desplaza la frecuencia de antiresonancia fuera del rango de frecuencias "peligrosas"



Curva impedancia red sin condensadores

Curva impedancia red con el filtro desintonizado

## Soluciones para la atenuación de armónicos

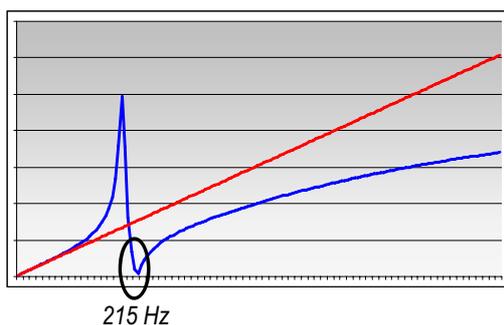
### Filtros pasivos

#### ■ Filtros desintonizados

**Definición :** según norma **UNE-EN 61642** : filtro cuya frecuencia de sintonía es inferior al menos en un 10% respecto a la primera frecuencia del armónico que presenta una amplitud importante en V/I

Para evitar la resonancia paralelo, hay que colocar en serie una inductancia con el condensador : **FILTRO DESINTONIZADO**, ya que se sintoniza a una frecuencia fuera del rango de frecuencias armónicas de la red (215Hz ,h=4.3)

Se desplaza la frecuencia de antiresonancia fuera del rango de frecuencias "peligrosas"



Curva impedancia red sin condensadores

Curva impedancia red con el filtro desintonizado

Equipos estandarizados  
por los fabricantes

## Soluciones para la atenuación de armónicos

### Filtros pasivos

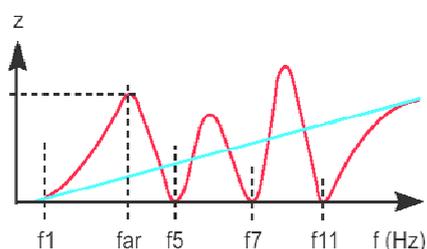
#### ■ Filtros sintonizados

**Definición** : según norma **UNE-EN 61642** : filtro cuya frecuencia de sintonía no difiere más del 20 % de la frecuencia que se ha de filtrar

La frecuencia de resonancia ( $f_r$ ) debe de ser a la frecuencia de la tensión armónica que se desee eliminar

El conjunto LC presenta a la  $f_r$  una impedancia mínima; lo que provoca que se deriven hacia él casi la totalidad de las corrientes armónicas de la frecuencia  $f_r$  inyectadas.

En principio pueden existir tantos conjuntos LC como armónicos a tratar, conectados en el juego de barras. El conjunto constituye una batería



Curva de impedancias en función de la frecuencia, para una instalación que incorpora un **filtro sintonizado** al 5°, 7° y 11° armónico.

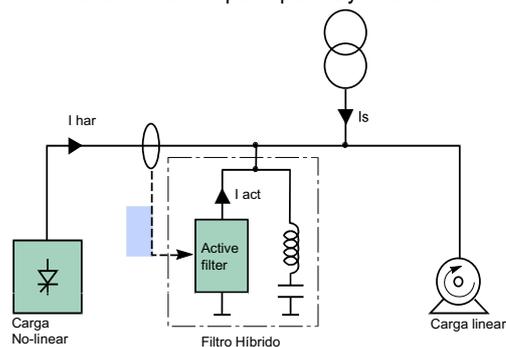
## Soluciones para la atenuación de armónicos

**Filtros híbridos** (Filtro activo + un filtro pasivo sintonizado al armónico predominante)

- Filtro pasivo : suministra la energía reactiva
- Filtro activo : dedicado a los otros armónicos
  - Se dimensiona sólo a una fracción del total de la corriente armónica
  - El control se diseña para evitar la interacción entre la parte pasiva y la activa



Filtro activo



Esquema de principio de un filtro activo

## Armónicos y compensación

### Soluciones Schneider para la Compensación Energía Reactiva

#### Redes no contaminadas por armónicos : THD U < 1,5%

Para este tipo de redes, la solución que propone Schneider Electric son los **equipos estándar**: equipos con tensión nominal de los condensadores igual a la tensión de red.

#### Redes contaminadas por armónicos : THD U > 1,5% < 6%

Cuando la compensación de la energía reactiva implica una posible amplificación de los armónicos presentes en la instalación

Para este tipo de redes, la solución ofrecida por Schneider Electric son los **equipos SAH** (baterías con filtros de rechazo, sintonizados a 215 Hz).

**Si el THD U es superior al 5% e inferior al 6% es necesario la utilización de equipos SAH reforzados (incremento de la corriente I máx que puede circular por la inductancia)**

#### Redes contaminadas por armónicos : THD U > 6%

Para las redes con THDU superior al 6% se hace necesario la utilización de **filtros pasivos de rechazo** (filtros sintonizados) que pueden ir acompañados de **filtros activos** (AccuSine), para reducir el THDU a valores inferiores a un 3 - 2%.

## Armónicos y compensación

### Soluciones de calidad de energía

El complemento perfecto para la compensación de la energía reactiva



AccuSine

#### Filtros Pasivos

- Rango de sintonización : H5, H7 y H11

#### Filtros Activos AccuSine hasta 1200A

- Rango de compensación armónica del 5 al 25

#### Filtros Híbridos

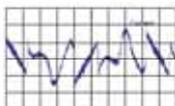
- Filtro pasivo + Filtro Activo

#### Compensación en tiempo real (AccuSine HVC)

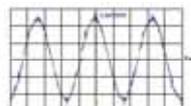
- Función compensación energía reactiva
- Filtrado pasivo y filtrado activo



Corriente en la carga no lineal

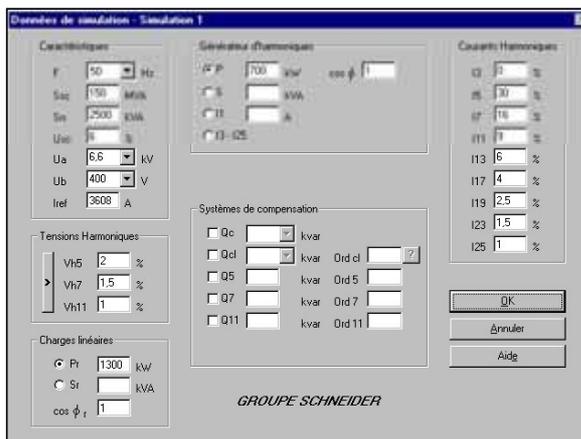
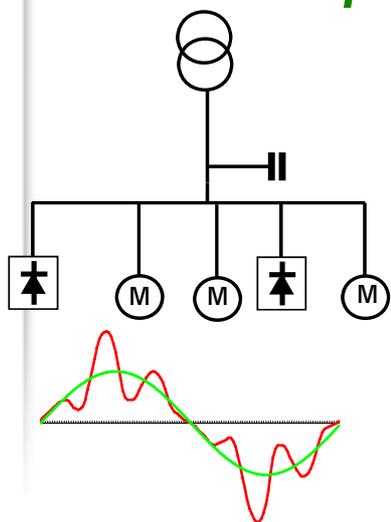


Corriente inyectada AccuSine



Corriente corregida

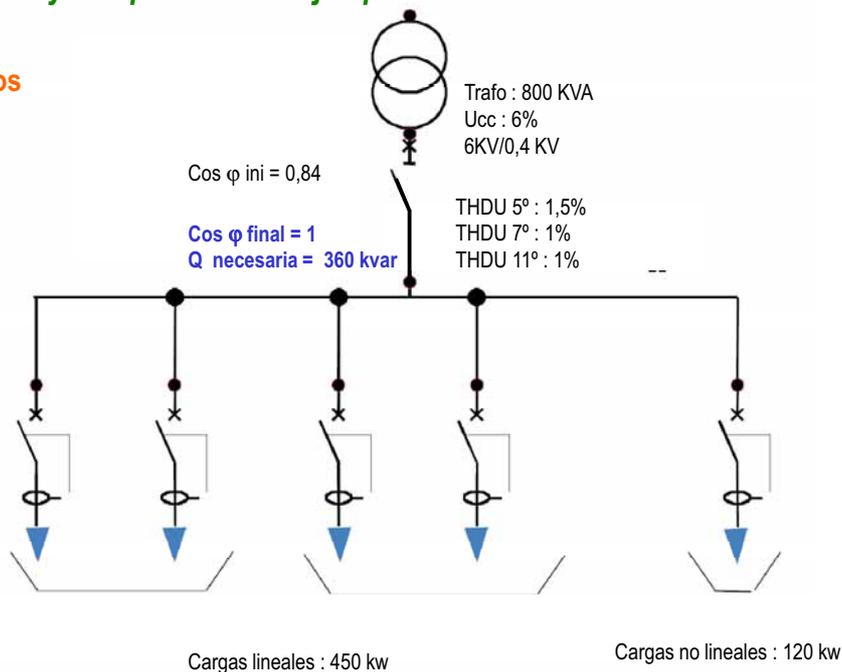
## Ejemplo compensación y armónicos



### Armónicos y compensación - Ejemplos

#### Ejemplos

#### Caso 1



## Armónicos y compensación - Ejemplos

### Ejemplos

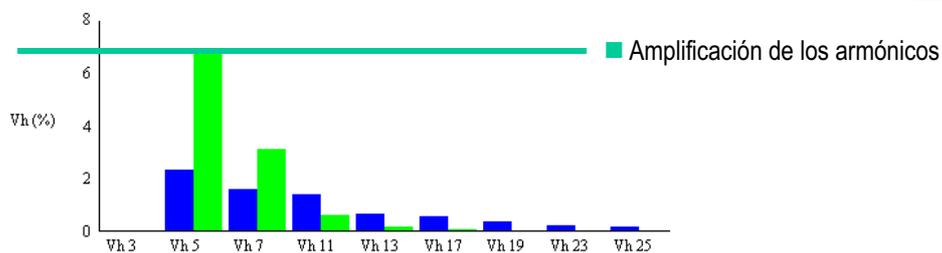
#### Caso 1

Con equipo  
estandar

Harmonic voltages (%)										
Order	3	5	7	11	13	17	19	23	25	THD (%)
kV wo comp.	0	1,51	1,01	1	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	2,08
kV w comp.	0	1,77	0,85	0,89	0,01	0	0	0	0	2,16
LV wo comp.	0	2,3	1,59	1,42	0,67	0,55	0,37	0,24	0,17	3,29
LV w comp.	0	6,76	3,12	0,6	0,19	0,08	0,04	0,02	0,01	7,47

