

# Tablas y Formulario

Tabla I:  
Compensación de transformadores.  
Potencia reactiva de condensadores  
recomendada para compensación de  
la reactiva propia del transformador (se  
supone que el trafo está al 80% de su  
potencia nominal)

<b>Compensación de transformadores</b>				
<b>Serie hasta 24 kV</b>			<b>Serie hasta 36 kV</b>	
<b>Potencia nominal (Sn)</b>	<b>Potencia reactiva a potencia nominal</b>	<b>Potencia de condensadores recomendada al 80% de la potencia nominal</b>	<b>Potencia reactiva a potencia nominal</b>	<b>Potencia de condensadores recomendada al 80% de la potencia nominal</b>
<b>kVA</b>	<b>kvar</b>	<b>kvar</b>	<b>kvar</b>	<b>kvar</b>
25	2,0	<b>2</b>	2,4	<b>2</b>
50	3,7	<b>3</b>	4,2	<b>3</b>
100	6,5	<b>5</b>	7,5	<b>5</b>
160	10,1	<b>7,5</b>	11,2	<b>10</b>
250	15,0	<b>10</b>	17,3	<b>12,5</b>
400	23,2	<b>15</b>	26,8	<b>20</b>
500	28,5	<b>20</b>	32,5	<b>25</b>
630	35,3	<b>25</b>	39,7	<b>30</b>
800	59,2	<b>40</b>	60,8	<b>45</b>
1000	73,0	<b>50</b>	75,0	<b>50</b>
1250	90,0	<b>60</b>	92,5	<b>70</b>
1600	113,6	<b>80</b>	116,8	<b>80</b>
2000	140,0	<b>100</b>	144,0	<b>100</b>
2500	172,5	<b>120</b>	175,0	<b>120</b>

Tabla II:  
Compensación de motores. Potencia de motores asíncronos normalizados junto a la potencia de condensadores recomendada

Compensación de Motores					
kW	CV	Potencia del Condensador	Potencia del Condensador	Potencia del Condensador	Potencia del Condensador
		Qc (kvar) 3000 r.p.m.	Qc (kvar) 1500 r.p.m.	Qc (kvar) 1000 r.p.m.	Qc (kvar) 750 r.p.m.
5,5	7,5	2,5	2,5	5,0	5,0
7,5	10	2,5	5,0	5,0	7,5
11	15	2,5	5,0	7,5	10,0
15	20	5,0	5,0	7,5	10,0
18,5	25	5,0	7,5	10,0	12,5
22	30	7,5	7,5	10,0	15,0
30	40	10,0	10,0	12,5	15,0
37	50	10,0	12,5	15,0	22,5
45	60	12,5	15,0	15,0	22,5
55	75	15,0	20,0	20,0	25,0
75	100	20,0	25,0	30,0	30,0
90	125	20,0	30,0	35,0	40,0
110	150	30,0	40,0	40,0	45,0
132	180	35,0	40,0	50,0	60,0
160	220	35,0	50,0	60,0	80,0
200	270	40,0	60,0	70,0	90,0
250	340	50,0	80,0	100,0	110,0
315	428	60,0	90,0	110,0	135,0
355	483	90,0	100,0	125,0	160,0
400	544	100,0	125,0	150,0	175,0
450	612	100,0	125,0	150,0	225,0
500	680	100,0	150,0	175,0	250,0
560	761	125,0	175,0	200,0	275,0
630	857	125,0	175,0	200,0	300,0

Para potencias superiores considerar el 30% de la potencia en kW del motor  $Q \text{ (kvar)} = 0,3 \cdot P \text{ (kW)}$

Qc= Potencia reactiva en kvar máxima del condensador para compensación sin riesgo de autoexcitación.

El  $\text{Cos}\phi$  obtenido es superior o igual a 0,95. La tabla ha sido confeccionada considerando los principales fabricantes de motores del mercado.

