ORIGINAL

Cálculo de un alimentador con cargas monofásicas y trifásicas conjuntamente

Armando Carrión Tejera

Calculation of a feeder with single-phase and three-fase loads together

RESUMEN

Existen múltiples métodos de cálculo de una línea de baja tensión, más o menos aproximados, al ser diversos los parámetros que influyen en el cálculo: sistema de instalación, variabilidad de cargas y otros. En general, y dado que se trata de un cálculo aproximado, en una distribución trifásica, se admite que las cargas monofásicas se van repartiendo entre las tres fases, aunque no sea así. Generalmente, las cargas monofásicas no están repartidas de un modo racional entre las tres fases, y puede darse el caso de que la caída de tensión (c.d.t.) en punta del alimentador disminuya al colgar otra carga monofásica en un punto determinado del propio alimentador.

Recibido: 12 de marzo de 2012
Aceptado: 15 de noviembre de 2012

ABSTRACT

There are multiple methods of calculation of a low voltage line, more or less approximate, being various parameters those influencing the calculation: system installation, load variability and others. In general, given that this is a rough estimate, in a distribution three-phase, it is recognized that single-phase loads are spreading among the three phases, although it is not. Generally, single-phase loads are not distributed rationally between the three phases and may be the case that the voltage drop (v.d.) pointed feeder was hanging lower than other single-phase load at a given point of the feeder itself.

Received: March 12, 2012
Accepted: November 15, 2012

Palabras clave
Caída de tensión, alimentador, baja tensión, carga monofásica, carga trifásica, electricidad

Keywords
Voltage drop, feeder, low voltage, single-phase load, three-phase load, electricity