Network currents										
Order	3	5	7	11	13	17	19	23	25	THR (%)
wo comp (A)	0	53	28	16	9	5	3	1	1	
with comp (A)	0	210	96	24	2	0	0	0	0	
wo comp (%)	0	4,62	2,47	1,44	0,79	0,49	0,29	0,16	0,1	5,53
with comp (%)	0	18,24	8,37	2,09	0,22	0,07	0,03	0,01	0	20,18



## Armónicos y compensación - Ejemplos

### Ejemplos

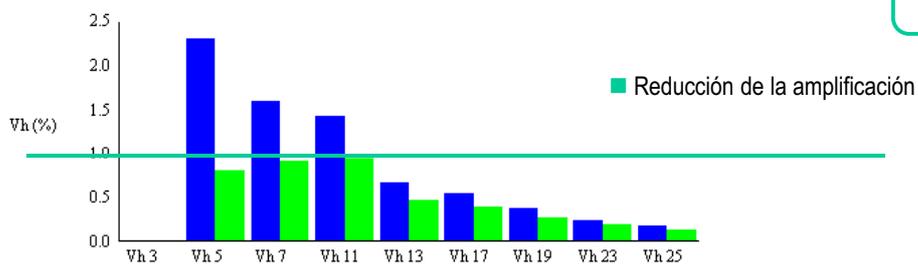
#### Caso 1

Con equipo SAH  
(filtro desintonizado)

Harmonic voltages (%)										
Order	3	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(%)
MV wo comp.	0	1,51	1,01	1	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	2,08
MV w comp.	0	1,42	0,97	0,97	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	1,98
LV wo comp.	0	2,3	1,59	1,42	0,67	0,55	0,37	0,24	0,17	3,29
LV w comp.	0	0,8	0,91	0,94	0,46	0,39	0,27	0,19	0,13	1,69

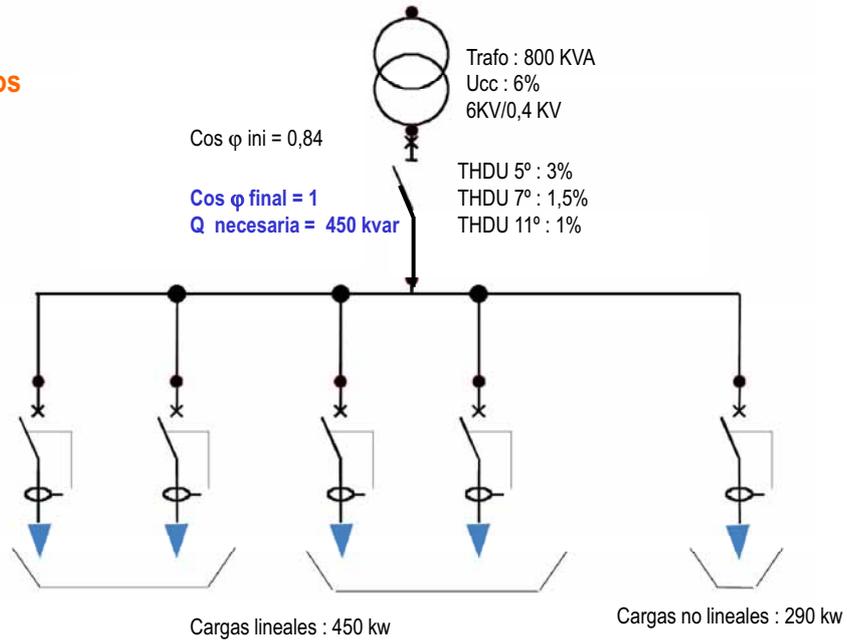
Network currents										
Order	3	5	7	11	13	17	19	23	25	THR (%)
wo comp (A)	0	53	28	16	9	5	3	1	1	
with comp (A)	0	42	21	13	6	4	2	1	0	
wo comp (%)	0	4,62	2,47	1,44	0,79	0,49	0,29	0,16	0,1	5,53
with comp (%)	0	3,72	1,85	1,13	0,54	0,35	0,22	0,12	0,08	4,36



### Armónicos y compensación - Ejemplos

#### Ejemplos

#### Caso 2



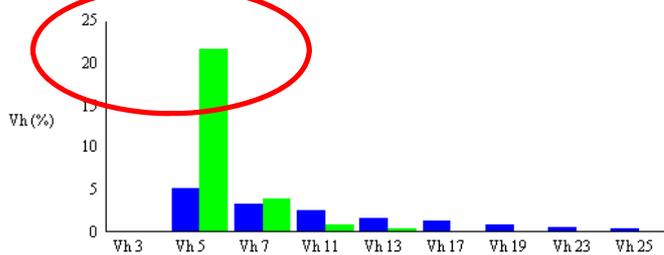
## Armónicos y compensación - Ejemplos

### Ejemplos

### Caso 2

Batería 450 kvar std  
Batería 450 kvar SAH

?



Devices	Reference	Ih computed	Ih permitted (A)	Delta Ih (%)	Im computed	Im permitted	I <sub>max</sub> /I <sub>1</sub>
C	450 kvar				1017,85		1,56

Order	3	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(%)
MV wo comp.	0	3.04	1.54	1.03	0.13	0.1	0.07	0.04	0.03	3.57
MV w comp.	0	3.76	1.32	0.9	0.02	0.01	0	0	0	4.09
LV wo comp.	0	5.08	3.22	2.52	1.63	1.33	0.89	0.6	0.42	6.95
LV w comp.	0	21.53	3.92	0.79	0.35	0.16	0.09	0.04	0.02	21.9

Order	3	5	7	11	13	17	19	23	25	THR (%)
wo comp (A)	0	127	66	36	22	13	8	4	2	
with comp (A)	0	740	125	25	4	1	0	0	0	
wo comp (%)	0	11,04	5,76	3,12	1,92	1,2	0,72	0,4	0,25	13,07
with comp (%)	0	64,12	10,01	2,21	0,41	0,15	0,07	0,02	0,01	65,09

## Armónicos y compensación - Ejemplos

### Ejemplos

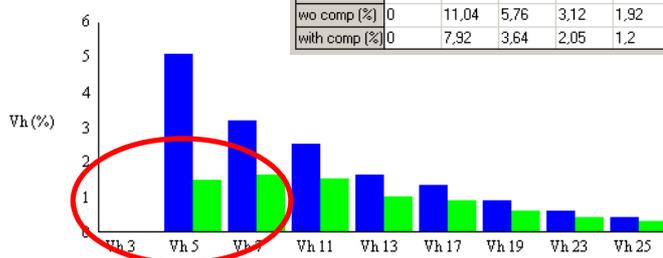
### Caso 2

Batería 450 kvar SAH

Filtering characteristics							
Devices	Reference	Ih computed	Ih permitted (A)	Delta Ih (%)	Im computed	Im permitted	I <sub>max</sub> /I1
C							
Det / Ord.	450 kvar / 4,3				727,85		1,12

Harmonic voltages (%)										
Order	3	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(%)
MV wo comp.	0	3,04	1,54	1,03	0,13	0,1	0,07	0,04	0,03	3,57
MV w comp.	0	2,83	1,45	0,98	0,08	0,07	0,04	0,03	0,02	3,33
LV wo comp.	0	5,08	3,22	2,52	1,63	1,33	0,89	0,6	0,42	6,95
LV w comp.	0	1,49	1,63	1,52	1,02	0,88	0,61	0,42	0,3	3,11

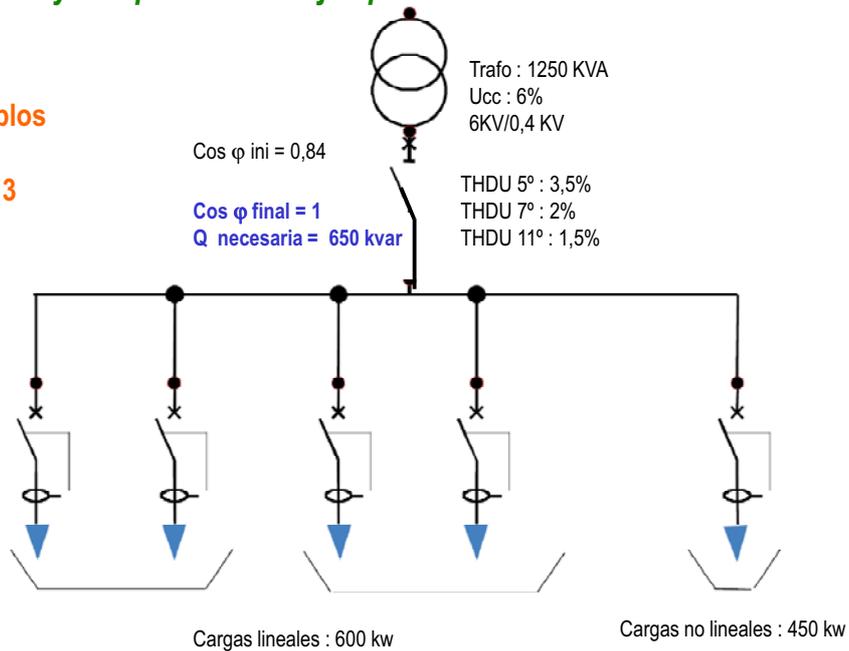
Network currents										
Order	3	5	7	11	13	17	19	23	25	THR (%)
wo comp (A)	0	127	66	36	22	13	8	4	2	
with comp (A)	0	91	42	23	13	9	5	3	2	
wo comp (%)	0	11,04	5,76	3,12	1,92	1,2	0,72	0,4	0,27	13,07
with comp (%)	0	7,92	3,64	2,05	1,2	0,79	0,49	0,28	0,19	9,09