Tabla III: Factor  $f = \tan\phi_1 - \tan\phi_2$   
 $Q[\text{kvar}]$  Potencia de Condensadores =  
 $= P[\text{kW}]$  potencia activa x  $f$

Existente		Factor de potencia deseado ( $\cos\phi_2$ )												
Tan $\phi_1$	Cos $\phi_1$	0,80	0,85	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
1,98	0,45	1,235	1,365	1,500	1,529	1,159	1,589	1,622	1,656	1,693	1,734	1,781	1,842	1,985
1,93	0,46	1,180	1,311	1,446	1,475	1,504	1,535	1,567	1,602	1,639	1,680	1,727	1,788	1,930
1,88	0,47	1,128	1,258	1,394	1,422	1,452	1,483	1,515	1,549	1,586	1,627	1,675	1,736	1,878
1,83	0,48	1,078	1,208	1,343	1,372	1,402	1,432	1,465	1,499	1,536	1,577	1,625	1,685	1,828
1,78	0,49	1,029	1,159	1,295	1,323	1,353	1,384	1,416	1,450	1,487	1,528	1,576	1,637	1,779
1,73	0,50	0,982	1,112	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,590	1,732
1,69	0,51	0,937	1,067	1,202	1,231	1,261	1,291	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,544	1,687
1,64	0,52	0,893	1,023	1,158	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643
1,60	0,53	0,850	0,980	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	0,939	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	0,899	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376	1,518
1,48	0,56	0,729	0,860	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	0,822	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	1,238	1,299	1,441
1,40	0,58	0,655	0,785	0,920	0,949	0,979	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154	1,201	1,262	1,405
1,37	0,59	0,618	0,749	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118	1,165	1,226	1,368
1,33	0,60	0,583	0,714	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191	1,333
1,30	0,61	0,549	0,679	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048	1,096	1,157	1,299
1,27	0,62	0,515	0,646	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63	0,483	0,613	0,748	0,777	0,807	0,837	0,870	0,904	0,941	0,982	1,030	1,090	1,233
1,20	0,64	0,451	0,581	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,058	1,201
1,17	0,65	0,419	0,549	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919	0,966	1,027	1,169
1,14	0,66	0,388	0,519	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67	0,358	0,488	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68	0,328	0,459	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828	0,875	0,936	1,078
1,05	0,69	0,299	0,429	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798	0,846	0,907	1,049
1,02	0,70	0,270	0,400	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878	1,020
0,99	0,71	0,242	0,372	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741	0,789	0,849	0,992
0,96	0,72	0,214	0,344	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821	0,964
0,94	0,73	0,186	0,316	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	0,289	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	0,262	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,739	0,882
0,86	0,76	0,105	0,235	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652	0,713	0,855
0,83	0,77	0,079	0,209	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578	0,626	0,686	0,829
0,80	0,78	0,052	0,183	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552	0,599	0,660	0,802
0,78	0,79	0,026	0,156	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525	0,573	0,634	0,776
0,75	0,80		0,130	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,608	0,750
0,72	0,81		0,104	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581	0,724
0,70	0,82		0,078	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,556	0,698
0,67	0,83		0,052	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421	0,469	0,530	0,672
0,65	0,84		0,026	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503	0,646
0,62	0,85			0,135	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620
0,59	0,86			0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343	0,390	0,451	0,593
0,57	0,87			0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316	0,364	0,424	0,567
0,54	0,88			0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397	0,540
0,51	0,89			0,028	0,057	0,086	0,117	0,149	0,184	0,221	0,262	0,309	0,370	0,512
0,48	0,90				0,029	0,058	0,089	0,121	0,156	0,193	0,234	0,281	0,342	0,484
0,46	0,91					0,030	0,060	0,093	0,127	0,164	0,205	0,253	0,313	0,456
0,43	0,92						0,031	0,063	0,097	0,134	0,175	0,223	0,284	0,426
0,40	0,93							0,032	0,067	0,104	0,145	0,192	0,253	0,395
0,36	0,94								0,034	0,071	0,112	0,160	0,220	0,363
0,33	0,95									0,037	0,078	0,126	0,186	0,329
0,29	0,96										0,041	0,089	0,149	0,292
0,25	0,97											0,048	0,108	0,251
0,20	0,98												0,061	0,203
0,14	0,99													0,142

Determinación del factor  $f$  para el cálculo de la potencia necesaria de condensadores  $Q$ . Para el cálculo, se halla primero  $\tan\phi_1 = Q$  (reactiva)/ $P$  (activa). Con este dato la tabla proporciona el  $\cos\phi_1$  existente correspondiente. Una vez elegido el  $\cos\phi_2$  que se desea, puede determinarse el factor  $f$  y con ello la potencia necesaria de condensadores  $Q = P \cdot f$

