

# Electrotecnia Instalaciones eléctricas

Saturnino Catalán Izquierdo



Saturnino Catalán Izquierdo

# **Electrotecnia**

## Instalaciones eléctricas

EDITORIAL  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Los contenidos de esta publicación han sido revisados por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UPV

Colección Académica

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita: CATALÁN IZQUIERDO, S. (2014) *Electrotecnia. Instalaciones eléctricas*. Valencia: Universitat Politècnica

Primera edición, 2014 (versión impresa)  
Primera edición, 2014 (versión electrónica)

© Saturnino Catalán Izquierdo

© de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València  
*distribución*: Telf.: 963 877 012 / [www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es) / Ref.: 6151\_01\_01\_01

ISBN: 978-84-9048-163-9 (versión impresa)  
ISBN: 978-84-9048-164-9 (versión electrónica)

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación y, en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de la totalidad o de cualquier parte de esta obra sin autorización expresa y por escrito de los autores.

# prólogo

**L**a energía eléctrica se utiliza, en gran medida, como un cómodo intermediario entre las fuentes de energía, localizadas donde se encuentran las fuentes primarias (o donde conviene por otros motivos) y los receptores que la convierten en energía mecánica o de otro tipo en el lugar de consumo. Para que la utilización de la energía eléctrica sea segura y fiable es imprescindible tanto un buen diseño y ejecución de las instalaciones eléctricas, como un adecuado manejo y mantenimiento posterior de todos los elementos.

Los componentes principales de cualquier sistema eléctrico son conocidos: Las *máquinas*, que convierten otras formas de energía en energía eléctrica o viceversa, los *transformadores*, que, mediante las *líneas de transporte y distribución* permiten un transporte económico, y los *receptores* que convierten la energía eléctrica en aquello que conviene en el lugar de consumo. Pero es la adecuada integración de estos elementos con los dispositivos de mando y protección lo que define una instalación eléctrica. Muchos de estos componentes han alcanzado un elevado grado de estandarización y se encuentran disponibles en los catálogos. El proyecto de instalaciones eléctricas se realiza hoy día utilizando herramientas de cálculo conectadas con bases de datos de materiales. Esto permite centrar la atención en lo importante: El diseño de las alternativas existente y el análisis de los resultados para obtener la solución óptima.

Los fundamentos de la Electrotecnia se han estudiado previamente. En este texto se procede a aplicar estos conocimientos al diseño y análisis de instalaciones receptoras, de instalaciones de distribución y de instalaciones de generación que se calculan utilizando herramientas informáticas. También se sintetiza el papel que desempeña cada uno de estos elementos en el sistema eléctrico de potencia en su conjunto y sus repercusiones económicas.

S.Catalán  
Noviembre 2013



# índice

prólogo .....	iii
índice .....	v
bibliografía .....	ix
1. INSTALACIONES RECEPTORAS .....	1
1.- Introducción .....	3
2.- Componentes .....	5
3.- Selección de los receptores .....	6
4.- Previsión de carga .....	9
5.- Selección de los conductores .....	11
5.1.- Sección requerida por calentamiento en régimen permanente .....	13
5.2.- Sección requerida por caída de tensión .....	16
5.3.- Sección del conductor neutro .....	18
5.4.- Identificación de los conductores .....	18
6.- Sobrecargas y cortocircuitos .....	18
6.1.- Determinación básica de la corriente de cortocircuito .....	20
6.2.- Poder de corte .....	21
7.- Protección de las instalaciones .....	22
7.1.- Protección frente a sobrecargas y cortocircuitos .....	22
7.2.- Localización .....	29
7.3.- Protección frente a sobretensiones .....	29
8.- Protección de las personas .....	30
8.1.- Medios de protección .....	30
8.2.- Puestas a tierra .....	31
8.3.- Interruptores diferenciales .....	32
8.4.- Funcionamiento de la protección .....	33
8.5.- Sección del conductor de protección .....	36
8.6.- Otros sistemas .....	36
9.- Particularidades de cada instalación .....	36
10.- Proyecto de instalaciones receptoras .....	38
10.1.- Selectividad .....	40
10.2.- Simbología .....	41
Ejemplos .....	44