### Armónicos y compensación - Ejemplos

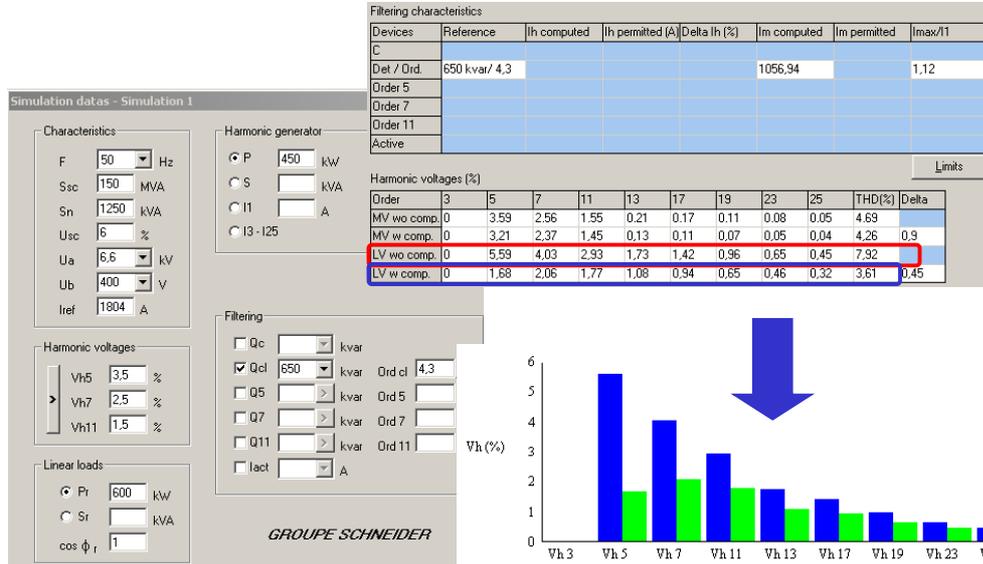
#### Ejemplos

#### Caso 3



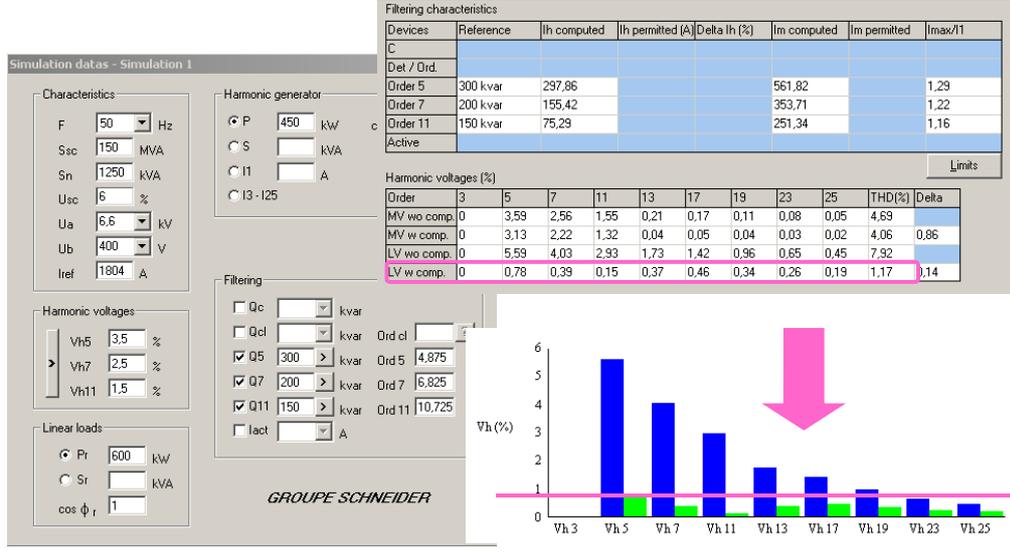
## Armónicos y compensación - Ejemplos

### Ejemplos Caso 3 – filtros desintonizados, 215 Hz, (equipos SAH)



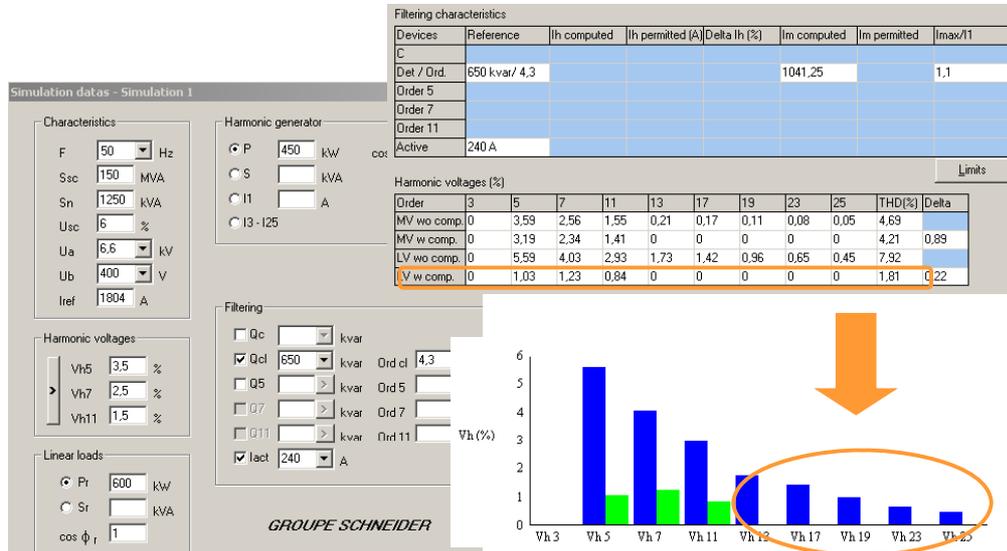
## Armónicos y compensación - Ejemplos

### Ejemplos Caso 3 – filtros sintonizados para H5, H7, H11



## Armónicos y compensación - Ejemplos

### Ejemplos Caso 3 – filtro desintonizados (SAH) + filtro activo (240A)



**Armónicos y compensación - Resumen**

**Tabla comparación diferentes opciones de compensación**

**Caso 1**

Situación	THD U %				THD I %			
	Global	5	7	11	Global	5	7	11
Sin batería	3,29	2,30	1,59	1,42	5,53	4,62	2,47	1,44
Con batería std	7,47	6,76	3,12	0,60	20,18	18,24	8,37	2,09
Con batería SAH	1,69	0,80	0,91	0,94	4,36	3,72	1,85	1,13

**Caso 2**

Situación	THD U %				THD I %			
	Global	5	7	11	Global	5	7	11
Sin batería	6,95	5,08	3,22	2,52	13,07	11,04	5,76	3,12
Con batería std	21,90	21,53	3,92	0,79	21,90	64,13	10,51	2,21
Con batería SAH	3,11	1,49	1,63	1,52	3,11	7,92	3,64	2,05

**Caso 3**

Situación	THD U %						
	Global	5	7	11	13	17	19
Sin batería	7,92	5,59	4,03	2,93	1,73	1,42	0,96
Con batería SAH (filtro desintonizados)	3,61	1,68	2,06	1,77	1,08	0,94	0,65
Con filtros sintonizados (H5, H7, H11)	1,17	0,78	0,39	0,15	0,37	0,46	0,34
Con filtros desintonizados + filtro activo	1,81	1,03	1,23	0,84	0,00	0,00	0,00

## Compensación ER y calidad de la energía

Fenómenos	Soluciones BT								Soluciones MT						
	Compensación fija		Compensación automática			Filtraje			Compensación fija	Compensación automática		Filtros pasivos	Condensadores para sobretensiones PROPIVAR	Circuitos tapón	Onduladores MGE-UPS
Varseset fija con protección automática	Varseset SAH fija con protección automática con inductancias antiarmónicas	Varseset estándar	Varseset SAH	Varseset rápida (contactores estáticos)	Filtros pasivos (H5, H7, H11)	Filtros activos (Sinewave/AccuSine)	Filtros híbridos	Equipos CP214/CP227/CP229		Equipos CP214SAH/CP227SAH	Equipos CP253/CP254				
Coseno $\phi$ insuficiente BT															
Coseno $\phi$ insuficiente MT															
Armónicos															
Sobretensiones transitorias					Prv								Prt		
Fluctuaciones de tensión (flicker)															
Frecuencia de telemando															
Bajadas de tensión															
Cortes de tensión (largos)															
Cortes de tensión (breves)															
Desequilibrio de tensión															

lo más habitual.  
 ocasionalmente.  
**Prv** prevención.  
**Prt** protección.

**Compensación ER y calidad de la energía**

Equipo recomendado  
 Equipo óptimo  
 Ocasionalmente

Industria	BT							MT			
	Estándar	Baterías condensadores BT SAH (filtros desintonizados)	Baterías con contactores estáticos	Filtros pasivos (sintonizados) en BT	Filtros activos en BT	Filtros híbridos en BT	Compensadores híbridos en tiempo real	Estándar	Baterías condensadores MT	Filtros pasivos en MT	Condensadores para sobretensiones en MT
Agroalimentaria											
Textil											
Madera											
Papelera											
Imprenta											
Química-farmacia											
Plásticos											
Vidrio-cerámica											
Siderurgia											
Metalúrgica											
Automóvil											
Cementos											
Minería											
Refinerías											
Microelectrónica											

**Compensación ER y calidad de la energía**

Equipo recomendado  
 Equipo óptimo  
 Ocasionalmente

		Baterías condensadores BT						Baterías condensadores MT				
		Estándar	SAH (filtros desintonizados)	Baterías con contactores estáticos	Filtros pasivos (sintonizados) en BT	Filtros activos en BT	Filtros híbridos en BT	Compensadores híbridos en tiempo real	Estándar	SAH	Filtros pasivos en MT	Condensadores para sobretensiones en MT
Terciario	Banca											
	Supermercados											
	Hospitales											
	Estadios											
	Parques de atracciones											
	Hoteles											
	Oficinas											
Infraestructuras	Subestaciones											
	Distribución de agua											
	Eólicos											
	Ferrocarriles											
	Aeropuertos											
	Metro											
	Puertos											
Túneles												

**Compensación ER y calidad de la energía**



Oferta compensación energía reactiva BT Merlin Gerin	Baterías condensadores BT						
	Estándar	SAH (filtros desintonizados)	Baterías con contactores estáticos	Filtros pasivos (sintonizados) en BT	Filtros activos en BT	Filtros híbridos en BT	Compensadores híbridos en tiempo real
Varsset STD							
Varsset SAH							
Varsset rápida							
Filtro H5							
Filtro H5 H7							
Filtro H5 H7 H11							
AccuSine							
Filtro híbrido							
AccuSine HVC							