**400V****Cable, interruptor y fusibles para condensadores individuales y baterías a 400V, 50 Hz 40°C**

Potencia Qc	Corriente asignada a 400V Icn	Sección del conductor de cobre según el modo de instalación para 40°C de temperatura ambiente y aislamiento de XLPE (0,6/1kV) (1) (3)			Interruptor magnetotérmico / regulación térmica	Interruptor seccionador / calibre fusible
		B2 (1) (cable tripolar)	E (1) (cable tripolar)	F (1) (cable unipolar) N° de cables por fase x sección		
kvar	A	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	A	A
10	14	4	4	(Sección mínima: 25 mm <sup>2</sup> )	25/20	25/20
15	21	6	4		30/32	40/32
20	29	10	6		50/40	63/40
25	36	10	10		63/50	63/50
30	43	16	10		80/60	80/63
35	51	25	16		80/70	100/80
40	58	25	16		100/80	100/80
50	72	35	25	1x25	125/100	125/100
60	87	50	35	1x35	160/120	125/125
70	101	70	50	1x35	160/140	160/160
75	108	70	50	1x50	160/150	160/160
80	116	70	50	1x50	250/160	200/160
87,5	126		70	1x70	250/175	200/200
100	145		70	1x70	250/200	250/200
125	181		95	1x95	315/250	315/250
150	217		150	1x120	400/300	400/315
175	253		185	1x150	400/350	400/355
200	289		240	1x185	500/400	630/400
225	325		240	1x240	500/455	630/425
250	361			1x240	630/505	630/500
275	397			1x300 ó/or 2x120 (2)	630/555	630/550
300	434			2x150 (2)	800/605	630/630
325	470			2x150 (2)	800/660	800/630
350	506			2x185(2)	800/710	800/800
375	542			2x185 (2)	800/760	800/800
400	578			2x240 (2)	1000/810	1000/800
425	613			2x240 (2)	1000/860	1000/800
450	649			2x240 (2)	1000/910	1000/1000
475	685			2x300 ó/or 3x185 (2)	1000/960	1000/1000
500	722			2x300 ó/or 3x185 (2)	1250/1010	1250/1000
525	758			3x185 (2)	1250/1060	1250/1000
550	794			3x240 (2)	1250/1110	1250/1250
575	830			3x240 (2)	1250/1160	1250/1250
600	867			3x240 ó/or 4x185 (2)	1250/1210	1250/1250
650	939			3x300 ó/or 4x185 (2)	1600/1315	1600/1250
700	1011			3x300 ó/or 4x240 (2)	1600/1415	1600/-
750	1083			5x185 (2)	1600/1520	1600/-
800	1155			5x185 (2)	2000/1620	
850	1227			5x240 (2)	2000/1720	
900	1299			5x240 (2)	2000/1820	
950	1371			6x240 (2)	2000/1920	
1000	1443			6x240 (2)	2500/2020	

(1) Según el REBT 2002 actualizado con UNE 20-460-5-523 (2004). El modo B2 corresponde a cables tripolares bajo tubo, E a cables multipolares sobre bandeja perforada y F a cables unipolares sobre bandeja perforada. (2) En caso de varias ternas se supone una disposición con alternancias (RST,TSR,...) y en una sola capa. (3) Dimensionado del cable e interruptor para  $\approx 1,5$  Icn. (4) Relés térmicos a  $\approx 1,4$  Icn / Fusible a  $\approx 1,3$

**Secciones de cable y calibre de las protecciones para baterías de condensadores a 230V, 50 Hz**

40°C

(Para otras potencias o tensiones, consultar)