Problemas .....	53
Ensayos .....	58
<b>2. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN .....</b>	<b>71</b>
1.- Introducción .....	73
2.- Centros de transformación .....	77
2.1.- Componentes .....	77
2.2.- Ubicación .....	79
2.3.- Diseño y cálculo .....	80
2.4.- Puesta a tierra .....	82
3.- Líneas subterráneas .....	89
3.1.- Componentes .....	90
3.2.- Trazado .....	91
3.3.- Cálculo eléctrico .....	92
3.4.- Puesta a tierra .....	95
4.- Líneas aéreas .....	95
4.1.- Componentes .....	96
4.2.- Trazado .....	98
4.3.- Cálculo eléctrico .....	100
4.4.- Cálculo mecánico .....	102
4.5.- Puesta a tierra .....	108
5.- Seguridad en el trabajo en proximidad .....	108
6.- Proyecto de instalaciones de distribución .....	111
Ejemplos .....	112
Problemas .....	123
Ensayos .....	127
<b>3. INSTALACIONES GENERADORAS .....</b>	<b>133</b>
1.- Introducción .....	135
2.- Generación hidroeléctrica .....	136
3.- Generación térmica .....	140
4.- Generación eólica .....	144
5.- Generación solar fotovoltaica .....	147
Ejemplos .....	149
Ensayos .....	152
<b>4. SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....</b>	<b>153</b>
1.- Introducción .....	155
2.- Operación del sistema eléctrico .....	156

3.- Funcionamiento del mercado .....	158
4.- Suministro y comercialización .....	159
5.- Calidad de servicio .....	160
Ejemplos .....	162
Ensayos .....	164





# bibliografía

Las instalaciones eléctricas, como todas las aplicaciones tecnológicas, están fuertemente condicionadas tanto por la normativa y reglamentación vigente en cada momento como por la disponibilidad de componentes en el mercado. La evolución en ambas facetas es muy rápida en nuestros días, por esto es imprescindible conocer a fondo los principios básicos, que se mantienen en el tiempo, pero, además, es necesario mantenerse actualizado constantemente sobre normas y materiales.

Entre la normativa, reglamentación, recomendaciones e informes técnicos utilizados en esta edición se encuentran:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias
- RD 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión
- RD 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico
- Normas Particulares de las Compañías Distribuidoras: Norma Iberdrola MT 2.03.20, MT 2.11.01, MT 2.11.03, MT 2.51.01, MT 2.31.01, MT 2.41.20 y diversos Proyectos Tipo.
- Recomendación Unesa sobre *Puestas a Tierra para Centros de Transformación*
- Normas: UNE 20 460-5-523, UNE 202002 IN, UNE EN 60898, UNE EN 60947 y UNE-EN 50.086.1
- Ley 54/1997 del Sector Eléctrico

- RD 1955/2000 que regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Publicaciones e informes de Red Eléctrica de España
- Publicaciones e informes del National Energy Technology Laboratory
- Informes de la CNE-CNMC
- Informes OMEL-MIBEL
- Informes de la European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E)
- Publicaciones e informes Unesa
- Documentos AMYS-UNESA
- Cartografía del ICV y del IGN

Y entre la documentación técnica sobre productos y componentes en el mercado se han utilizado datos procedentes de numerosas compañías: ABB, Gamesa, General Electric, General Cable, Himoinsa, Hyundai, Ormazabal, Prysmian, Schneider Electric, Siemens, Simon, TVA, Andritz VA Tech Hydro, Vestas, Voith.

# 1

# INSTALACIONES RECEPTORAS

- 1.-Introducción*
- 2.-Componentes*
- 3.-Selección de los receptores*
- 4.-Previsión de carga*
- 5.-Selección de los conductores*
- 6.-Sobrecargas y cortocircuitos*
- 7.-Protección de las instalaciones*
- 8.-Protección de las personas*
- 9.-Particularidades de cada instalación*
- 10.-Proyecto de instalaciones receptoras*



## 1.- Introducción

Las instalaciones eléctricas permiten la generación, el transporte, la distribución y la utilización de la energía eléctrica de forma segura y fiable. En el diseño y cálculo de las instalaciones se utilizan los conocimientos sobre *Teoría de Circuitos Eléctricos* y de *Máquinas Eléctricas*, pero, además:

