

3 Cargas eléctricas

Características

Examen de la demanda real de potencia aparente de las diferentes cargas: un paso preliminar necesario en el diseño de una instalación de baja tensión.

La potencia nominal en kW (P_n) de un motor indica su potencia mecánica equivalente. La potencia aparente en kVA (S_n) proporcionada al motor es una función de la salida, del rendimiento del motor y del factor de potencia.

$$S_n = \frac{P_n}{\eta \cos \varphi}$$

El examen de los valores reales de la potencia aparente que necesita cada carga permite el establecimiento de:

- Una demanda de potencia declarada que determina el contrato del suministro de energía.
- La especificación del transformador de alta/baja tensión, cuando sea aplicable (teniendo en cuenta la previsión de aumento de cargas).
- Los niveles de corriente de carga en cada cuadro de distribución.

3.1 Motores de inducción

Demanda de corriente

La intensidad absorbida proporcionada al motor viene dada por las fórmulas siguientes:

- Motor trifásico: $I_a = P_n \times 1.000 / (\sqrt{3} \times U \times \eta \times \cos \varphi)$
- Motor monofásico: $I_a = P_n \times 1.000 / (U \times \eta \times \cos \varphi)$

donde

I_a : intensidad absorbida (en amperios).

P_n : potencia nominal (en kW de potencia activa).

U : tensión entre fases para el motor trifásico y tensión entre las terminales de los motores monofásicos (en V). Un motor monofásico puede estar conectado fase a neutro o fase a fase.

η : rendimiento del motor. kW de salida/kW de entrada.

$\cos \varphi$: factor de potencia. kW de entrada/kVA de entrada.

Corriente subtransitoria y ajuste de la protección

- El valor punta de la corriente subtransitoria puede ser muy alto; el valor típico está entre 12 y 15 veces el valor eficaz nominal I_{nm} . A veces este valor puede alcanzar 25 veces I_{nm} .
- Los interruptores automáticos Merlin Gerin, los contactores Telemecanique y los relés térmicos están diseñados para resistir arranques de motor con una corriente subtransitoria muy alta (el valor punta subtransitorio puede ser hasta de 19 veces el valor eficaz nominal I_{nm}).
- Si se produce un disparo inesperado de la protección contra sobreintensidad durante el arranque, esto significa que la corriente de arranque excede de los límites normales. Como resultado, se puede alcanzar alguna resistencia máxima de los aparatos, se puede reducir la vida útil e incluso se pueden destruir algunos dispositivos. Para evitar tales situaciones, debe considerarse sobredimensionar el aparato.
- Los aparatos Merlin Gerin y Telemecanique están diseñados para asegurar la protección de los arrancadores de motor frente a los cortocircuitos. Según el riesgo, las tablas muestran la combinación del interruptor automático, el contactor y el relé térmico para obtener la coordinación tipo 1 o tipo 2 (consulte el capítulo N).

Intensidad del arranque

Aunque se pueden encontrar en el mercado motores de alto rendimiento, en la práctica sus intensidades de arranque son básicamente las mismas que las de algunos motores estándar.

La utilización del arrancador estrella-triángulo, arrancador estático suave o convertidor variador de velocidad permite reducir el valor de la intensidad de arranque (ej. $4 I_a$ en lugar de $7,5 I_a$).

Compensación de potencia reactiva (kVar) proporcionada a motores de inducción

Generalmente es ventajosa por motivos técnicos y económicos la reducción de la intensidad proporcionada a los motores de inducción. Esto se puede alcanzar mediante la utilización de condensadores sin que afecte a la potencia de salida de los motores. Normalmente nos referimos a la aplicación de este principio a la operación de motores de inducción como "mejora del factor de potencia" o "corrección del factor de potencia".

Como se expone en el capítulo L, la potencia aparente (kVA) proporcionada a un motor de inducción se puede reducir de un modo significativo mediante el uso de condensadores de potencia. La reducción de los kVA de entrada trae consigo la reducción correspondiente de la intensidad de entrada (dado que la tensión permanece constante).

La compensación de potencia reactiva se recomienda principalmente para motores que funcionan durante largos períodos con potencia reducida.

Como se mostró con anterioridad, $\cos \varphi = \frac{\text{kW de entrada}}{\text{kVA de entrada}}$ por lo que una reducción de kVA de entrada aumenta (es decir, mejora) el valor de $\cos \varphi$.

La corriente proporcionada al motor después de la corrección del factor de potencia

$$\text{viene dada por: } I = I_a \times \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi'}$$

donde $\cos \varphi$ es el factor de potencia antes de la compensación y $\cos \varphi'$ es el factor de potencia después de la compensación, siendo I_a la intensidad original.

Se tiene que tener en cuenta que el convertidor variador de velocidad proporciona una compensación de energía reactiva.