COMPENSACION DE LA ENERGÍA REACTIVA BT Y MT  
Año 2008

## Gama compensación BT



COMPENSACION DE LA ENERGÍA REACTIVA BT Y MT  
Año 2008

Schneider  
Electric

99

### Oferta compensación BT

#### El condensador VARPLUS<sup>2</sup>

**Características :**

- Trifásico (conexión interna triángulo)
- Completa modularidad en toda la oferta, sólo 1 tamaño para toda la gama
- Tensiones : 230 , 415, 480, 525 y 690V
- Tolerancia sobre la capacidad : -5%, +10%
- Pérdidas totales : < 0,5 W/kvar (incluida la resistencia de descarga)
- Sobrecargas máximas admisibles según CEI 60831 1 y 2 :
  - Corriente : 30% en permanencia
  - Tensión : 10% (8 horas al día sobre 24 horas)
- Resistencia interna de descarga (50V en 1 minuto)
- Clase de Temperatura: clase D (**Máxima temperatura ambiente : 55°C**)
- Protección : IP 00 sin cubrebornes / IP 20 o 42 con los cubrebornes
- Color : Botes RAL 9005 / Base y cubrebornes RAL 7030
- Sin necesidad de conexión a tierra



Oferta compensación BT



Ensamblaje entre los condensadores VARPLUS<sup>2</sup>



### Oferta compensación BT

#### El condensador VARPLUS<sup>2</sup>

- La vida estimada del condensador VARPLUS<sup>2</sup> es de 15 años
- Resistencia de la envolvente de plástico multiplicada x 2 respecto al VARPLUS M
- Alta resistencia al fuego : autoextingible (según normas UL, V0 plástico )



Corte transversal VARPLUS<sup>2</sup>  
Sistema protección HQ

El sistema HQ, único en el mercado, asegura una protección 100% ante cualquier tipo de defecto

## Oferta compensación BT

### Los módulos VARPACT

- Modulo de compensación **VARPACT**

Los módulos de compensación VARPACT se adaptan perfectamente a los armarios Prisma Plus y además permiten optimizar al máximo los armarios universales de ancho 700 y 800 mm

#### Características :

- Equipo formado por :
  - Condensador Varplus<sup>2</sup>
  - Contactores Telemecánica
- Grado de protección: IP20, parte frontal.
- Normas: CEI 439-1, CEI 61921
- RAL 7016



*Varpact sin juego de barras*



*Varpact con juego de barras*

## Oferta compensación BT

### Los módulos VARPACT

- Modulo de compensación **VARPACT**

Accesorios :

- Kit protección Compact NS
- railes soporte fijación
- extensiones adaptabilidad armarios (Prisma Plus, universales)



*Kit protección Compact NS*



*Extensiones adaptabilidad*



*Railes soporte fijación*

- **Máximo 5 VARPACT por armario (columna)**
- **Prever ventilación forzada**

## Oferta compensación BT

### La pequeña batería MICROCAP

- Baterías de condensadores **MICROCAP**

#### Características :

- Tensión asignada del condensador: 400 V trifásicos 50 Hz.
- Escalón formado por :
  - Condensador Varplus<sup>2</sup>
  - Contactores Telemecánica
- Automático de protección en cabecera
- Regulador serie Varlogic, RT3
- Tensión bobina **contactores 400 V**
- Grado de protección: IP21.
- Color: RAL 7032
- Normas: CEI 439-1, CEI 61921



**Oferta compensación BT**

**Los equipos de compensación VARSET**

**VARSET** es la denominación para el núcleo de la oferta de compensación de la energía reactiva y engloba :



- VARSET fijo (condensadores fijos)
- VARSET automática (baterías automáticas)
- VARSET rápida (baterías con contactores estáticos)

## Oferta compensación BT

### Los equipos de compensación VARSET

Lo + destacado



- Tensiones disponibles :
  - 230 V / 400 V / sobredimensionas en tensión / SAH
- Más potencia, hasta 1200 kvar (400 V)
- Escalones más grandes, hasta 120 kvar (400V)
- Módulos VARPACT como elemento base
- Más posibilidades de elección :
  - Baterías VARSET **sin protección externa** (no fusibles externos)
  - Baterías VARSET **con NS en cabecera** (sin fusibles por escalón)
- Todas las baterías SAH incorporan NS por escalón
- Reguladores serie VARLOGIC (RT6, NR6, NR12, NRC12)
- Icc 50 kA 300 mseg
- IP 21D puerta abierta
- RAL 9001
- Normas: CEI 439-1, CEI 61921
- Centro de gravedad más bajo



## Oferta compensación BT

### VARSET automática

#### Características :

- Tensión asignada del condensador: 415 V trifásicos 50 Hz.
- Potencias dadas a 400 V
- Escalón formado por :
  - Condensador Varplus<sup>2</sup>
  - Contactores Telemecánica
- **Compact NS en cabecera (opcional)**
- Icc del embarrado 50 kA 0,3 seg.
- Autotransformador 400/230 V integrado
- Protección contra contactos directos (puerta abierta)
- Color: RAL 9001
- Normas: CEI 439-1, CEI 61921
- Otras tensiones bajo demanda



## Oferta compensación BT

### En PRISMA PLUS



#### Características :

- Tensión asignada 400 V trifásicos 50 Hz.
- Escalón formado por :
  - Condensador Varplus<sup>2</sup> ( Un 480V en equipos SAH)
  - Contactores Telemecánica
  - Compact NS
  - Inductancia antiarmónica (215 Hz), versión SAH
- Grado de protección: IP21.
- Autotransformador 400/230 V integrado
- Color: RAL 9001
- Normas: CEI 439-1, CEI 61921

■ En las baterías automáticas Prisma Plus se utilizan los módulos VARPACT con jdb ( no hay embarrado )

■ Los armarios dobles, tienen doble acometida de potencia

### Oferta compensación BT

#### VARSET automática SAH (sintonización 215Hz)

Características :

- Tensión asignada: 400 V trifásicos 50 Hz.
- Escalón formado por :
  - Condensador Varplus<sup>2</sup> (Un 480V)
  - Contactores Telemecánica
  - Inductancia antiarmónica (215 Hz)
  - **Compact NS**
- **Compact NS en cabecera (opcional)**
- Icc del embarrado 50 kA 0,3 seg.
- Potencia hasta 1200 kvar
- Autotransformador 400/230 V integrado
- Protección contra contactos directos (puerta abierta)
- Color: RAL 9001
- Normas: CEI 439-1, CEI 61921



## Oferta compensación BT

### VARSET rápida (contactores estáticos)

#### Características :

- Tensión asignada: 400 V trifásicos 50 Hz.
- Escalón formado por :
  - Condensador Varplus<sup>2</sup> (Un 480V)
  - Contactores Estáticos
  - Compact NS
  - Inductancia antiarmónica (215 Hz), versión SAH
- Icc del embarrado 50 kA 0,3 seg.
- Regulador **VARLOGIC** o **JANITZA**
- Autotransformador 400/230 V integrado
- Protección contra contactos directos (puerta abierta)
- Color: RAL 9001
- Normas: CEI 439-1, CEI 61921



VARSET rápida en  
Armario T3

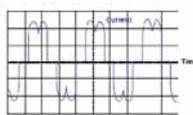
## Oferta compensación BT

El complemento perfecto para la compensación de la energía reactiva

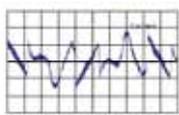
- Filtros Pasivos
  - Rango de sintonización : H5, H7 y H11
- Filtros Activos AccuSine
  - Rango de compensación armónica del 5 al 25
- Filtros Híbridos
  - Filtro pasivo + Filtro Activo
- Compensación en tiempo real (AccuSine HVC)
  - Función compensación energía reactiva
  - Filtrado pasivo y filtrado activo



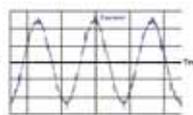
AccuSine



Corriente en la carga no lineal



Corriente inyectada AccuSine



Corriente corregida

Novedad

### Oferta compensación BT

#### Ventajas

- Sistema de seguridad HQ del VARPLUS<sup>2</sup>, único en el mercado
- Innovación tecnológica, supresión de la protección externa
- Protección con automático por escalón en equipos SAH
- Icc embarrado 35 kA 1seg (50 kA 300 mseg), para todos los armarios H = 2000 mm)
- Componentes de la máxima calidad y prestaciones (condensador, contactor, regulador, protecciones..)
- Diseño y concepción de los equipos, conformes a la normativa vigente : UNE EN 60831-1 y 2, UNE EN-60921, UNE EN-60349-1, normas americanas NEMA...
- Equipos pensados y diseñados para obtener una máxima seguridad, explotación, ergonomía, ampliabilidad, accesibilidad, ...
- Rápida disponibilidad
- Oferta global distribución BT .....