- Es necesario aplicar las normas y reglamentos. En el ámbito electrotécnico existen organismos específicos de normalización tales como la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC). Se han promulgado Directivas Europeas cuya finalidad es armonizar tanto las instalaciones eléctricas como los dispositivos eléctricos en los países miembros de la Unión Europea. Para instalaciones en baja tensión la referencia fundamental en España es el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (RBT), sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT) y las normas que declara de obligado cumplimiento. Su campo de aplicación se extiende en corriente alterna hasta tensiones de 1000 V (art.2 RBT). Además, deben considerarse las regulaciones específicas de ámbito territorial más reducido (Comunidad Autónoma, Ayuntamiento) que regulan, en algunas ocasiones, aspectos específicos.
- Los elementos, aunque los modelaremos mediante los componentes ideales que hemos definido (R, L, C, fuentes de potencia) son reales. Los datos básicos de un elemento real son los valores nominales o asignados que aparecen en sus Hojas de Características y en su Placa de Características.
- Es necesario realizar aproximaciones: por ejemplo, considerar simplemente mediante una mayoración de la carga la existencia de armónicos debidos a cargas no-lineales o los propios transitorios de conexión de las cargas.

- Es necesario realizar estimaciones: por ejemplo, reducir mediante coeficientes de simultaneidad la carga total para tener en cuenta que todos los receptores no funcionan simultáneamente o aumentar la carga para tener en cuenta las corrientes de arranque o en previsión de futuras ampliaciones.
- Existen multitud de condicionantes no-eléctricos, tanto técnicos como económicos o de otra índole. Por ejemplo: las características ambientales del lugar en el que se ubique la instalación (riesgo de incendio o explosión {ITC-BT 29}, la humedad elevada {ITC-BT 30}, la existencia de atmósferas corrosivas, etc), las características de utilización de la instalación (locales públicos {ITC-BT 28}, instalaciones provisionales o de obra {ITC-BT 33}, etc), la necesidad de simplificar la tipología de materiales, etc.

La consecuencia es que, a diferencia de la *Teoría de Circuitos* y de la *Teoría de Máquinas eléctricas* en la que la solución a un problema es siempre la misma aunque existan multitud de caminos para obtenerla, en las *Instalaciones Eléctricas* la solución casi nunca es única y, aunque existirán unas soluciones mejores que otras, varias soluciones pueden ser excelentes pero distintas.

Los conceptos generales abordados en este capítulo se aplican a todas las instalaciones receptoras independientemente de su tensión de funcionamiento. Sin embargo, aunque existen instalaciones receptoras cuyas cargas funcionan con alta tensión, en este capítulo nos centraremos fundamentalmente de las instalaciones receptoras que entran dentro del ámbito del RBT. La extensión a las instalaciones receptoras para tensiones superiores a 1000 V puede realizarse considerando los materiales y componentes que se estudian en los capítulos siguientes.

## 2.- Componentes

Además de los receptores o cargas que son los encargados de convertir la energía eléctrica en la forma útil de energía que se requiera en cada caso (luz, movimiento, calor, etc), en todas las instalaciones eléctricas receptoras existen:

- **Dispositivos de maniobra:** Interruptores, conmutadores, automatismos {ITC-BT 17}, etc; que permiten conectar y desconectar las cargas.
- **Dispositivos de protección:** Que permiten que la instalación funcione de forma segura para los propios componentes de la instalación {ITC-BT 22 y 23} y para las personas {ITC-BT 24}.
- **Líneas:** Son los cables eléctricos<sup>1</sup> que transportan y distribuyen la energía eléctrica, junto con las conducciones por las que discurren (bandejas, galerías, tubos, etc).
- **Cuadros:** Son los armarios o cajas en las que ubican tanto los elementos de conexión entre distintas líneas<sup>2</sup> como los dispositivos de maniobra y los elementos de protección de las instalaciones y de las personas.

Además, normalmente, también existen elementos de control y de medida, por ejemplo: reguladores, rectificadores e inversores, contadores de energía activa y reactiva, etc.

---

<sup>(1)</sup> Por cable se entiende el conjunto de uno o varios conductores eléctricos aislados con su revestimiento individual, la protección del conjunto y los revestimientos de protección adicional que se dispongan. Además puede tener uno o varios conductores no aislados..