La **Figura A4** muestra en función de la potencia nominal del motor, los valores de intensidad de motor estándar para varias tensiones de alimentación

kW	hp	230 V	380 - 415 V	400 V	440 - 480 V	500 V	690 V
		A	A	A	A	A	A
0,18	-	1,0	-	0,6	-	0,48	0,35
0,25	-	1,5	-	0,85	-	0,68	0,49
0,37	-	1,9	-	1,1	-	0,88	0,64
-	1/2	-	1,3	-	1,1	-	-
0,55	-	2,6	-	1,5	-	1,2	0,87
-	3/4	-	1,8	-	1,6	-	-
-	1	-	2,3	-	2,1	-	-
0,75	-	3,3	-	1,9	-	1,5	1,1
1,1	-	4,7	-	2,7	-	2,2	1,6
-	1-1/2	-	3,3	-	3,0	-	-
-	2	-	4,3	-	3,4	-	-
1,5	-	6,3	-	3,6	-	2,9	2,1
2,2	-	8,5	-	4,9	-	3,9	2,8
-	3	-	6,1	-	4,8	-	-
3,0	-	11,3	-	6,5	-	5,2	3,8
3,7	-	-	-	-	-	-	-
4	-	15	9,7	8,5	7,6	6,8	4,9
5,5	-	20	-	11,5	-	9,2	6,7
-	7-1/2	-	14,0	-	11,0	-	-
-	10	-	18,0	-	14,0	-	-
7,5	-	27	-	15,5	-	12,4	8,9
11	-	38,0	-	22,0	-	17,6	12,8
-	15	-	27,0	-	21,0	-	-
-	20	-	34,0	-	27,0	-	-
15	-	51	-	29	-	23	17
18,5	-	61	-	35	-	28	21
-	25	-	44	-	34	-	-
22	-	72	-	41	-	33	24
-	30	-	51	-	40	-	-
-	40	-	66	-	52	-	-
30	-	96	-	55	-	44	32
37	-	115	-	66	-	53	39
-	50	-	83	-	65	-	-
-	60	-	103	-	77	-	-
45	-	140	-	80	-	64	47
55	-	169	-	97	-	78	57
-	75	-	128	-	96	-	-
-	100	-	165	-	124	-	-
75	-	230	-	132	-	106	77
90	-	278	-	160	-	128	93
-	125	-	208	-	156	-	-
110	-	340	-	195	-	156	113
-	150	-	240	-	180	-	-
132	-	400	-	230	-	184	134
-	200	-	320	-	240	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-
160	-	487	-	280	-	224	162
185	-	-	-	-	-	-	-
-	250	-	403	-	302	-	-
200	-	609	-	350	-	280	203
220	-	-	-	-	-	-	-
-	300	-	482	-	361	-	-
250	-	748	-	430	-	344	250
280	-	-	-	-	-	-	-
-	350	-	560	-	414	-	-
-	400	-	636	-	474	-	-
300	-	-	-	-	-	-	-

Fig. A4: Potencia e intensidades operativas nominales (continúa en la página siguiente).

3 Cargas eléctricas

Características

kW	hp	230 V	380 - 415 V	400 V	440 - 480 V	500 V	690 V
		A	A	A	A	A	A
315	-	940	-	540	-	432	313
-	540	-	-	-	515	-	-
335	-	-	-	-	-	-	-
355	-	1.061	-	610	-	488	354
-	500	-	786	-	590	-	-
375	-	-	-	-	-	-	-
400	-	1.200	-	690	-	552	400
425	-	-	-	-	-	-	-
450	-	-	-	-	-	-	-
475	-	-	-	-	-	-	-
500	-	1.478	-	850	-	680	493
530	-	-	-	-	-	-	-
560	-	1.652	-	950	-	760	551
600	-	-	-	-	-	-	-
630	-	1.844	-	1.060	-	848	615
670	-	-	-	-	-	-	-
710	-	2.070	-	1.190	-	952	690
750	-	-	-	-	-	-	-
800	-	2.340	-	1.346	-	1.076	780
850	-	-	-	-	-	-	-
900	-	2.640	-	1.518	-	1.214	880
950	-	-	-	-	-	-	-
1.000	-	2.910	-	1.673	-	1.339	970

Fig. A4: Potencia e intensidades operativas nominales (conclusión).

3.2 Aparatos de calefacción de tipo resistivo y lámparas incandescentes (convencionales o halógenas)

La intensidad absorbida de un aparato de calefacción o de una lámpara incandescente se puede obtener con facilidad a partir de la potencia nominal P_n determinada por el fabricante (ej. $\cos \varphi = 1$) (consulte [Figura A5](#)).