## Compensación en Media Tensión



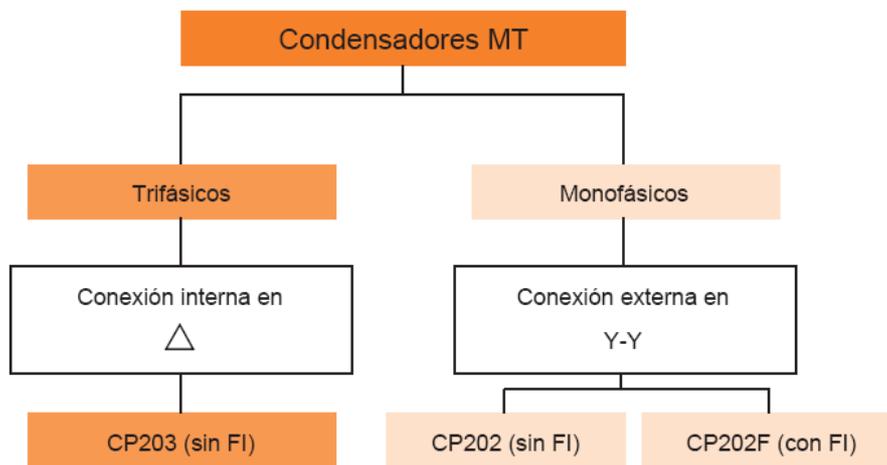
COMPENSACION DE LA ENERGÍA REACTIVA BT Y MT  
Año 2008

Schneider  
Electric

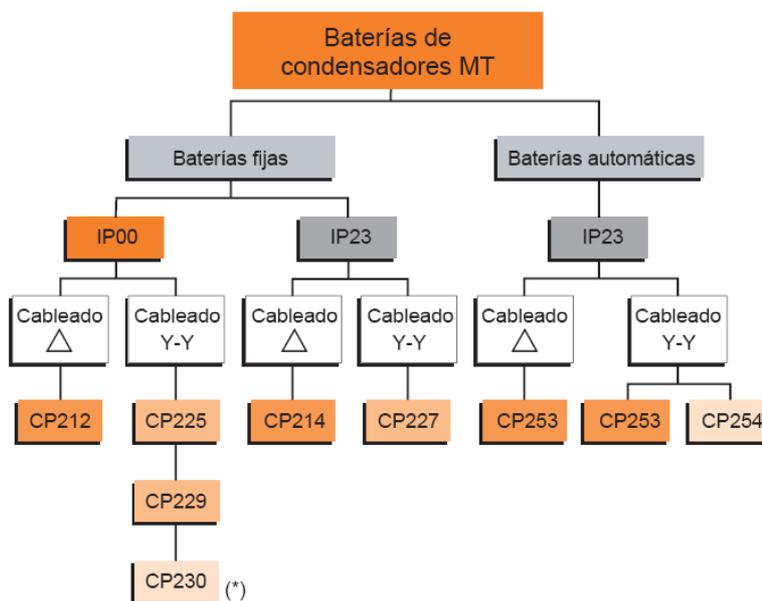
114

## Compensación en Media Tensión

### Panorama de equipos de compensación en MT



### Baterías de condensadores de MT



Aislamiento: 7,2-12 kV
  Aislamiento: 7,2-12-17,5-24-36 kV
  Aislamiento: 17,5-24-36 kV (\*) superior a 36 kV

## Compensación en Media Tensión

### Condensadores PROPIVAR



Condensador PROPIVAR  
monofásico

#### ■ Condensadores “todo film”

- gran potencia de las unidades
- pérdidas reducidas
- larga vida útil

#### ■ Configuraciones

- configuraciones mono / trifásica
- potencias: 600 kvar (II), 500 kvar (tri)
- tensiones: 13.8 kV (mono) , 11 kV (tri)
- aislamiento: 36 kV (mono), 12 kV (tri)

#### ■ Impregnante JARYLEC C101

#### ■ Equipados con fusibles internos (\*)

(\*) condensadores monofásicos y en función de la potencia y tensión

## Compensación en Media Tensión



	Monofásico CP202 y CP202F	Trifásico CP203
<b>Potencia máxima (kVAr)</b>	600	450
<b>Tensión de servicio (kV)</b>	1 hasta 13,8	1 hasta 11,4
<b>U aislamiento (kV)</b>	7,2 – 12 – 17,5 – 24 – 36	7,2 - 12
<b>Fusibles internos</b>	SI (según potencia y tensión)	NO

Tensión más elevada para el material Um kV	7,2	12	17,5	24	36
Nivel de aislamiento					
kV eff 50 Hz 1 min	20	28	38	50	70
kV choque 1,2/50 μs	60	75	95	125	170

### CEI 871

- sobretensión de 1,10 Un, 12 horas por día.
- sobreintensidad permanente de 1,3 In.

### Características técnicas

Frecuencia de utilización	50 Hz (60 Hz sobre demanda)
Rango de temperatura	-25 a +35 °C (otras sobre demanda)
Factor de pérdidas medias a 200 h después estabilización	0,16 W/kVAr con fusibles internos 0,12 W/kVAr sin fusibles internos
Variación de la capacidad $\frac{\Delta C}{C}$	-3,5 10 <sup>-4</sup> /°C
Conexión de los bornes de resina para cables de sección 50 mm <sup>2</sup>	
Cuba	Acero inoxidable
	Espesor 1,5 mm
	Pintura poliuretano/vinilica
	Color gris RAL 7038
Tratamiento anticorrosión	Tipo interior wash-primer, espesor 5 μm pintura, espesor 20 μm
	Tipo exterior arenado metalizado 80 μm de zinc pintura, espesor 20 μm
Fijación por 2 orejetas perforadas para tornillo M10	

## Condensador PROPIVAR



Potencias (kVAR)	Tensión asignada (kV)														
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,8	9,1	11,4	13,8
50 a 100															
100 a 150															
150 a 200															
200 a 250															
250 a 300															
300 a 350															
350 a 400															
400 a 450															
450 a 500															
500 a 550															
550 a 600															

condensadores monofásicos sin fusibles internos (CP202) para tensiones Um: 7,2 - 12 - 17,5 - 24 - 36 kV/50 Hz.

Potencias (kVAR)	Tensión asignada (kV)														
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,8	9,1	11,4	13,8
50 a 100															
100 a 150															
150 a 200															
200 a 250															
250 a 300															
300 a 350															
350 a 400															
400 a 450															
450 a 500															
500 a 550															
550 a 600															

condensadores monofásicos con fusibles internos (CP202F) para tensiones Um: 7,2 - 12 - 17,5 - 24 - 36 kV/50 Hz.

Potencias (kVAR)	Tensión asignada (kV)														
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,8	9,1	11,4	13,8
50 a 100															
100 a 150															
150 a 200															
200 a 250															
250 a 300															
300 a 350															
350 a 400															
400 a 450															

condensadores trifásicos sin fusibles internos (CP203) para tensiones Um: 7,2 - 12 kV/50 Hz.

## Compensación en Media Tensión

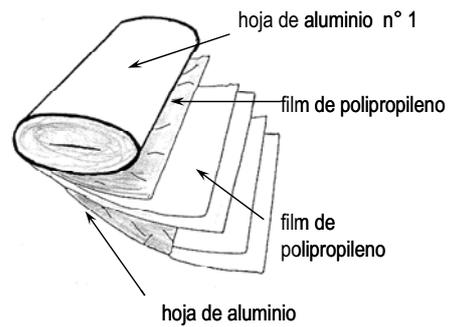
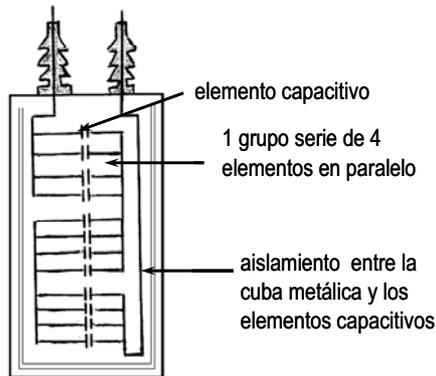
### ¿Cómo diseñar y fabricar un condensador de alta fiabilidad?

- Usando las mejores materias primas (aluminio, film polipropileno, impregnante ...)
- Usando un excelente proceso de fabricación basado en una larga experiencia (bobinado, impregnación)
- Planta calificada ISO 9001 cubriendo diseño y fabricación de los condensadores.
- Una mejora permanente del kow-how en nuevos desarrollos :
  - **Más de 20 años de experiencia en tecnología ("todo film").**
  - **Miembro activo en los comités CEI y CIGRE.**
  - **Larga experiencia compartida con compañías eléctricas** (Iberdrola, ENDESA, Fenosa, EDF, ENEL...).

## Compensación en Media Tensión

### Tecnología condensador PROPIVAR

- un condensador está compuesto de elementos capacitivos conectados en serie (tensión) y paralelo (potencia)



## Compensación en Media Tensión

### Proceso de fabricación condensador PROPIVAR de MT:

#### Bobinado

- en ambiente controlado
- película PPR de 9 a 18  $\mu$
- película aluminio de 5 $\mu$
- velocidad : 3 m/s

#### Cableado

- cuarto presurizado
- operaciones manuales

#### Montaje en cuba e instalación de bornes

#### Impregnado al vacío

- duración : 7 días
- vacío : 10<sup>-3</sup>mbar

#### Tratamiento de superficie

- granulado
- robot de metalización
- Pintura

#### Acabado

- post-impregnado (3 días)
- Ensayos de rutina

Plazo de entrega estándar: 10 semanas

Siempre recomendar repuestos

## Compensación en Media Tensión

### Defecto interno en un condensador SIN FUSIBLES INTERNOS

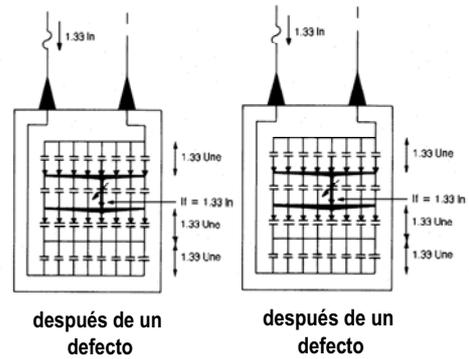
Sobretensión : 1,33 Un :

un grupo serie en cortocircuito:

Provocará:

- Una rápida probabilidad de fallo de otro elemento
- Lenta fusión del fusible externo
- La batería fuera de servicio, necesidad de cambiar el condensador

**continuidad reducida coste  
de operación alto**



### Compensación en Media Tensión

#### Defecto interno en un condensador CON FUSIBLES INTERNOS

Sobretensión : 1.07 Un

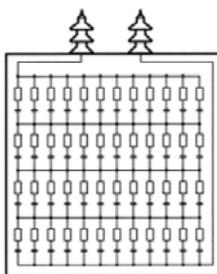
un grupo serie en cortocircuito:

Provoca

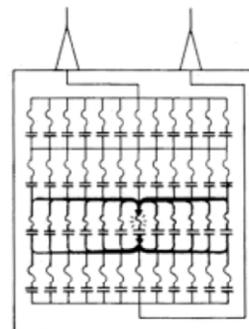
- Una baja probabilidad de otro nuevo defecto.
- El condensador permanece en servicio.
- La batería sigue conectada.