Potencia kvar	Corriente asignada a 230V I <sub>cn</sub> A	Sección del conductor de cobre según el modo de instalación para 40°C de temperatura ambiente (UNE 20460-5-523:2004). Dimensionado para= 1,5 I <sub>c</sub>						Interruptor magneto- térmico / regulación I <sub>n</sub> / I <sub>r</sub> A	Interruptor seccionador / calibre fusible I <sub>n</sub> / I <sub>n</sub> A	
		B1 (unipolar)*		B2 (tripolar)*		C (tripolar)*	E (tripolar)*			F (unipolar)*
		XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	XLPE			XLPE
		mm <sup>2</sup>		mm <sup>2</sup>		mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	nº x mm <sup>2</sup> fase	
10	25	6	10	6	10	6	4	10	63	35
12,5	31	10	16	10	16	6	6		63	50
15	38	10	16	16	16	10	10		63	50
17,5	44	16	25	16	25	16	10		63	63
20	50	16	25	25	35	16	16		125	80
25	63	25	35	25	50	25	25		125	100
30	75	35	50	35	70	35	25		125	100
35	88	50	70	50	70	35	35	35	125	125
40	100	50	70	70	95	50	50	35	160	160
45	113	70	95	70	120	70	50	50	160	160
50	126	70	95	95	120	70	70	50	250	200
55	138	95	120	95		70	70	70	250	200
60	151	95		120		95	95	70	250	200
62,5	157	95		120		95	95	70	250	200
65	163	95		120		95	95	70	250	224
70	176	120		150		120	95	95	250	224
75	188	120		150		120	120	95	400	250
80	201	150		185		150	120	120	400	315
87,5	220	185		185		150	150	120	400	315
90	226	185		240		150	150	120	400	315
100	251	240		240		185	185	150	400	355
110	276					240	240	185	400	355
120	301					240	240	185	630	400
150	377						300	2X120	630	500
170	427							2X150	630	630
180	452							2X150	800	630
200	503							2X185	800	800
220	553							2X240	800	800
250	628							2X240	1000	800
275	690							3X185	1000	1000
300	753							3X185	1250	1000
325	816							3X240	1250	1250
350	879							3X240	1250	1250
375	941							4X185	1600	1250
400	1004							4X240	1600	
425	1067							4X240	1600	
450	1130							4X240	1600	
475	1192							5X240	2000	
500	1255							5X240	2000	
525	1318							5X240	2000	
550	1381							5X240	2000	
575	1443							6X240		
600	1506							6X240		
625	1569							6X240		

**ADVERTENCIAS:**

- Utilizar con preferencia el cable  
XLPE (90° C)

(\*)

**B1**- Cables unipolares bajo tubo

**B2**- Cables tripulares bajo tubo

**C**- Cables tripulares sobre pared

**E**- Cables tripulares sobre  
bandeja perforada.

**F**- Cables unipolares sobre  
bandejas perforadas.

## Formulario

### Potencias

Activa,

$$P = U I \times 10^{-3} \text{ kW corriente continua}$$

$$P = U I \times \cos \varphi \times 10^{-3} \text{ kW c.a. monofásica}$$

$$P = \sqrt{3} \times U I \cos \varphi \times 10^{-3} \text{ kW c.a. trifásica}$$

Aparente,

$$S = \sqrt{3} \times U I \times 10^{-3} \text{ kvar c.a. trifásica}$$

Reactiva,

$$Q = S \times \sin \varphi = P \tan \varphi \text{ kvar}$$

### Potencias de máquinas y receptores trifásicos

Transformadores,

$$S = \sqrt{3} \times U I \times 10^{-3} \text{ KVA}$$

Condensadores,

$$Q = \sqrt{3} \times U I \times 10^{-3} \text{ kvar}$$

Motor,

$$P = \sqrt{3} \times U I \times \cos \varphi \times \eta \times 10^{-3} \text{ kW}$$

( $\eta$  = rendimiento)

### Pérdida en cables

$$\Delta p = \Delta P / P_N = 2 \times I^2 \times R_L / P_N \text{ c.a. monofásica}$$

$$\Delta p = \Delta P / P_N = 3 \times I^2 \times R_L / P_N \text{ c.a. trifásica}$$

$R_L$ , puede calcularse por la expresión

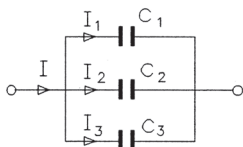
$$R_L = \rho \times L / S, \text{ con}$$

$$\rho_{Cu} = 17,24 \text{ ohm} \times \text{mm}^2 / \text{km}$$

$$\rho_{Al} = 28,26 \text{ ohm} \times \text{mm}^2 / \text{km}$$

### Conexión de condensadores

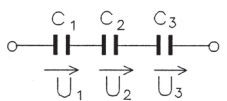
En paralelo,



$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

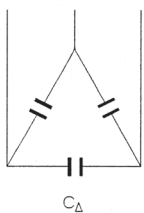
En serie,



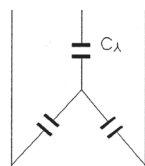
$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