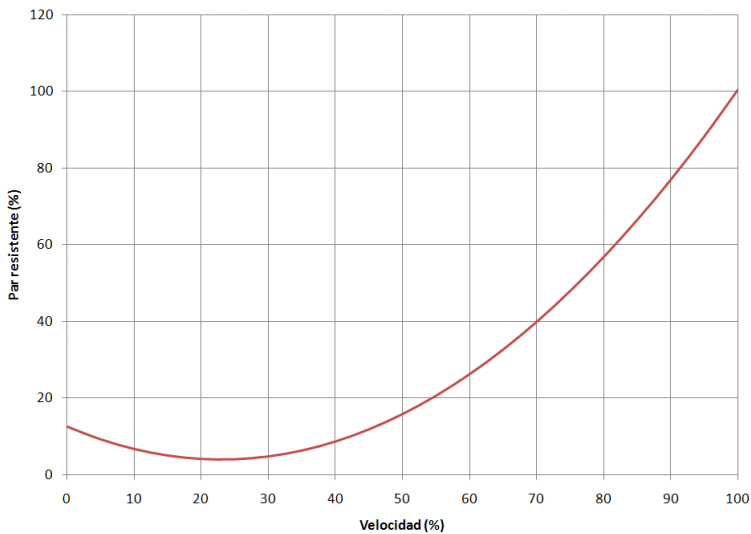
<sup>(2)</sup> Las líneas no pueden tener conexiones (o empalmes) fuera de los cuadros dispuestos para esta finalidad.



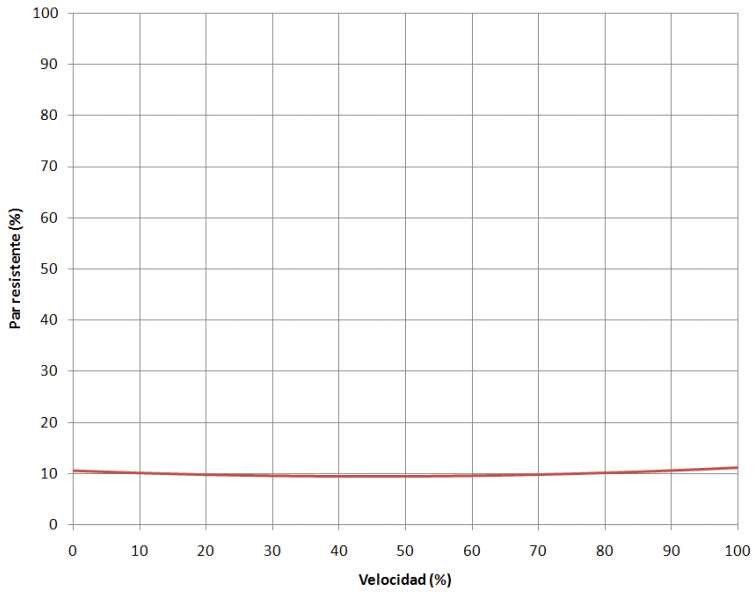
### 3.- Selección de los receptores

Las cargas eléctricas de una instalación receptora pueden ser de muchos tipos. Algunos muy frecuentes son:

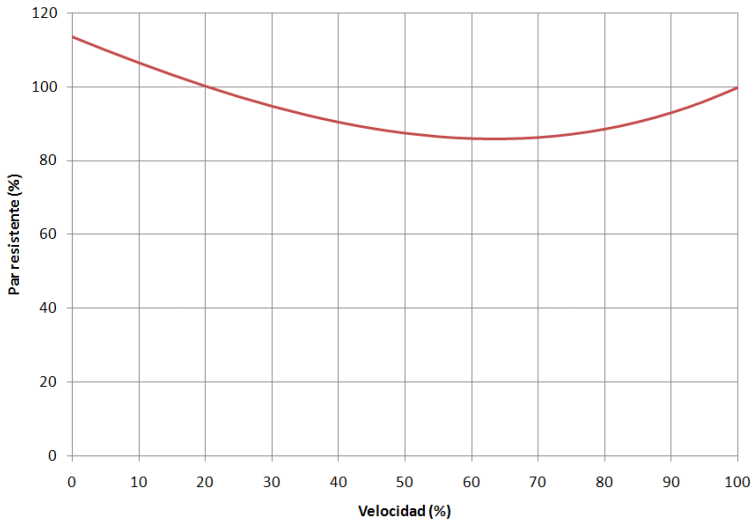
- **Elementos calefactores resistivos:** Su potencia está determinada por la potencia calorífica requerida. Si son de escasa potencia se conectarán en forma monofásica, si son de elevada potencia se conectarán en forma trifásica.
- **Motores:** Todas sus características eléctricas (incluida su potencia) pueden estar definidas inicialmente o, en caso contrario, necesitar ser definidas a partir de los datos del elemento que deban accionar. Para esto, es necesario conocer la curva par-velocidad del elemento a accionar y los demás requisitos de funcionamiento.