=



antes del defecto



descarga de la energía almacenada en los elementos en paralelo

## Compensación en Media Tensión

### Defecto interno en un condensador CON FUSIBLES INTERNOS

**Sobretensión : 1.07 Un**

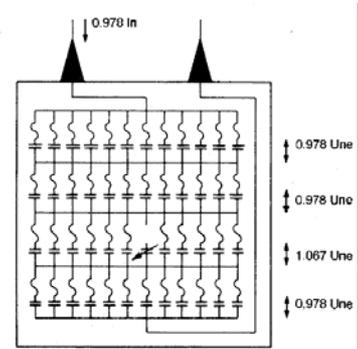
un grupo serie en cortocircuito:

Provoca

- Una baja probabilidad de otro nuevo defecto.
- El condensador permanece en servicio.
- La batería sigue conectada.

ventajas

- ELIMINACIÓN INSTANTÁNEA DEFECTO
- NO ACUMULACIÓN GASES. SEGURIDAD
- PERDIDA PEQUEÑA DE POTENCIA
- CONTINUIDAD DE SERVICIO
- PREVISIÓN MANTENIMIENTO



después de la fusión  
del fusible interno

**Alta fiabilidad y continuidad de servicio**

## Compensación en Media Tensión

Ventajas utilización condensadores de gran potencia:



PROPIVAR monofásico  
Hasta 600 kVAR

- ✦ REDUCCION COSTES BATERIAS
- ✦ REDUCCION COSTE MONTAJE
- ✦ REDUCCION COSTES REPUESTOS
- ✦ OPTIMIZACION ESPACIO
- ✦ UTILIZACION FI
- ✦ POSIBILIDAD SOLUCIONES COMPACTAS

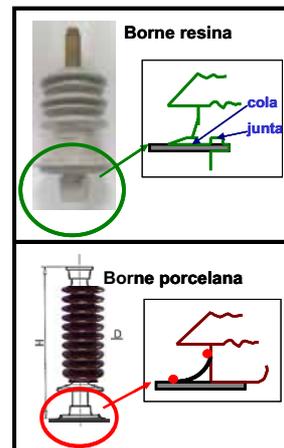
## Compensación en Media Tensión

### Bornes de RESINA

Ventajas para el usuario

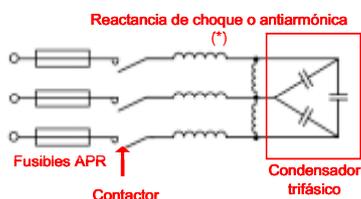
Aumento de la fiabilidad de los condensadores:

- **estanqueidad reforzada** en la base del borne mediante la utilización de 2 barreras sucesivas de estanqueidad
- una mayor elasticidad del cuerpo del borne que permite encajar los **esfuerzos de flexión** en los bornes sin causar fugas a nivel de la unión de porcelana, pieza de fijación en acero
- una mejor protección contra la polución gracias a **líneas de fuga más largas**
- **insensibilidad** a los pequeños **golpes**, que en la porcelana podían causar roturas de las aletas.



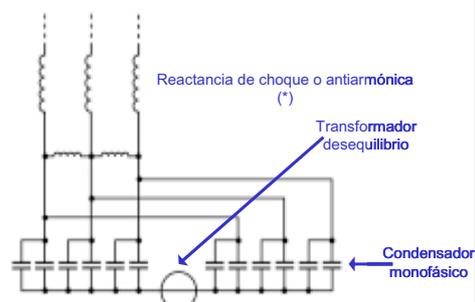
## Baterías de condensadores de MT

### Baterías en TRIÁNGULO:



- Conexión de condensadores trifásicos,
- hasta 3 en paralelo, (max 1 fusible)
- Aislamiento máximo 12 kV
- Protección por fusibles APR ( $1,8 \times I_n$ ).
- Opciones:
  - Reactancias descarga rápida
  - Seccionador de puesta a tierra
  - Seccionador entrada en vacío
  - Contactor Rollarc
  - Aisladores capacitivos / led tensión

### Baterías en DOBLE-ESTRELLA:

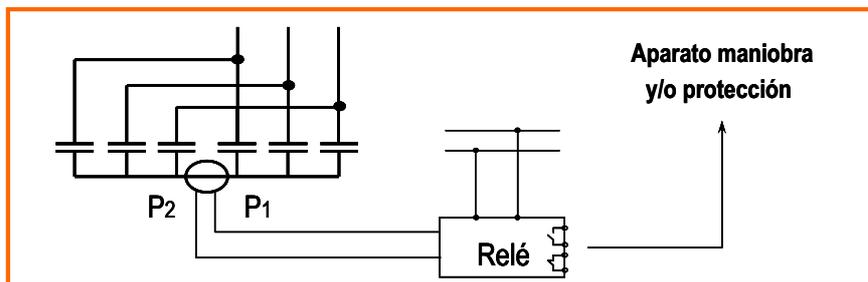


- Conexión de condensadores monofásicos
- Aislamiento máximo 36 kV (también AT)
- Protección por corriente desequilibrio
- Opciones:
  - Reactancias descarga rápida
  - Seccionador de puesta a tierra
  - Contactor Rollarc o disyuntor SF1

### Baterías en doble estrella

#### Protección de desequilibrio

- Protección para defectos internos con o sin FI
- Corriente de desequilibrio < 5 A
- Relación transformación 2/2 o 5/5
- Relé de desequilibrio: max I (50,51) [RM4 ó SEPAM c80]



## Baterías de condensadores de MT

### Compensación fija

**Compensación en bornes del motor/transformador mediante condensadores o baterías de condensadores sin apartamento de maniobra.**

- Conexión de condensadores trifásicos en celdas de motor / maniobra / control de MT
- Potencia máxima a conectar en bornes = 25% de la potencia nominal del motor.

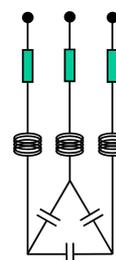
**Riesgo de autoexcitación del motor en vacío.**

- Para transformadores, potencia del 7÷10% de la activa máximo a conectar en bornes.

**Riesgo de sobrecompensación de la instalación.**

Equipos fijos de compensación:

- Condensador trifásico CP203
- Batería CP214FS
- Batería CP227S
- Baterías de Compañía eléctrica CP229/CP230



## Baterías de condensadores de MT

### Compensación automática

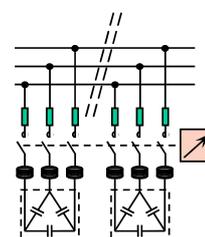
Compensación en bornes del motor o en el embarrado mediante condensadores o baterías de condensadores con aparamenta de maniobra.

- Conexión de condensadores trifásicos o monofásicos con maniobra mediante contactor Rollarc o disyuntor SF1 de Merlin Gerin.
- Al existir maniobra, **NO existe riesgo de autoexcitación del motor en vacío**, al ser desconectados en el momento de apertura de la carga o por regulación del equipo.
- Se alcanzan mejores cosenos finales al poder conectar más reactiva.
- Tampoco existe **riesgo de sobrecompensación de la instalación**.

Equipos automáticos de compensación:

- Batería CP253
- Batería CP254

De un solo escalón o varios escalones



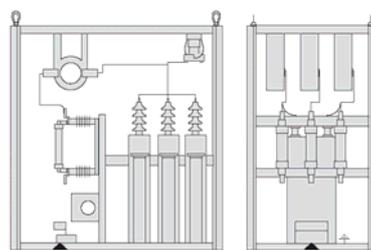
## Baterías de condensadores de MT

### Batería automática CP214FS (IP23)

**Batería fija con condensador/es trifásicos en triángulo.**

- Condensador+inductancias+fusibles
- Envoltente de acero pintado interior /aluminio exterior

características		CP214	CP214
		fijo	motor
tipo de batería		fijo	motor
condensadores	cantidad	1, 2 o 3	1 o 2
	tipo		trifásico
cableado			triángulo
envoltente		aluminio (*)	
de ubicación interior		sí	acero
de ubicación exterior		sí	aluminio
tensión de aislamiento máx.			12 kV
potencia máxima		1350 kVAr	900 kVAr
<b>equipos complementarios</b>			
inductancias de choque			
induct. de choque antiarmónicos			
inductancias de desc. rápida			
fusibles APR/HPC			



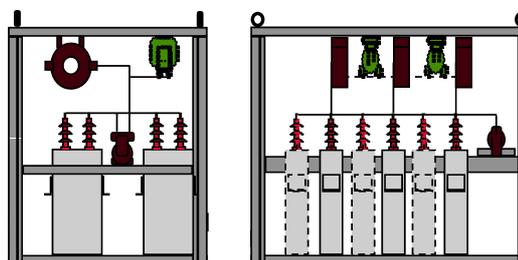
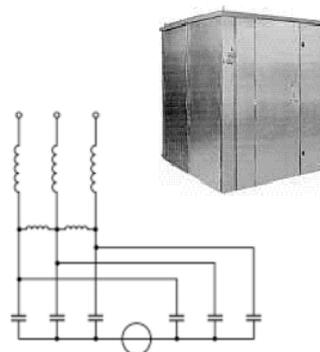
## Baterías de condensadores de MT

### Batería automática CP227 (IP23)

**Batería fija con condensador/es monofásicos en doble-estrella.**

- Condensador+inductancias+transformador de desequilibrio
- Envoltente de aluminio exterior / interior

características		CP227
tipo de batería		fijo
condensadores	cantidad	6, 9 o 12
	tipo	monofásico
cableado		doble estrella
envoltente		aluminio
de ubicación interior		sí
de ubicación exterior		sí
tensión de aislamiento máx.		36 kV
potencia máxima		7200 kVAR
<b>equipos complementarios</b>		
inductancias de choque		
induct. de choque antiarmónicos		
inductancias de desc. rápida		
fusibles APR/HPC		
relé de protección de desequilibrio (se suministra por separado)		

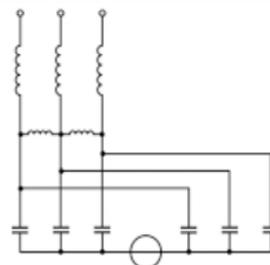


## Baterías de condensadores de MT

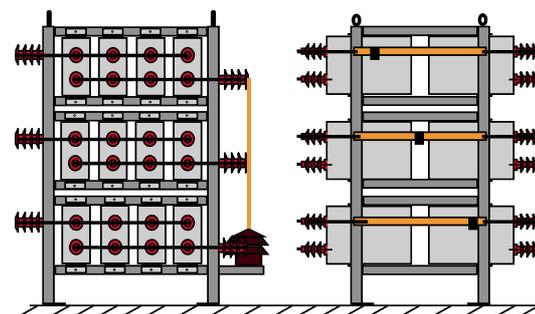
### Batería automática CP229 (IP00)