Potencia nominal (kW)	Intensidad absorbida (A)			
	Monofásica 127 V	Monofásica 230 V	Trifásica 230 V	Trifásica 400 V
0,1	0,79	0,43	0,25	0,14
0,2	1,58	0,87	0,50	0,29
0,5	3,94	2,17	1,26	0,72
1	7,9	4,35	2,51	1,44
1,5	11,8	6,52	3,77	2,17
2	15,8	8,70	5,02	2,89
2,5	19,7	10,9	6,28	3,61
3	23,6	13	7,53	4,33
3,5	27,6	15,2	8,72	5,05
4	31,5	17,4	10	5,77
4,5	35,4	19,6	11,3	6,5
5	39,4	21,7	12,6	7,22
6	47,2	26,1	15,1	8,66
7	55,1	30,4	17,6	10,1
8	63	34,8	20,1	11,5
9	71	39,1	22,6	13
10	79	43,5	25,1	14,4

Fig. A5: Intensidades absorbidas de aparatos de calefacción de tipo resistivo y lámparas incandescentes (convencionales o halógenas).

Intensidades vienen dadas por:

■ Carga trifásica: $I_a = \frac{P_n}{\sqrt{3} U}^{(1)}$

(1) I_a en amperios; U en voltios. P_n está en vatios. Si P_n está en kW, multiplique la ecuación por 1.000.

■ Carga monofásica: $I_a = \frac{P_n^{(1)}}{U}$

en la que U es la tensión entre los terminales del equipo.

Para una lámpara incandescente, la utilización de gas halógeno permite una fuente luminosa más concentrada. La salida de luz se incrementa y la vida útil de la lámpara se duplica.

Nota: En el momento del encendido, el filamento frío da lugar a un pico de intensidad muy breve pero intenso.

3.3 Lámparas fluorescentes, lámpara de descarga y equipo relacionado

La potencia P_n (vatios) indicada en el tubo de una lámpara fluorescente no incluye la potencia absorbida por el balasto (reactancia).

La intensidad viene dada por:

$$I_a = \frac{P_{\text{reactancia}} + P_n}{U \cos \varphi}$$

donde U = la tensión aplicada a la lámpara completa con su equipo relacionado.

Con (a no ser que se indique de otro modo):

■ $\cos \varphi = 0,6$ sin condensador de corrección del factor de potencia (FP)⁽¹⁾.

■ $\cos \varphi = 0,86$ con corrección FP⁽¹⁾ (tubos sencillos o dobles).

■ $\cos \varphi = 0,96$ para balastos electrónicos.

Si no se indica ningún valor de pérdida de potencia para la reactancia, se puede utilizar una cifra del 25% de P_n .

La **Figura A6** proporciona estos valores para diferentes exposiciones de balastos.

Montaje de lámparas, arrancadores y resistencias	Potencia de los tubos (W) ⁽²⁾	Corriente (A) a 230 V			Long. del tubo (cm)
		Balasto magnético		Balasto electrónico	
		Sin condensador de corrección FP	Con condensador de corrección FP		
Un tubo	18	0,20	0,14	0,10	60
	36	0,33	0,23	0,18	120
	58	0,50	0,36	0,28	150
Dos tubos	2 × 18		0,28	0,18	60
	2 × 36		0,46	0,35	120
	2 × 58		0,72	0,52	150

(2) La potencia en vatios está marcada en el tubo.

Fig. A6: La intensidad absorbida y el consumo de potencia de los tubos fluorescentes de iluminación de dimensiones comunes (a 230 V-50 Hz).

Lámparas fluorescentes compactas

Las lámparas fluorescentes compactas tienen las mismas características de rentabilidad y larga duración que los tubos clásicos. Normalmente se utilizan en lugares públicos con iluminación permanente (por ejemplo: pasillos, vestíbulos, bares, etc.) y se puede montar en los mismos lugares que las lámparas incandescentes (consulte la **Figura A7**).

Tipo de lámpara	Potencia de la lámpara (W)	Corriente a 230 V (A)
Lámpara de resistencias separadas	10	0,080
	18	0,110
	26	0,150
Lámpara de resistencias integradas	8	0,075
	11	0,095
	16	0,125
	21	0,170

Fig. A7: Intensidades absorbidas y consumo de potencia de las lámparas fluorescentes compactas (a 230 V-50 Hz).

(1) A menudo nos referimos a la "corrección del factor de potencia" como "compensación" en la terminología de descarga del tubo de iluminación.
 $\cos \varphi$ es aproximadamente 0,95 (los valores de cero de V e I casi están en fase) pero el factor de potencia es 0,5 debido a la forma impulsiva de la intensidad, el pico de la cual se produce "tarde" en cada semiperíodo.

3 Cargas eléctricas

Características

La potencia en vatios indicada en el tubo de una lámpara de descarga no incluye la potencia disipada por el balasto.

Lámparas de descarga

La **Figura A8** proporciona la intensidad absorbida por una unidad completa y que incluye todo el equipo complementario asociado.