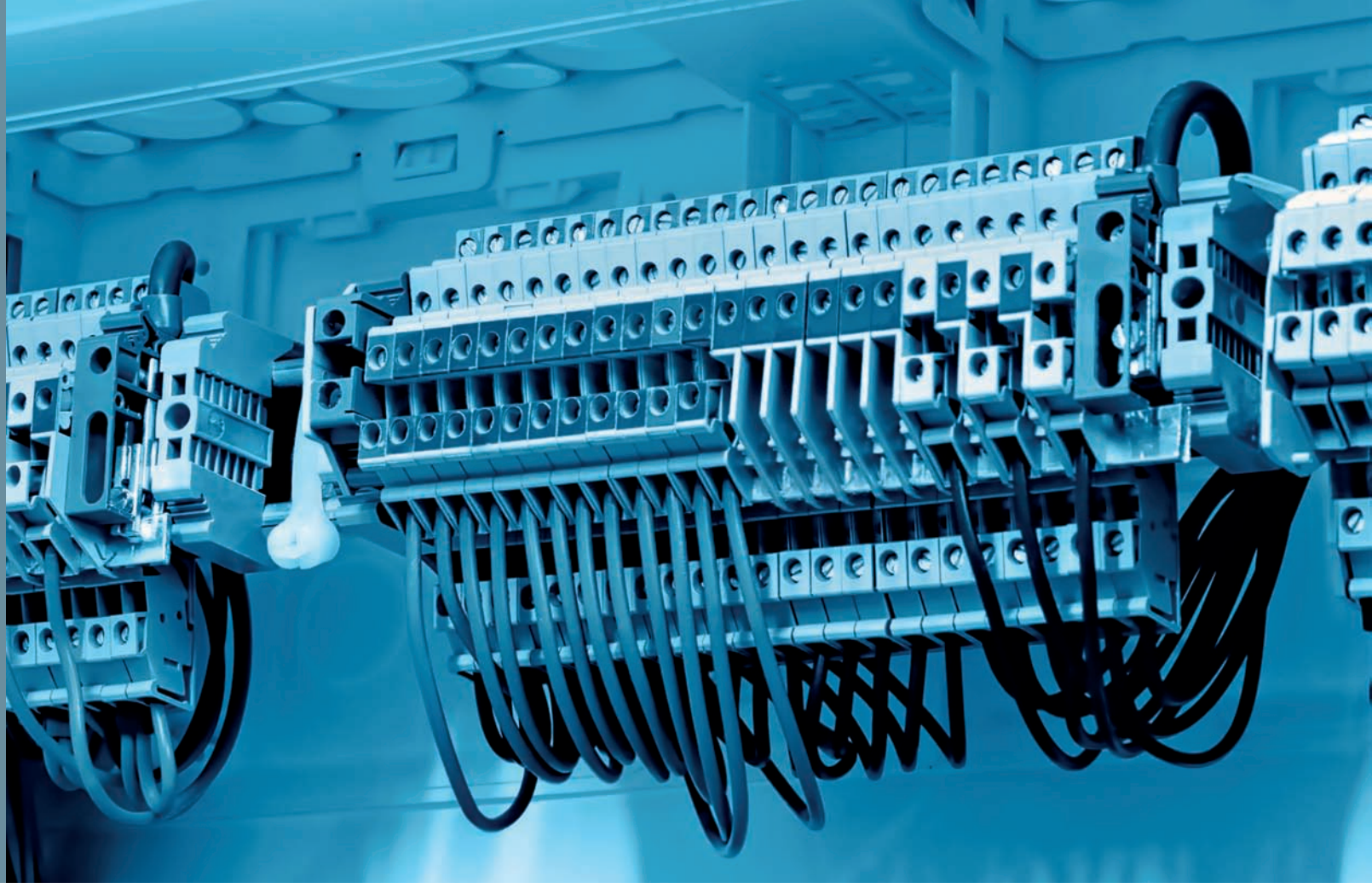

Foto: Shutterstock

El Real Decreto 842/2002 edita el actual Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como sus correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT). En el artículo 29 del mencionado reglamento, se señala la elaboración de una Guía Técnica para aplicación práctica de lo previsto en el mismo. Tal guía técnica se va actualizando sucesivamente por el Ministerio de Industria Energía y Turismo, de acuerdo con las necesidades que van apareciendo con la evolución técnica.

En el anexo 2 de la indicada guía, *Cálculo de caídas de tensión*, se expone un procedimiento rápido de cálculo que para los casos generales se supone suficientemente preciso, realizando dicho cálculo cuando se trata de una carga monofásica, o bien trifásica, pero no cuando sobre el sistema actúan cargas de ambas características conjuntamente. En este caso, el reparto de corrientes, y en consecuencia, sus respectivas caídas de tensión en cada conductor de fase (y de neutro) no lo cubre el método propuesto.

Como alternativa a lo indicado y siguiendo nuestra particular opinión, exponemos un método con ayuda de una hoja de cálculo de uso corriente.

Volviendo a la presentación inicial, y como aclaración de ideas, veamos a modo de ejemplo el siguiente caso:

Supongamos un alimentador *(feeder)* A-B según la figura 1a, del que *cuelgan* dos cargas monofásicas en B y en C, (de igual valor para mayor sencillez y con las secciones de fase y neutro iguales), alimentadas desde las fases R y S, respectivamente. La caída de tensión motivada por la carga en B sería:

$$e_R = K.(I.L_B+I.L_B) = 2.K.I.L_B$$

o sea, la que se origina en la fase, más la que se origina en el neutro.

Si ahora añadimos otra carga de iguales características en P (figura 1b), en el tramo de neutro A-P no circula corriente, ya que es la suma geométrica de las tres cargas P, C y B y, en consecuencia, la caída de tensión en la fase R es ahora:

$$e_R = K.[I.L_B+I.(L_B-L_P)] = 2.K.I.L_B-K.I.L_P$$

y, por tanto, la caída de tensión en B es ahora menor en el valor $K.I.L_P$, que cuando no existía la carga P.

Este sencillo ejemplo nos da a entender la influencia que puede tener la distribución de cargas a lo largo del alimentador.

Esto se pone más de manifiesto cuando se trata, por ejemplo, de una distribución de alumbrado exterior, en el que la mayoría de puntos de carga (puntos de luz) son de características similares y todos funcionan al mismo tiempo.

En una red de distribución resulta más complicado, toda vez que las cargas pueden variar con el tiempo, indistintamente unas de otras.

Aunque, afortunadamente, en nuestro país, los instaladores suelen ser bastante eficientes a la hora de ir repartiendo las cargas de un modo más o menos racional, no vendría de más que en el proyecto quedasen bien definidas las fases a las que deberían conectarse cada uno de los puntos de carga en cuestión, como resultado del estudio elaborado por el proyectista. De este modo, se evitarían situaciones que podrían resultar desagradables en el momento de realizar las pruebas iniciales de la instalación.

En general, en una red de baja tensión, las cargas sobre el alimentador principal pueden estar mal repartidas, ya que sobre este *cuelgan* otros ramales secundarios, y sobre estos, otros y así sucesivamente, por lo que resulta más que aconsejable estudiar la distribución de cargas en gabinete, tanteando las distintas posibilidades que se pueden presentar y repartiendo las cargas monofásicas entre cada una de las fases de la mejor forma.