**Batería fija con condensador/es monofásicos en doble-estrella.**

- Condensador+inductancias+transformador de desequilibrio
- Chasis tipo rack de aluminio exterior / interior



características	
	<b>CP229</b>
tipo de batería	fijo
condensadores cantidad	60 máx.
tipo	monofásico
cableado	doble estrella
equipo montado sobre chasis	abierto
de ubicación interior	sí
de ubicación exterior	sí
tensión de aislamiento máx.	36 kV
potencia máx. (2)	36 000 kVAr
<b>equipos complementarios</b>	
inductancias de choque	(3)
inductancias de desc. rápida	(3)
fusibles APR/HPC	
relé de protección de desequilibrio (se suministra por separado)	



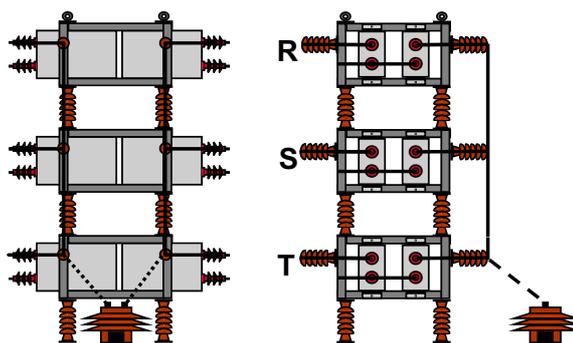
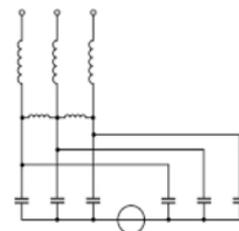
## Baterías de condensadores de MT

### Batería automática CP230 (IP00)

**Batería fija con condensador/es monofásicos en doble-estrella.**

- Condensador+inductancias+transformador de desequilibrio
- Chasis tipo rack de aluminio exterior / interior

características	
tipo de batería	CP230 fijo
condensadores cantidad	según potencia
condensadores tipo	monofásico
cableado	doble estrella
equipo montado sobre chasis	abierto
de ubicación interior	sí
de ubicación exterior	sí
tensión de aislamiento máx.	> 36 kV
potencia máx. (2)	todas potencias
<b>equipos complementarios</b>	
inductancias de choque	
inductancias de desc. rápida	
fusibles APR/HPC	
relé de protección de desequilibrio (se suministra por separado)	



**Baterías de condensadores de MT**

**Equipos automáticos**

**Contactor ROLLARC (hasta 12 kV)**



CONTACTOR	MERLIN GERIN
Modelo	ROLLARC
Ratio de corriente	400 A
Poder de corte Térmico	10 kA/1s
Dieléctrico	SF6
Operaciones Mecánicas	300.000
Operaciones Eléctricas	300.000
Enclavamiento con seccionador de puesta a tierra	Provisto

**Disyuntor SF1 (hasta 36 kV)**

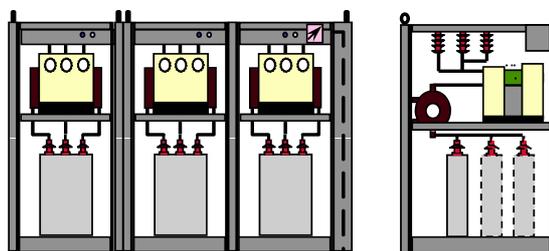
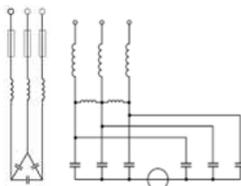


DISYUNTOR (Automático)	MERLIN GERIN
Modelo	SF1
Ratio de corriente	400 A
Poder de corte Térmico	25 kA/1s
Dieléctrico	SF6
Operaciones Mecánicas	5 000
Operaciones Eléctricas	10 000
Operación descarga del sistema de Bobina	Mediante motor eléctrico
Enclavamiento con seccionador de puesta a tierra	Provisto

**Baterías de condensadores de MT**

**Batería automática CP253 (IP23)**

características		CP253
tipo de batería		escalón modulable
condensadores	cantidad	1, 2 o 3 / 6, 9 o 12
	tipo	trifásico/monofásico
cableado		triángulo/doble estrella
chasis/bastidor		en cabina aluminio
índice de protección		IP 23
de ubicación interior		sí
de ubicación exterior		sí
tensión de aislamiento máx.		12 kV
potencia máxima por escalón (2)		900 kVAr / 2500 kVAr
<b>equipos complementarios MT</b>		
inductancias de choque		Conexión triángulo
induct. de choque antiarmónicas		
inductancias de desc. rápida		
fusibles APR/HPC		(1)
secc. de puesta a tierra SMALT		(2) (*)
aparato de maniobra		
		Rollarc con fusibles-HPC
		interrupt. automático SF1
<b>equipos complementarios BT</b>		
regulador E. Reactiva		
Maniobra manual a distancia		
Señalización marcha y defecto		
relé de protección de desequilibrio (se suministra por separado)		(3) (*)

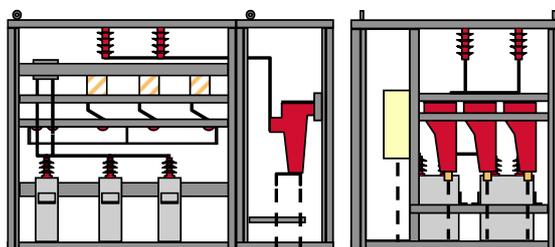
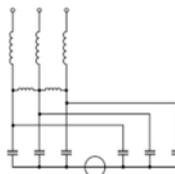


(\*) Sólo en montaje doble estrella

**Baterías de condensadores de MT**

**Batería automática CP254 (IP23)**

características		CP254
tipo de batería		escalón modulable
condensadores	cantidad	6, 9 o 12
	tipo	monofásico
cableado		doble estrella
chasis/bastidor		en cabina aluminio
índice de protección		IP 23
de ubicación interior		sí
de ubicación exterior		sí
tensión de aislamiento máx.		38 kV
potencia máxima por escalón (2)		6000 kVAr
<b>equipos complementarios MT</b>		
inductancias de choque		
induct. de choque antiarmónicos		
inductancias de desc. rápida		
fusibles APR/HPC		
secc. de puesta a tierra SMALT		
aparato de maniobra		
	Rollarc con fusibles-HPC	
	Interrupt. automático SF <sub>6</sub>	
<b>equipos complementarios BT</b>		
regulador E. Reactiva		
Maniobra manual a distancia		
Señalización marcha y defecto		
relé de protección de desequilibrio		
(se suministra por separado)		



## Baterías de condensadores de MT

### Elementos opcionales en equipos de M.T. (I)

#### ■ Inductancias de choque o de limitación de corriente:

- 3 inductancias monofásicas secas de núcleo al aire
- Limitación a  $100 \times I_n$  (según Norma UNE-EN 60871-1 "Sobretensiones de maniobra")
- Limitación a valores inferiores según demanda y tras estudio técnico



#### ■ Inductancias antiarmónicas (equipos clase SAH):

- 3 inductancias monofásicas o 1 inductancia trifásica en aceite según potencias
- Sintonización de las inductancias a 215 Hz. (rango 4,3)
- Reducen la THD armónica de la instalación y limitan la I conexión por debajo de  $100 \times I_n$



#### ■ Seccionador de puesta a tierra

- Opcional s.p.a.t. tripolar con enclavamientos
- Mando manual
- Opcional en todos los equipos



#### ■ Seccionador de entrada en vacío

- Opcional seccionador de entrada en vacío tripolar con enclavamientos
- Mando manual
- Para baterías FIJAS de condensadores CP214FS y CP227S



## Baterías de condensadores de MT

### Elementos opcionales en equipos de M.T. (II)

#### ■ Relés de desequilibrio:

- Opcional en equipos de conexión en doble estrella
- Relés RM4 de Telemecanique (Max I)
- Suministrados por separado en CP227S e incluidos en celda BT para CP253 y CP254



#### ■ Transformadores de protección contra sobrecargas y cortocircuitos:

- Transformadores de corriente y tensión según tensiones de servicio/aislamiento
- 2 transformadores de tensión y 2 ó 3 de intensidad según necesidades
- Incluidos dentro de la misma envoltura de la batería de condensadores



#### ■ Relés de protección:

- Posibilidad de conexión con SEPAM o simplemente bornes de salida
- SEPAM suministrado por separado en armario auxiliar



#### ■ Transformadores de potencia de descarga rápida:

- Dos transformadores por celda para su conexión entre fases
- Descarga en tiempo inferior a 10 segundos. Tiempo de refrigeración de 6 minutos



## Baterías de condensadores de MT

### Últimos equipos suministrados en España

#### COMPAÑÍAS ELÉCTRICAS:

- IBERDROLA, ENDESA, ...

más de 250 equipos automáticos con disyuntor y 120 equipos fijos en chasis IP23 e IP00

- Unión Fenosa,...

#### USUARIO FINAL:

- Centrales eléctricas: **Térmica ENDESA Almería**,...
- Petroquímicas: **REPSOL-Puertollano, BP Oil-Castellón, CLH-Cartagena**,...
- Desaladoras/EDAR: **Cartagena, Alicante, Madrid**,...
- Acerías: **Arcelor (Bilbao), Alcoa-Inespal (A Coruña)**,...
- Químicas: **Hidronitro**,...
- Cementeras: **CEMEX, ASLAND**,...



## Baterías de condensadores de MT

### Equipos suministrados en España para Parques Eólicos

■ **SOLUZIONA Ingeniería:**

Parque Eólico Silvarredonda

Parque Eólico Sierra de la Oliva

■ **ACCIONA Energía**

Parque Eólico Dos Aguas

■ **IBERINCO Ingeniería:**

Parque Eólico Sierra del Boquerón

■ **MONCOBRA:**

Parque Eólico de Muel

■ **SOCOIN:** Parques Eólicos Malagon I y II

■ **Otros clientes:** SIEMSA, CYMI, Grupo COBRA, etc...