Estas lámparas dependen de la descarga eléctrica luminosa a través de un gas o vapor de un componente metálico que está en un recipiente cristalino estanco y a una presión determinada. Estas lámparas tienen un tiempo de arranque largo, durante el que la corriente I_a es superior a la corriente nominal I_n . Las demandas de corriente y potencia vienen dadas para diferentes tipos de lámparas (valores medios típicos que pueden diferir ligeramente de un fabricante a otro).

Tipo de lámpara (W)	Potencia absorbida (W) a 230 V 400 V	Corriente I _n (A)		Arranque		Rendimiento lumínica (lúmenes por vatio)	Tiempo medio de vida útil de la lámpara (h)	Utilización
		FP no corregido 230 V 400 V	FP corregido 230 V 400 V	I _a /I _n	Período (min)			
Lámparas de vapor de sodio de alta presión								
50	60	0,76	0,3	de 1,4 a 1,6	de 4 a 6	de 80 a 120	9.000	■ Iluminación de pasillos largos ■ Espacios exteriores ■ Iluminación pública
70	80	1	0,45					
100	115	1,2	0,65					
150	168	1,8	0,85					
250	274	3	1,4					
400	431	4,4	2,2					
1.000	1.055	10,45	4,9					
Lámparas de vapor de sodio de baja presión								
26	34,5	0,45	0,17	de 1,1 a 1,3	de 7 a 15	de 100 a 200	de 8.000 a 12.000	■ Iluminación de autopistas ■ Iluminación de seguridad, estación ■ Plataforma, áreas de almacenamiento
36	46,5		0,22					
66	80,5		0,39					
91	105,5		0,49					
131	154		0,69					
Vapor de mercurio + halógenos metálicos (también denominados ioduros metálicos)								
70	80,5	1	0,40	1,7	de 3 a 5	de 70 a 90	6.000 6.000 6.000 6.000 6.000 2.000	■ Iluminación de áreas muy grandes por proyectores (p. ej.: deportes, estadios, etc.)
150	172	1,80	0,88					
250	276	2,10	1,35					
400	425	3,40	2,15					
1.000	1.046	8,25	5,30					
2.000	2.092 2.052	16,50 8,60	10,50 6					
Vapor de mercurio + sustancia fluorescente (bién fluorescente)								
50	57	0,6	0,30	de 1,7 a 2	de 3 a 6	de 40 a 60	de 8.000 a 12.000	■ Talleres con techos muy altos (pasillos, hangares) ■ Iluminación exterior ■ Salida de luminosidad baja ⁽¹⁾
80	90	0,8	0,45					
125	141	1,15	0,70					
250	268	2,15	1,35					
400	421	3,25	2,15					
700	731	5,4	3,85					
1.000	1.046	8,25	5,30					
2.000	2.140 2.080	15	11 6,1					

Nota: Estas lámparas son sensibles a las caídas de tensión. Se apagan si la tensión cae a menos del 50% de la tensión nominal y no se volverá a encender antes de que se enfríe durante aproximadamente 4 minutos.

Nota: Las lámparas de vapor de sodio a baja presión tienen rendimiento superior a la de otras fuentes. Sin embargo, está restringido el uso de estas lámparas por el hecho de que el color amarillo anaranjado que emiten provoca que sea casi imposible el reconocimiento de los colores.

(1) Reemplazado por lámparas de vapor de sodio.

Fig. A8: Intensidad absorbida por las lámparas de descarga.

Para diseñar una instalación se debe evaluar la demanda máxima de potencia que se puede solicitar al sistema.

Un diseño que simplemente se base en la suma aritmética de todas las cargas existentes en la instalación sería extremadamente caro y poco práctico desde el punto de vista de la ingeniería.

El propósito de este capítulo es el de mostrar cómo se pueden evaluar varios factores teniendo en cuenta la diversidad (operación no simultánea de todos los dispositivos de un grupo determinado) y la utilización (por ejemplo, un motor eléctrico no funciona normalmente al límite de su capacidad, etc.) de todas las cargas existentes y proyectadas. Los valores proporcionados están basados en la experiencia y en los registros extraídos de las instalaciones actuales. Además de proporcionar datos de diseño de instalaciones básicas en circuitos individuales, los resultados proporcionarán un valor global para la instalación a partir de la que se pueden especificar los requisitos de un sistema de alimentación (red de distribución, transformador de alta/baja tensión o grupo electrógeno).

4.1 Potencia instalada (kW)

La mayor parte de los dispositivos y aparatos eléctricos se marcan para indicar su potencia nominal (P_n).

La potencia instalada es la suma de las potencias nominales de todos los dispositivos eléctricos de la instalación. Esta no es en la práctica la potencia absorbida realmente. Este es el caso de los motores eléctricos, en los que la potencia nominal se refiere a la potencia de salida en el eje principal. El consumo de potencia de entrada será evidentemente superior.