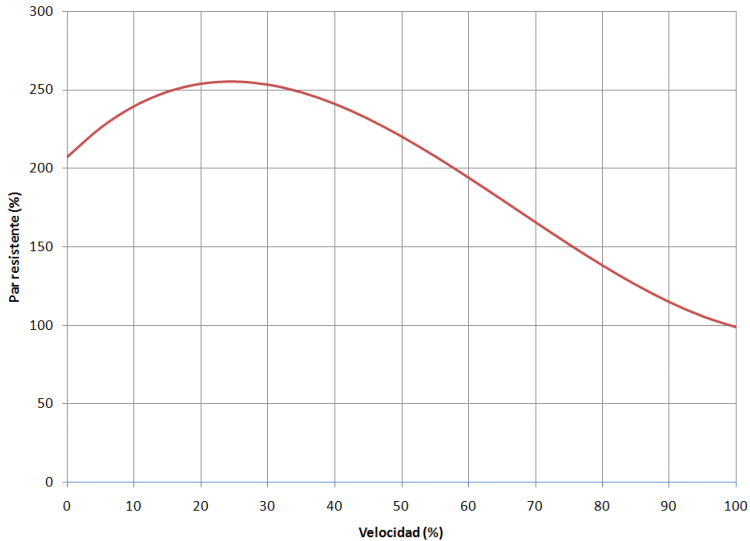
*El par aumenta con el cuadrado de la velocidad:  
Ventiladores, bombas, compresores*



*El par es constante y pequeño porque la carga se aplica tras alcanzar la velocidad nominal: Prensas, taladradoras, etc*



*El par varía poco durante todo el arranque:  
Cintas transportadoras, elevadores, ascensores y grúas.*



*Par elevado durante todo el arranque, incluso sensiblemente superior al par nominal: Molinos, centrifugadoras, etc*

Los motores provocan elevadas corrientes de arranque, si no se disponen sistemas de arranque que la reduzcan tales como: arrancadores suaves (reguladores de tensión que se utilizan tanto para las de continua como para las de alterna), variadores de frecuencia y arrancadores estrella-triángulo (que se utilizan para las de alterna) entre otros sistemas.

- **Elementos de alumbrado:** Su potencia y ubicación está determinada en el proyecto luminotécnico. Si hay un número suficientemente elevado de lámparas se dispondrán repartidas equilibradamente en forma trifásica. Puede ser:
  - **Con lámparas incandescentes** o bombillas: Tienen comportamiento resistivo. La variación de la resistencia del filamento con la temperatura provoca corrientes de conexión muy superiores a la nominal durante algunos milisegundos.

- **Con lámparas de descarga:** Para funcionar requieren un conjunto de equipos auxiliares que incluyen bobinas por lo que su comportamiento es, normalmente, resistivo-inductivo. Los dispositivos de mejora del factor de potencia suelen disponerse junto a las lámparas. La mayoría de las lámparas de alta intensidad lumínica consumen una corriente de arranque superior a la nominal durante varios minutos y, además, provocan corrientes armónicas.
- **Con LED:** Su comportamiento es resistivo, pero funcionan con corriente continua.

Algunas de estas cargas, para funcionar, requerirán de la utilización de convertidores, de reguladores o de transformadores que también deberán ser seleccionados.

Como los motores, las lámparas de descarga, los transformadores y las líneas consumen potencia reactiva, resulta conveniente considerar la mejora del factor de potencia de la instalación mediante baterías de condensadores. Las baterías de condensadores pueden ser fijas o regularse automáticamente para mantener un determinado factor de potencia. Pueden conectarse junto a cada uno de los receptores, centralizarse en el punto de suministro de energía a la instalación o soluciones intermedias. La existencia de receptores que provoquen corrientes armónicas puede requerir la instalación de filtros junto con las baterías de condensadores.