## DIRECCION REGIONAL NORDESTE

Delegación:  
BARCELONA

Sicilia, 91-97 · 6°  
08013 BARCELONA  
Tel.: 93 484 31 01 · Fax: 93 484 30 82  
E-mail: [del.barcelona@es.schneider-electric.com](mailto:del.barcelona@es.schneider-electric.com)

### Delegaciones:

#### BALEARES

Gremi de Teixidors, 35 · 2°  
07009 PALMA DE MALLORCA  
Tel.: 971 43 68 92 · Fax: 971 43 14 43

#### GIRONA

Pl. Josep Pla, 4 · 1° 1°  
17001 GIRONA  
Tel.: 972 22 70 65 · Fax: 972 22 69 15

#### LLEIDA

Prat de la Riba, 18  
25004 LLEIDA  
Tel.: 973 22 14 72 · Fax: 973 23 50 46

#### TARRAGONA

Carles Riba, 4  
43007 TARRAGONA  
Tel.: 977 29 15 45 · Fax: 977 19 53 05

## DIRECCION REGIONAL NOROESTE

Delegación:  
A CORUÑA

Pol. Ind. Pocomaco, Parcela D · 33 A  
15190 A CORUÑA  
Tel.: 981 17 52 20 · Fax: 981 28 02 42  
E-mail: [del.coruna@es.schneider-electric.com](mailto:del.coruna@es.schneider-electric.com)

### Delegaciones:

#### ASTURIAS

Parque Tecnológico de Asturias  
Edif. Centroelena, parcela 46 · Oficina 1° F  
33428 LLANERA (Asturias)  
Tel.: 98 526 90 30 · Fax: 98 526 75 23  
E-mail: [del.oviedo@es.schneider-electric.com](mailto:del.oviedo@es.schneider-electric.com)

#### GALICIA SUR-VIGO

Ctra. Vella de Madrid, 33, bajos  
36214 VIGO  
Tel.: 986 27 10 17 · Fax: 986 27 70 64  
E-mail: [del.vigo@es.schneider-electric.com](mailto:del.vigo@es.schneider-electric.com)

#### LEON

Moisés de León · Bloque 43, bajos  
24006 LEON  
Tel.: 987 21 88 61 · Fax: 987 21 88 49  
E-mail: [del.leon@es.schneider-electric.com](mailto:del.leon@es.schneider-electric.com)

## DIRECCION REGIONAL NORTE

Delegación:  
VIZCAYA

Estartetxe, 5 · 4°  
48940 LEIOA (Vizcaya)  
Tel.: 94 480 46 85 · Fax: 94 480 29 90  
E-mail: [del.bilbao@es.schneider-electric.com](mailto:del.bilbao@es.schneider-electric.com)

### Delegaciones:

#### ALAVA

Portal de Gamarra, 1  
Edificio Deba · Oficina 210  
01013 VITORIA-GASTEIZ  
Tel.: 945 123 758 · Fax: 945 257 039

#### CANTABRIA

Sainz y Trevilla, 62 bajos  
Pol. Ind. de Guarnizo  
39611 ASTILLERO (Santander)  
Tel.: 942 54 60 68 · Fax: 942 54 60 46

#### GUIPUZCOA

Parque Empresarial Zuatzu  
Edificio Urumea, planta baja · Local 5  
20018 DONOSTIA - SAN SEBASTIAN  
Tel.: 943 31 39 90 · Fax: 943 21 78 19  
E-mail: [del.donosti@es.schneider-electric.com](mailto:del.donosti@es.schneider-electric.com)

#### NAVARRA

Parque Empresarial La Muga, 6 · Planta 4, oficina 1  
31160 ORCOYEN (Navarra)  
Tel.: 948 29 96 20 · Fax: 948 29 96 25

## DIRECCION REGIONAL CASTILLA-ARAGON-RIOJA

Delegación:  
CASTILLA-BURGOS

Pol. Ind. Gamonal Villimar  
30 de Enero de 1964, s/n · 2°  
09007 BURGOS  
Tel.: 947 47 44 25 · Fax: 947 47 09 72  
E-mail: [del.burgos@es.schneider-electric.com](mailto:del.burgos@es.schneider-electric.com)

### Delegaciones:

#### ARAGON-ZARAGOZA

Pol. Ind. Argualas, nave 34  
50012 ZARAGOZA  
Tel.: 976 35 76 61 · Fax: 976 56 77 02  
E-mail: [del.zaragoza@es.schneider-electric.com](mailto:del.zaragoza@es.schneider-electric.com)

#### CENTRO/NORTE-VALLADOLID

Topacio, 60 · 2°  
Pol. Ind. San Cristóbal  
47012 VALLADOLID  
Tel.: 983 21 46 46 · Fax: 983 21 46 75  
E-mail: [del.valladolid@es.schneider-electric.com](mailto:del.valladolid@es.schneider-electric.com)

#### LA RIOJA

Avda. Pío XII, 14 · 11° F  
26003 LOGROÑO  
Tel.: 941 25 70 19 · Fax: 941 27 09 38

## DIRECCION REGIONAL CENTRO

Delegación:  
MADRID

Ctra. de Andalucía, km. 13  
Pol. Ind. Los Angeles  
28906 GETAFE (Madrid)  
Tel.: 91 624 55 00 · Fax: 91 682 40 48  
E-mail: [del.madrid@es.schneider-electric.com](mailto:del.madrid@es.schneider-electric.com)

### Delegaciones:

#### GUADALAJARA-CUENCA

Tel.: 91 624 55 00 · Fax: 91 682 40 47

#### TOLEDO

Tel.: 91 624 55 00 · Fax: 91 682 40 47

## DIRECCION REGIONAL LEVANTE

Delegación:  
VALENCIA

Font Santa, 4 · Local D  
46910 ALFAFAR (Valencia)  
Tel.: 96 318 66 00 · Fax: 96 318 66 01  
E-mail: [del.valencia@es.schneider-electric.com](mailto:del.valencia@es.schneider-electric.com)

### Delegaciones:

#### ALBACETE

Paseo de la Cuba, 21 · 1° A  
02005 ALBACETE  
Tel.: 967 24 05 95 · Fax: 967 24 06 49

#### ALICANTE

Monegros, s/n · Edificio A-7 · 1°, locales 1-7  
03006 ALICANTE  
Tel.: 965 10 83 35 · Fax: 965 11 15 41  
E-mail: [del.alicante@es.schneider-electric.com](mailto:del.alicante@es.schneider-electric.com)

#### CASTELLON

República Argentina, 12, bajos  
12006 CASTELLON  
Tel.: 964 24 30 15 · Fax: 964 24 26 17

#### MURCIA

Senda de Enmedio, 12, bajos  
30009 MURCIA  
Tel.: 968 28 14 61 · Fax: 968 28 14 80  
E-mail: [del.murcia@es.schneider-electric.com](mailto:del.murcia@es.schneider-electric.com)

## DIRECCION REGIONAL SUR

Delegación:  
SEVILLA

Avda. de la Innovación, s/n  
Edificio Arena 2 · 2°  
41020 SEVILLA  
Tel.: 95 499 92 10 · Fax: 95 425 45 20  
E-mail: [del.sevilla@es.schneider-electric.com](mailto:del.sevilla@es.schneider-electric.com)

### Delegaciones:

#### ALMERÍA

Calle Lentisco s/n · Edif. Celulosa III  
Oficina 6 · Local 1  
Pol. Ind. La Celulosa  
04007 ALMERIA  
Tel.: 950 15 18 56 · Fax: 950 15 18 52

#### CADIZ

Polar, 1 · 4° E  
11405 JEREZ DE LA FRONTERA (Cádiz)  
Tel.: 956 31 77 68 · Fax: 956 30 02 29

#### CORDOBA

Arte, 16, bajos  
14011 CORDOBA  
Tel.: 957 23 20 56 · Fax: 957 45 67 57

#### GRANADA

Baza, s/n · Edificio ICR  
Pol. Ind. Juncaril  
18220 ALBOLOTE (Granada)  
Tel.: 958 46 76 99 · Fax: 958 46 84 36

#### HUELVA

Tel.: 954 99 92 10 · Fax: 959 15 17 57

#### JAEN

Paseo de la Estación, 60  
Edificio Europa · 1° A  
23007 JAEN  
Tel.: 953 25 55 68 · Fax: 953 26 45 75

#### MALAGA

Parque Industrial Trevenez  
Escritora Carmen Martín Gaité, 2 · 1°, local 4  
29196 MALAGA  
Tel.: 95 217 92 00 · Fax: 95 217 84 77

#### EXTREMADURA-BADAJEZ

Avda. Luis Movilla, 2 · Local B  
06011 BADAJOZ  
Tel.: 924 22 45 13 · Fax: 924 22 47 98

#### EXTREMADURA-CACERES

Avda. de Alemania  
Edificio Descubrimiento · Local TL 2  
10001 CACERES  
Tel.: 927 21 33 13 · Fax: 927 21 33 13

#### CANARIAS-LAS PALMAS

Ctra. del Cardón, 95-97 · Locales 2 y 3  
Edificio Jardines de Galicia  
35010 LAS PALMAS DE G.C.  
Tel.: 928 47 26 80 · Fax: 928 47 26 91  
E-mail: [del.canarias@es.schneider-electric.com](mailto:del.canarias@es.schneider-electric.com)

#### CANARIAS-TENERIFE

Custodios, 6 · 2° · El Cardonal  
38108 LA LAGUNA (Tenerife)  
Tel.: 922 62 50 50 · Fax: 922 62 50 60

## INSTITUTO SCHNEIDER ELECTRIC DE FORMACIÓN

Bac de Roda, 52, Edificio A, planta 1  
08019 BARCELONA  
Tel.: 93 433 70 03 · Fax: 93 433 70 39  
[www.isefonline.es](http://www.isefonline.es)

## SOPORTE Y SERVICIO TÉCNICO A CLIENTES 902 10 18 13

En razón de la evolución de las normativas y del material, las características indicadas por el texto y las imágenes de este documento no nos comprometen hasta después de una confirmación por parte de nuestros servicios.

Los precios de las tarifas pueden sufrir variación y, por tanto, el material será siempre facturado a los precios y condiciones vigentes en el momento del suministro.

## Schneider Electric España, S.A.

Bac de Roda, 52, edificio A · 08019 Barcelona · Tel.: 93 484 31 00 · Fax: 93 484 33 07 · <http://www.schneiderelectric.es>

050701 D08



[www.voltimum.es](http://www.voltimum.es)

miembro de:

El Portal de la Instalación Eléctrica