Las lámparas fluorescentes y de descarga asociadas a resistencias de estabilización son otros casos en los que la potencia nominal indicada en la lámpara es inferior a la potencia consumida por la lámpara y su resistencia.

Los métodos para evaluar el consumo real de potencia de los motores y dispositivos lumínicos se han proporcionado en el apartado 3 de este capítulo.

La demanda de potencia (kW) es necesaria para seleccionar la potencia nominal de un grupo electrógeno o batería.

Para una alimentación de una red de alimentación pública de baja tensión o a través de un transformador de alta/baja tensión, la cantidad significativa es la potencia aparente en kVA.

4.2 Potencia aparente instalada (kVA)

Normalmente se asume que la potencia aparente instalada es la suma aritmética de los kVA de las cargas individuales. Los kVA máximos estimados que se van a proporcionar sin embargo no son iguales a los kVA totales instalados.

La demanda de potencia aparente de una carga (que puede ser un dispositivo sencillo) se obtiene a partir de su potencia nominal (corregida si es necesario, como se dice anteriormente con los motores, etc.) y de la aplicación de los siguientes coeficientes:

η = rendimiento = kW de salida/kW de entrada.

$\cos \phi$ = el factor de potencia = kW/kVA.

La demanda en kVA de potencia aparente de la carga:

$$S_n = P_n / (\eta \times \cos \phi)$$

A partir de este valor, la corriente de carga completa I_a (A)⁽¹⁾ que toma la carga será:

$$I_a = \frac{S_n \times 10^3}{V}$$

para una carga conectada entre fase y neutro.

$$I_a = \frac{S_n \times 10^3}{\sqrt{3} \times U}$$

para la carga trifásica equilibrada, en la que:

V = tensión fase-neutro (voltios).

U = tensión fase-fase (voltios).

Se tiene que tener en cuenta que, hablando de un modo estricto, los kVA totales de potencia aparente no son la suma aritmética de los kVA calculados de las cargas individuales (a no ser que todas las cargas tengan el mismo factor de potencia).

Sin embargo, es normal realizar una suma aritmética simple, cuyo resultado dará un valor de kVA que supera el valor real por un "margen de diseño" aceptable.

Cuando no se conocen alguna o todas las características de carga, los valores que se muestran en la **Figura A9** de la página siguiente se pueden utilizar para proporcionar una estimación muy aproximada de demandas de VA (las cargas individuales normalmente son demasiado pequeñas para expresarlas en kVA o kW). Las estimaciones para cargas de iluminación están basadas en superficies de 500 m².

La potencia instalada es la suma de las potencias nominales de todos los dispositivos eléctricos de la instalación. Esta no es en la práctica la potencia absorbida realmente.

Normalmente se asume que la potencia aparente instalada es la suma aritmética de los kVA de las cargas individuales. Los kVA máximos estimados que se van a proporcionar sin embargo no son iguales a los kVA totales instalados.

(1) Para obtener mayor precisión debe tenerse en cuenta el factor de utilización máxima como se ha expresado a continuación en el subapartado 4.3.

Iluminación fluorescente (corregida a $\cos \varphi = 0,86$)		
Tipo de aplicación	Tubo fluorescente estimado (VA/m ²) con reflector industrial ⁽¹⁾	Nivel medio de iluminación (lux = lm/m ²)
Carreteras y autopistas, áreas de almacenamiento, trabajo intermitente	7	150
Trabajos industriales: fabricación y ensamblaje de piezas de trabajo muy grandes	14	300
Trabajo diario: trabajo de oficina	24	500
Trabajos delicados talleres de ensamblaje de alta precisión de oficinas técnicas	41	800
Circuitos de potencia		
Tipo de aplicación	Estimado (VA/m ²)	
Aire comprimido de estación de bombeo de 3 a 6	de 3 a 6	
Ventilación de las instalaciones	23	
Calefactores de convección eléctricos: casas privadas, pisos y apartamentos	de 115 a 146	
Oficinas	90	
Taller de distribución	25	
Taller de montaje	50	
Tienda de máquinas	70	
Taller de pintura	300	
Planta de tratamiento de calor	350	
	700	

(1) Ejemplo: tubo de 65 W (balasto no incluido), flujo 5.100 lúmenes (lm), eficacia lumínica del tubo = 78,5 lm/W.

Fig. A9: Estimación de la potencia aparente instalada.

4.3 Estimación de la demanda máxima real de kVA

Todas las cargas individuales no operan necesariamente a su potencia nominal máxima ni funcionan necesariamente al mismo tiempo. Los factores k_u y k_s permiten la determinación de las demandas de potencia máxima y de potencia aparente realmente necesarias para dimensionar la instalación.