#### 4.- Previsión de carga

Existen receptores cuyo consumo de potencia o de corriente, mientras se alimenten a su tensión y frecuencia nominal, es invariable (por ejemplo: las lámparas, las estufas, etc) pero también existen otros cuyo consumo depende de las condiciones de utilización (por ejemplo: el consumo de los motores depende de la carga mecánica que deban mover). El RBT indica que, independientemente de esto, para diseñar y calcular una instalación eléctrica, se asume que las cargas operarán en

condiciones nominales. Así, los datos fundamentales para realizar la previsión de la carga que demandará una instalación son la potencia (o la corriente) y el factor de potencia que aparecen en la placa de características de cada receptor.

Estos valores de placa deben mayorarse para obtener la *potencia de diseño*, en el caso de:

- Las lámparas de descarga (es decir todas excepto las incandescentes o bombillas) para tener en cuenta su corriente de arranque, el consumo de los equipos auxiliares que requieren y los armónicos que producen, conforme a la ITC-BT 44:  $S_{diseño} = 1,8 \cdot P_{lámpara}$
- Los motores de inducción, que son los utilizados mayoritariamente, para tener en cuenta que pueden funcionar en sobrecarga normal, conforme a la ITC-BT 47:  $\vec{S}_{diseño} = 1,25 \cdot \vec{S}_{mayor} + \sum_{\forall i \neq mayor} \vec{S}_i$

Aunque la suma aritmética de las potencias nominales de los receptores o de las potencias mayoradas conforme al RBT proporciona una indicación rápida de la potencia instalada, no debe olvidarse que:

- La potencia nominal puede no coincidir con la potencia eléctrica absorbida. Por ejemplo, en los motores este valor es la potencia mecánica útil y en las lámparas de descarga es únicamente la potencia consumida por la lámpara, sin incluir los equipos auxiliares.
- La potencia eléctrica absorbida es tanto potencia activa como reactiva. Si se considera la potencia aparente en conjunto, la suma deberá ser fasorial.

En general, como no todas las cargas funcionan al mismo tiempo ni a plena potencia, en las líneas que alimentan a varias cargas es posible definir factores de simultaneidad que, para el caso de instalaciones para viviendas y similares, aparecen tabulados en la ITC-BT 10, para otras

instalaciones deben ser valorados por el proyectista<sup>1</sup>. En esta misma instrucción se indican cargas por unidad de superficie para algunas actividades.

El suministro en baja tensión se realiza en Europa, normalmente, mediante redes trifásicas con neutro (230V/ 400V  $\pm 7\%$ , 50 Hz). Los receptores pueden ser monofásicos o trifásicos, pero su tensión y frecuencia nominales, que aparecen en la *hoja de características* y en la *placa de características* de cada receptor, deben coincidir con los valores de la red de alimentación<sup>2</sup>. Considerando la potencia eléctrica consumida, la tensión y el factor de potencia de cada receptor se determina la corriente en cada una de las líneas. A esta corriente se le denomina corriente de diseño ( $I_B$ ).

## 5.- Selección de los conductores

Los conductores utilizados en las instalaciones de baja tensión están formados por el propio conductor (cobre o aluminio<sup>3</sup>, en las líneas interiores y receptoras se utiliza habitualmente cobre) y por el aislante (policloruro de vinilo PVC, poliolefina Z1, etileno-propileno EPR,

---

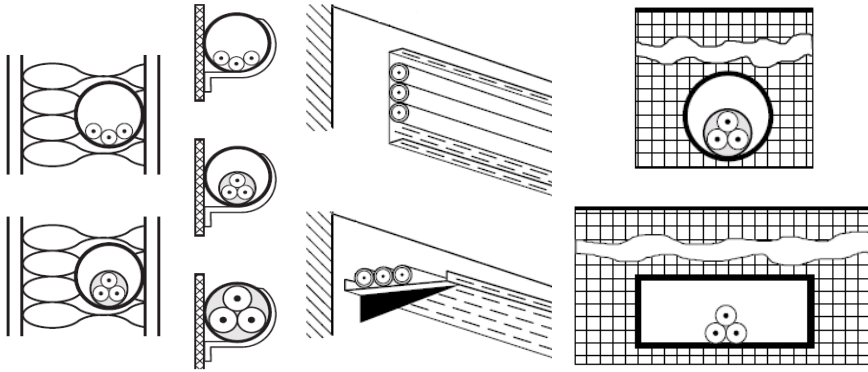
<sup>(1)</sup> Algunos valores habituales son: en alumbrado y climatización  $\approx 1$ , en las tomas de corriente  $\approx 0,1 \dots 0,2$ , si existe un número elevado y motores desde 0,75 hasta 0,6 si hay varios de potencia similar.