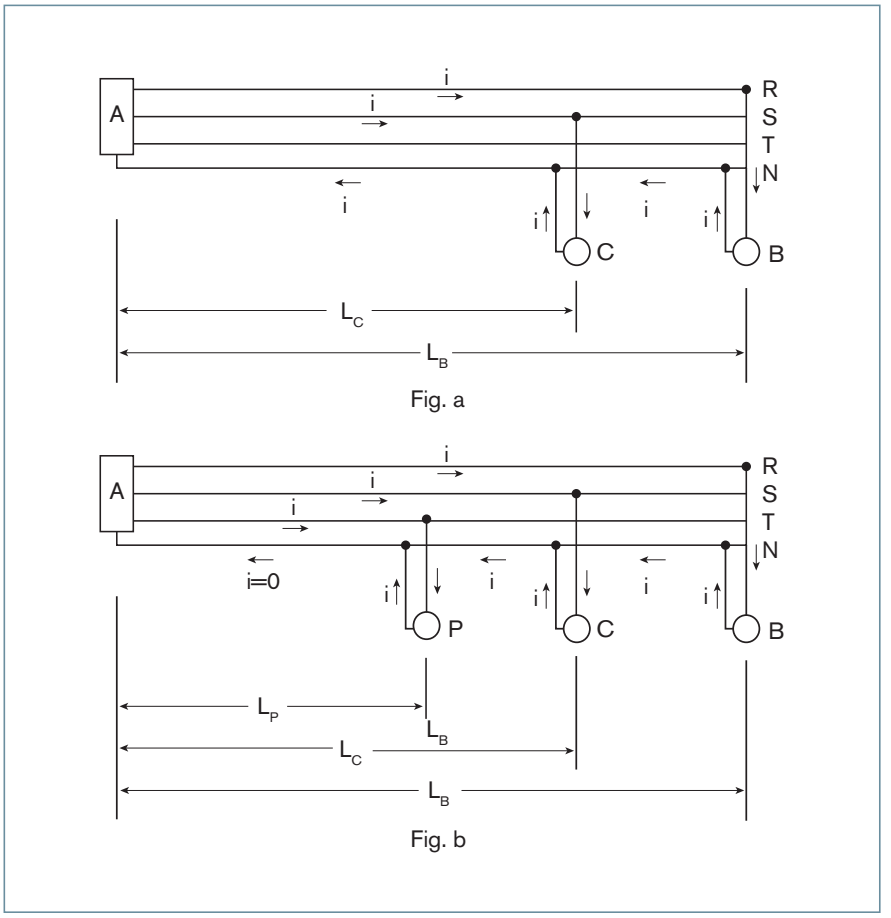

Figura 1. Influencia de la distribución de cargas a lo largo de un alimentador.

A modo de ejemplo, exponemos un sencillo programa realizado sobre una hoja de cálculo que bien podría representar una instalación en una nave industrial en la que funcionan simultáneamente 20 motores monofásicos de 1.600 W cada uno, más otro motor trifásico de 3.000 W, todos ellos alimentados por una misma línea.

En esta hoja se han introducido previamente los valores correspondientes a las tablas que se definen en la UNE-20460-5-523, de tal manera que dispondremos de una base de datos para contrastar en todo momento con los valores obtenidos.

En el cuadro de cálculo adjunto se definen en primer lugar las características propias del sistema de instalación de acuerdo con la norma UNE citada anteriormente. A continuación, se van introduciendo los valores previstos en cada columna. La columna 1 define cada tramo, entre cada punto de carga. Las columnas 2 y 3 sirven para fijar las secciones de fase y neutro a nuestro antojo. En la 4 introducimos la longitud en metros de cada tramo. En la 5 indicamos el número de circuitos agrupados en la misma canalización. En las columnas 7, 12 y 17 definimos cada carga puntual en

Figura 2. Ejemplo de cálculo.

Sistema: B2
Sector: Planta baja
Circuito: C2
Instalación: B2 "(UNE 20460-94/5)"
(multiconductor en tubo sobre pared)

cos φ estimado: 0,9
Naturaleza ctor: Cu
Aislamiento: PVC
nº ctres/circuito: 3
Temperatura ambiente: 40 ºC

kt por tª = 40ºC: 1,00 (52-D1)
t^a_{max} de trabajo: 70 ºC
Resistividad a 70ºC 0,022 (ohm.mm²/m)
Impedancia de línea: 0,0239 (ohm.mm²/m)
Tensión (F-N) en el punto C.M.: 230,00 V