Factor de utilización máxima (k_u)

En condiciones normales de funcionamiento, el consumo de potencia de una carga es a veces inferior que la indicada como potencia nominal, una circunstancia bastante común que justifica la aplicación de un factor de utilización (k_u) en la estimación de los valores reales.

Este factor se le debe aplicar a cada carga individual, con especial atención a los motores eléctricos, que raramente funcionan con carga completa.

En una instalación industrial, este factor se puede estimar en una media de 0,75 para los motores.

Para cargas de luz incandescente, el factor siempre es igual a 1.

Para circuitos con tomas de corriente, los factores dependen totalmente del tipo de aplicaciones a las que ofrecen suministro las tomas implicadas.

Factor de simultaneidad (k_s)

Es una práctica común que el funcionamiento simultáneo de todas las cargas instaladas de una instalación determinada nunca se produzca en la práctica. Es decir, siempre hay cierto grado de variabilidad y este hecho se tiene en cuenta a nivel de estimación mediante el uso del factor de simultaneidad (k_s).

El factor k_s se aplica a cada grupo de cargas (por ejemplo, obtener el suministro de un cuadro de distribución o subdistribución). El diseñador es el responsable de la determinación de estos factores, ya que precisa un conocimiento detallado de la instalación y de las condiciones en las que se van a explotar los circuitos individuales. Por este motivo, no es posible proporcionar valores precisos para la aplicación general.

Factor de simultaneidad para un bloque de apartamentos

En la **Figura A10** de la página contigua se muestran algunos valores típicos para éste y se pueden aplicar a todos los consumidores domésticos con suministro de 230/400 V (trifásico de cuatro hilos). En el caso de los consumidores que utilizan acumuladores de calor eléctricos para la calefacción, se recomienda un factor de 0,8 con independencia del número de consumidores.

Número de consumidores	Factor de simultaneidad (k_s)
De 2 a 4	1
De 5 a 9	0,78
De 10 a 14	0,63
De 15 a 19	0,53
De 20 a 24	0,49
De 25 a 29	0,46
De 30 a 34	0,44
De 35 a 39	0,42
De 40 a 49	0,41
50 y más	0,40

Fig. A10: Factores de simultaneidad en un bloque de apartamentos.

Ejemplo (consultar **Figura A11**):

Un edificio de apartamentos de cinco pisos con 25 consumidores, que tienen una carga instalada de 6 kVA cada uno.

La carga total instalada para el edificio es: $36 + 24 + 30 + 36 + 24 = 150$ kVA.

El suministro de potencia aparente necesario para el edificio es: $150 \times 0,46 = 69$ kVA.

A partir de la figura A10, es posible determinar la magnitud de las corrientes en diferentes secciones del circuito principal común que proporciona suministro a todos los pisos. Para los cables que van en vertical y que se alimentan a nivel del suelo, la sección de los conductores evidentemente tiene que reducirse progresivamente desde los pisos inferiores a los superiores.

Estos cambios del tamaño del conductor vienen espaciados normalmente por un intervalo de al menos tres pisos.

En el ejemplo, la corriente que entra en el cable de subida a nivel del suelo es:

$$\frac{150 \times 0,46 \times 10^3}{400 \sqrt{3}} = 100 \text{ A}$$

la corriente que llega al tercer piso es:

$$\frac{(36 + 24) \times 0,63 \times 10^3}{400 \sqrt{3}} = 55 \text{ A}$$

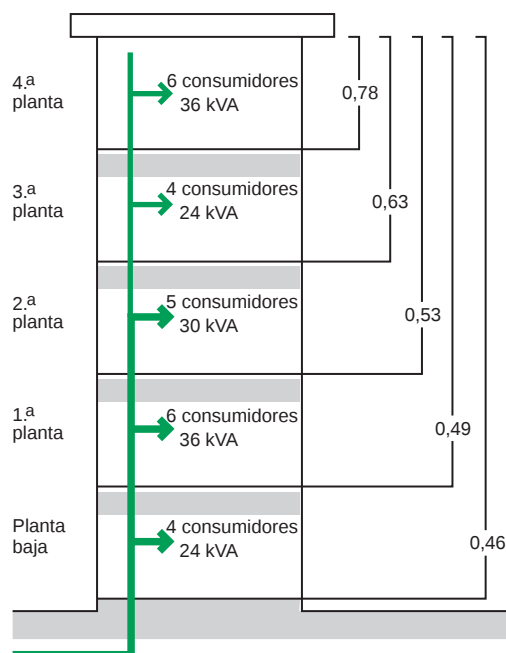


Fig. A11: Aplicación del factor de simultaneidad (k_s) a un bloque de apartamentos de 5 pisos.