En triángulo o estrella,



$C_{\Delta}$



$C_{\lambda}$

Suponiendo las potencias iguales,

$$Q_{\Delta} = Q_Y; C_Y = 3C_{\Delta}$$

Suponiendo las capacidades iguales,

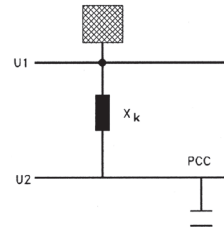
$$C_{\Delta} = C_Y; Q_{\Delta} = 3Q_Y$$

## Sobretensiones

Los condensadores conectados a una red inductiva producen un aumento de tensión, efecto utilizado para regulación de tensión en redes eléctricas. El condensador Q de la figura se conecta a un punto de la red con una potencia de cortocircuito  $S_K$ , dando lugar a un incremento de tensión:

$$\Delta U = 100 \frac{Q}{S_K} (\%)$$

Este fenómeno se da con frecuencia en transformadores con carga capacitiva. Caso típico de trabajo en vacío y con condensadores conectados.



El condensador, Q, produce un aumento de tensión en barras en una red inductiva de reactancia de cortocircuito  $X_k$ .

## Variación de la potencia reactiva útil de un condensador en función de la tensión soportada

Los dos parámetros más significativos que definen una batería de condensadores son, potencia reactiva asignada ( $Q_r$ ) y tensión asignada ( $U_r$ ), la potencia reactiva se suele dar en kilovoltio amperios reactivos (kvar) y la tensión en voltios (V). Existe una confusión que es preciso clarificar al respecto de la definición de estas dos magnitudes.

La potencia reactiva varía con la tensión como muestra la ecuación:

$$Q_e = (U_e/U_r)^2 \times Q_r$$

Donde,

$Q_e$ , es la potencia que obtendremos a la tensión  $U_e$  que soportarán los condensadores.

$U_e$ , es la tensión que aplicaremos a la batería normalmente la tensión de red.

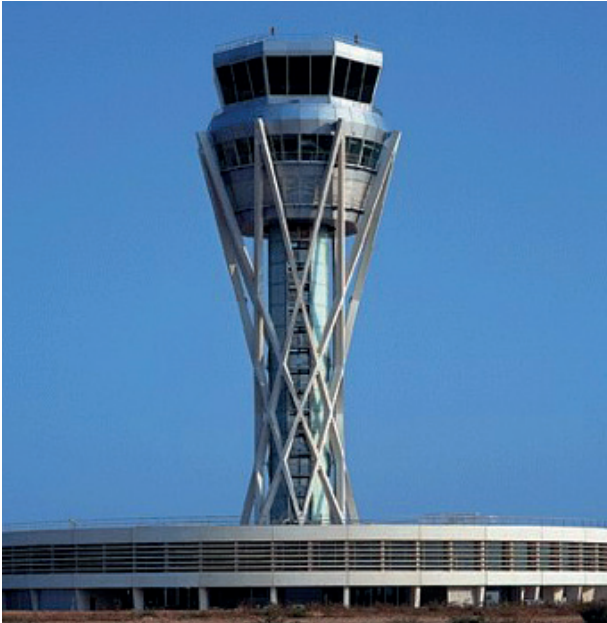
$U_r$ , es la tensión asignada o nominal, para la que se ha fabricado la batería y que le permite trabajar de forma permanente de acuerdo con la norma EN 60831-1 y 2.

$Q_r$ , la potencia asignada o nominal resultante de aplicar a la batería de tensión asignada para la que ha sido fabricada.

Ejemplos,

- Una batería de 100kvar cuya tensión asignada es 440V si se le aplica la tensión de red de 400V, dará una potencia efectiva de 82 kvar, un 18% menos que si se instalara una batería de 100kvar a 400V.

- Para que una batería de 440V de tensión asignada entregue una potencia útil de 100kvar a 400V deberá tener una potencia de 121kvar.



Instalación compensada por CYDESA:

1. Aeropuertos
2. Centros comerciales
3. Tren de alta velocidad español
4. Exposición Internacional "Agua y Desarrollo Sostenible" en Zaragoza