TRAMO	SECCION mm² F	SECCION mm² N	L (m)	nº circuitos agrupados	FASES R I_{adm} (A)	R (W) PUNT	R (W) ACUM	R (A)	R cdt (V) TRAM	R cdt (V) ACUM	S (W) PUNT	S (W) ACUM	S (A)	S cdt (V) TRAM	S cdt (V) ACUM	T (W) PUNT	T (W) ACUM	T (A)	T cdt (V) TRAM	T cdt (V) ACUM	NEUTRO I_{adm} (A)	NEUTRO (W)	NEUTRO (A)	NEUTRO cdt (V) TRAM	NEUTRO cdt (V) ACUM	tª (ºC) de trabajo	en la fase
C.M. - 1	35	16	6	1	86		10850	52,42	0,21	0,21		12450	60,14	0,25	0,25	1600	12450	60,14	0,25	0,25	54	1600	7,73	0,07	0,07	54,67	R
1 - 2	35	16	7	1	86	1600	10850	52,46	0,25	0,47		12450	60,21	0,29	0,53		10850	52,47	0,25	0,50	54	1600	7,73	0,08	0,15	54,70	S
2 - 3	35	16	8	1	86		9250	44,78	0,24	0,71	1600	12450	60,29	0,33	0,86		10850	52,53	0,29	0,78	54	2771,3	13,40	0,16	0,31	54,74	S
3 - 4	25	16	12	1	70		9250	44,82	0,51	1,23		10850	52,61	0,60	1,47	1600	10850	52,59	0,60	1,39	54	1600	7,74	0,14	0,45	56,95	S
4 - 5	25	16	7	1	70	1600	9250	44,93	0,30	1,53		10850	52,75	0,35	1,82		9250	44,96	0,30	1,69	54	1600	7,74	0,08	0,53	57,04	S
5 - 6	25	16	6	1	70		7650	37,20	0,21	1,74	1600	10850	52,83	0,30	2,12		9250	45,02	0,26	1,95	54	2771,3	13,42	0,12	0,65	57,09	S
6 - 7	25	16	2	1	70		7650	37,24	0,07	1,81		9250	45,10	0,09	2,21	1600	9250	45,07	0,09	2,03	54	1600	7,75	0,02	0,67	52,45	S
7 - 8	16	10	6	1	54	1600	7650	37,25	0,33	2,15		9250	45,12	0,40	2,62		7650	37,29	0,33	2,37	40	1600	7,75	0,11	0,79	60,94	S
8 - 9	16	10	5	1	54		6050	29,50	0,22	2,37	1600	9250	45,20	0,34	2,95		7650	37,34	0,28	2,65	40	2771,3	13,43	0,16	0,95	61,02	S
9 - 10	16	10	6	1	54		6050	29,53	0,26	2,63		7650	37,44	0,34	3,29	1600	7650	37,39	0,34	2,98	40	1600	7,76	0,11	1,06	54,42	S
10 - 11	16	10	6	1	54	1250	6050	29,57	0,27	2,90	1250	7650	37,49	0,34	3,63	1250	6050	29,61	0,27	3,25	40	1600	7,77	0,11	1,17	54,46	S
11 - 12	16	10	6	1	54		4800	23,48	0,21	3,11	1600	6400	31,41	0,28	3,91		4800	23,52	0,21	3,46	40	1600	7,77	0,11	1,28	50,15	S
12 - 13	10	6	6	1	40		4800	23,51	0,34	3,44		4800	23,59	0,34	4,25	1600	4800	23,54	0,34	3,80	30	0	0,00	0,00	1,28	50,43	S
13 - 14	10	6	6	1	40	1600	4800	23,54	0,34	3,78		4800	23,62	0,34	4,59		3200	15,72	0,23	4,02	30	1600	7,77	0,19	1,47	50,46	S
14 - 15	6	6	6	1	30		3200	15,72	0,38	4,16	1600	4800	23,66	0,57	5,15		3200	15,73	0,38	4,40	30	1600	7,78	0,19	1,65	58,66	S
15 - 16	6	6	6	1	30		3200	15,74	0,38	4,53		3200	15,81	0,38	5,53	1600	3200	15,76	0,38	4,78	30	0	0,00	0,00	1,65	48,34	S
16 - 17	4	4	6	1	23	1600	3200	15,77	0,57	5,10		3200	15,84	0,57	6,10		1600	7,89	0,28	5,06	23	1600	7,79	0,28	1,93	54,23	S
17 - 18	4	4	6	1	23		1600	7,90	0,28	5,38	1600	3200	15,88	0,57	6,67		1600	7,90	0,28	5,34	23	1600	7,79	0,28	2,21	54,30	S
18 - 19	4	4	6	1	23		1600	7,91	0,28	5,67		1600	7,96	0,29	6,95	1600	1600	7,91	0,28	5,63	23	0	0,00	0,00	2,21	43,59	S
19 - 20	4	4	6	1	23	1600	1600	7,92	0,28	5,95		1600	7,97	0,29	7,24		0	0,00	0,00	5,63	23	1600	7,80	0,28	2,49	43,60	S
20 - 21	4	4	6	1	23		0	0,00	0,00	5,95	1600	1600	7,98	0,29	7,53		0	0,00	0,00	5,63	23	1600	7,81	0,28	2,77	43,61	S
SUMAS ->			131			10850	R :	5,95 (V)				12450	S :	7,53 (V)			12450	T :	5,63 (V)			c.d.t.	R-S (V):	11,70		2,94 %	
Simultaneidad de carga η:			1,00				R+N :	8,72 (V)					S+N :	10,30 (V)				T+N :	8,40 (V)			entre	S-T (V):	11,43		2,87 %	
Tensión F-N disponible en 21 ->								221,28 (V)						219,70 (V)					221,60 (V)			fases	T-R (V):	10,03		2,52 %	