Factor de simultaneidad para cuadros de distribución

La **Figura A12** muestra los valores hipotéticos de k_s para un cuadro de distribución que suministra a varios circuitos para los que no hay indicación sobre el modo en que se divide la carga total entre ellos.

Si los circuitos son principalmente para cargas de iluminación, sería prudente adoptar los valores de k_s cercanos a la unidad.

Número de circuitos	Factor de simultaneidad (k_s)
Montajes comprobados completamente 2 y 3	0,9
4 y 5	0,8
De 6 a 9	0,7
10 y más	0,6
Montajes probados parcialmente; seleccione en cada caso	1,0

Fig. A12: Factor de simultaneidad para cuadros de distribución (IEC 60439).

Factor de simultaneidad según la función del circuito

Los factores k_s que se pueden utilizar para circuitos que alimentan a las cargas más habituales aparecen en la **Figura A13**.

Función del circuito	Factor de simultaneidad (k_s)
Alumbrado	1
Calefacción y aire acondicionado	1
Tomas de corriente	de 0,1 a 0,2 ⁽¹⁾
Ascensores y montacargas ⁽²⁾	■ Para el motor más potente ■ Para el segundo motor más potente ■ Para todos los motores
	1
	0,75
	0,60

(1) En algunos casos, principalmente en instalaciones industriales, este factor puede ser superior.

(2) La corriente que hay que tomar en consideración es igual a la corriente nominal del motor aumentada en un tercio de su corriente de arranque.

Fig. A13: Factor de simultaneidad según la función del circuito.

4.4 Ejemplo de aplicación de los factores k_u y k_s

Un ejemplo de la estimación de las demandas de kVA máximos reales a todos los niveles de una instalación, desde cada posición de carga al punto de suministro (consulte **Figura A14** en la página contigua).

En este ejemplo, la potencia aparente instalada total es de 126,6 kVA, que corresponde a un valor máximo real (estimado) en los bornes de baja tensión del transformador de alta/baja tensión de sólo 65 kVA.

Nota: Para seleccionar el tamaño de los cables para los circuitos de distribución de una instalación, la corriente I (en amperios) a través de un circuito está determinada a partir de la ecuación:

$$I = \frac{S \text{ (kVA)} \cdot 10^3}{U \sqrt{3}}$$

donde kVA es el máximo real del valor de potencia aparente trifásico que aparece en el diagrama para el circuito en cuestión y U es la tensión fase-fase (en voltios).

4.5 Factor de diversidad

El factor de diversidad, tal como se ha definido en la normativa IEC, es idéntico al factor de simultaneidad (k_s) utilizado en esta guía, como se describe en el subapartado 4.3. En algunos países anglófonos, sin embargo (en el momento de esta edición), el factor de diversidad es el inverso de k_s , es decir, siempre es ≥ 1 .