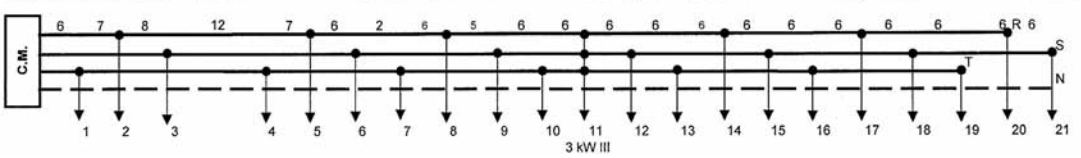

Foto: Shutterstock

W en cada una de las fases que vamos repartiendo según nuestro criterio. En la carga nº 11 trifásica de 3 kW tenemos en cuenta lo especificado en la ITC-BT-47 ep. 3.2 incrementando el 25% su potencia. Y ya no necesitamos introducir más datos puesto que el cálculo se realiza automáticamente.

La intensidad (A) en cada tramo (columnas 9, 14 y 19) la obtiene mediante:

$$I = P_{acum}/(U_{CM}-cdt_{ant})/\cos\varphi$$

La c.d.t. (V) en cada tramo (columnas 10, 15 y 20), la obtiene mediante:

$$c.d.t._{tramo} = I_{tramo}*L_{tramo}*Z_{línea}/S_{tramo}$$

Los valores de las intensidades admisibles y temperatura de trabajo en los conductores, la lee directamente de la propia base de datos volcada desde la UNE-20460-5-523.

Una vez completada definitivamente la tabla, podemos imprimirla y adjuntarla al proyecto correspondiente.

En la figura 2 se muestra un ejemplo de cálculo.

Con la utilización del método propuesto obtenemos las siguientes ventajas:

– Mayor precisión en los resultados al considerar las cargas reales en cada fase y no un reparto supuestamente proporcionado.

– Gran versatilidad de cálculo, pudiendo realizar simulacros por fallos en las cargas previstas.

– Reparto de cargas de forma racional entre las fases, quedando definido en el proyecto cada carga en su respectiva fase R, S, T.

– Indicación de intensidades de corriente en fases y neutro de cada tramo del alimentador, comparando, a su vez, con sus respectivos valores admisibles.

– Temperatura de trabajo en la fase de mayor carga.

– Ahorro de tiempo en el cálculo.

– Por tratarse de una hoja de cálculo de uso frecuente, existe la posibilidad de introducir modificaciones y mejoras en la misma, ajustándolas a cada aplicación en concreto.

Bibliografía

BOE (2009). Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Real Decreto 223/2002. Boletín Oficial del Estado de 18 de septiembre de 2009.

Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2003). Guías Técnicas de Aplicación del REBT Anexo 2. Edición de septiembre 2003, primera revisión.

Beeren, Hans von (1936). La escuela del técnico electricista. Tomo 2: Corriente alterna. Editorial Labor, tercera edición.

Aenor (2004). Normas UNE-20460-5-523 - Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables, 6ª edición, noviembre 2004.

Armando Carrión Tejera
armandocate@gmail.com
Perito industrial e ingeniero técnico en electricidad por la E.U.P. de Linares (Jaén). Responsable de oficina técnica durante 15 años en Posteléctrica. Ha colaborado con Asinel en distintos grupos de trabajo y ha dirigido su empresa Carrión Estudios durante 25 años. Está especializado en estudios de líneas eléctricas.