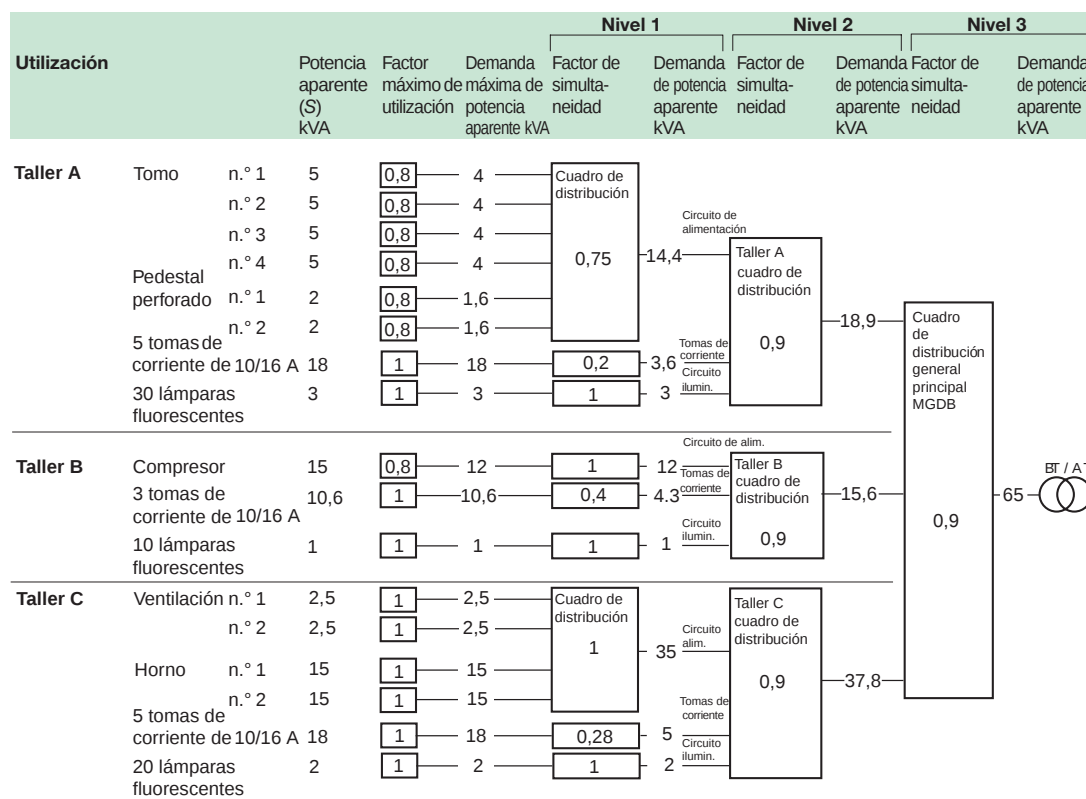


Fig A14: Un ejemplo al estimar la carga máxima prevista de una instalación (los valores del factor utilizados sólo con fines de demostración).

4.6 Selección de la potencia del transformador

Cuando una instalación se va a alimentar directamente desde un transformador de alta/baja tensión y la carga de potencia aparente máxima de la instalación se ha determinado, se puede decidir un calibre adecuado para el transformador, teniendo en cuenta las consideraciones siguientes (consulte **Figura A15**):

Potencia aparente kVA	I_n (A)	
	237 V	410 V
100	244	141
160	390	225
250	609	352
315	767	444
400	974	563
500	1.218	704
630	1.535	887
800	1.949	1.127
1.000	2.436	1.408
1.250	3.045	1.760
1.600	3.898	2.253
2.000	4.872	2.816
2.500	6.090	3.520
3.150	7.673	4.436

Fig. A15: Potencias aparentes estándar para transformadores de alta/baja tensión y corrientes nominales relacionadas.

- La posibilidad de mejorar el factor de potencia de la instalación (consulte el capítulo L).
- Extensiones anticipadas a la instalación.

La corriente nominal de carga completa I_n en la parte de baja tensión de un transformador trifásico viene determinada por:

$$I_n = \frac{S \text{ (kVA)} \cdot 10^3}{U \sqrt{3}}$$

donde

- S = potencia kVA del transformador.
- U = tensión fase-fase en vacío en voltios (237 V o 410 V).
- I_n está en amperios.

Para un transformador monofásico:

$$I_n = \frac{S \times 10^3}{V}$$

donde

- V = tensión entre los bornes de baja tensión en vacío (en voltios).
- Ecuación simplificada para 400 V (carga trifásica).
- $I_n = S \text{ (kVA)} \times 1,4$.

La norma IEC para los transformadores de potencia es IEC 60076.

4.7 Selección de fuentes de alimentación

De la importancia de mantener una alimentación permanente, surge la cuestión sobre el uso de una planta de energía de reserva. La selección y las características de estas fuentes alternativas están definidas en el capítulo D.

Para la fuente principal de suministro la selección generalmente se realiza entre una conexión a la red de baja tensión o a la de alta tensión de la red eléctrica pública.

En la práctica, puede ser necesaria la conexión a un suministro en alta tensión cuando la carga exceda (o esté planificado que pueda exceder) de cierto nivel, generalmente del orden de 250 kVA, o si la calidad del servicio necesaria es superior a la que está normalmente disponible desde una red de baja tensión.

Por otra parte, si se prevé que la instalación produzca perturbaciones a los consumidores cercanos cuando esté conectada a la red de baja tensión, las autoridades encargadas del suministro pueden proponer un servicio en alta tensión.

Los suministros de alta tensión pueden contar con ciertas ventajas: de hecho un consumidor de alta tensión:

- No tiene perturbaciones de otros consumidores como puede ser el caso de la baja tensión.
- Es libre de elegir cualquier tipo de sistema de conexión a tierra de baja tensión.
- Puede elegir entre más tarifas económicas.
- Puede aceptar incrementos muy grandes de carga.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que:

- El consumidor es el propietario del centro de transformación de alta/baja tensión y, en algunos países debe construirlo y equiparlo de su propio bolsillo. La empresa suministradora puede, en determinadas circunstancias, participar en la inversión, al nivel de la línea de alta tensión por ejemplo.
- Una parte de los costes de conexión pueden, por ejemplo, recuperarse a menudo si se conecta un segundo usuario a la línea de alta tensión un cierto tiempo después de la conexión original del consumidor.
- El consumidor tiene acceso sólo a la parte de baja tensión de la instalación, el acceso a la parte de alta tensión está reservado al personal de la empresa suministradora (lectura de contador, operaciones, etc.). Sin embargo, en determinados países, el consumidor puede acceder al interruptor automático protector de alta tensión (o interruptor de carga con fusibles).
- El tipo y la ubicación del centro de transformación se acuerdan entre el consumidor y la empresa suministradora.