<sup>(2)</sup> Debe recordarse que en los receptores trifásicos son, normalmente, posibles tanto la conexión estrella como la conexión triángulo por lo que en la placa de características pueden aparecer dos tensiones nominales de línea y dos corrientes nominales de línea cuya relación es  $\sqrt{3}$ . Análogamente los receptores monofásicos pueden conectarse entre dos fases o entre fase y neutro por lo que también pueden funcionar a su tensión nominal con dos tensiones de línea.

<sup>(3)</sup> El cobre tiene menor resistividad pero es más pesado (pesa el doble para la misma resistencia), por contra el aluminio permite un tendido y una conexión más sencilla en los terminales, que normalmente también son de aluminio.

polietileno reticulado XLPE, etc<sup>1)</sup>) que lo separa eléctricamente de cualquier contacto directo con el exterior.

Las líneas eléctricas se pueden instalar de diversas formas: sobre bandejas, en la superficie de la pared o empotrados en su interior, directamente enterrados, en el interior de tubos o en conductos subterráneos, etc. La forma de instalación determina en gran medida la disipación de calor que puede realizar el cable.



*Algunos métodos de instalación recogidos en la norma UNE 20 460-5-523*

La sección requerida se determina atendiendo a:

- Que presente una robustez mecánica adecuada a las condiciones de instalación.
- Que no se supere la temperatura máxima que puede soportar el aislante.
- Que no se supere la caída de tensión máxima admisible por los receptores.

---

<sup>(1)</sup> El PVC ha sido, y es, extensamente utilizado, pero los otros aislantes permiten mayor temperatura de utilización (90°C en vez de 70°C en régimen permanente), son más robustos mecánicamente (XLPE) o más flexibles (EPR). El aislante, incluyendo las armaduras de protección mecánica que en ocasiones se le incorporan, es el elemento que determina el campo de aplicación, las condiciones ambientales en las que puede trabajar un conductor y las tablas de aplicaciones que facilitan los fabricantes de conductores son siempre una excelente guía.

La robustez mecánica requerida depende de las condiciones de utilización, de que el conductor se encuentre protegido dentro de un tubo, etc. El RBT indica los valores mínimos, por ejemplo: la ITC-BT 06, para redes aéreas, y la ITC-BT 14, para la línea general de enlace, indica 16 mm<sup>2</sup> para aluminio y 10 mm<sup>2</sup> para cobre; la ITC-BT-09, para redes de alumbrado, indica 6 mm<sup>2</sup> para instalación subterránea, 4 mm<sup>2</sup> para instalación aérea y 2,5 mm<sup>2</sup> en el interior de los apoyos.

Las otras dos condiciones pueden verificarse en distintas situaciones (en el momento del arranque de los receptores, en cortocircuito, en régimen permanente, etc) el RBT considera fundamentalmente las siguientes:

### **5.1.- Sección requerida por calentamiento en régimen permanente**

No puede superarse una temperatura máxima en el conductor en régimen permanente, que depende del aislante elegido. Esta temperatura es función de la corriente que recorre el conductor, de la temperatura ambiente y de las condiciones en las que se ha instalado el conductor<sup>1</sup>, el RBT hace referencia a la norma UNE 20 460-5-523 en la que se encuentran las tablas en las que se indica, en función de estas variables, la corriente máxima por límite térmico que puede transportar cada conductor, incluyendo en la ITC-BT-19, para instalaciones interiores o receptoras, alguna de ellas.

Cuando la temperatura ambiente esperable es distinta de la temperatura estándar para la que se ha obtenido esta tabla o cuando en la misma canalización se disponen varios circuitos y el calor generado en cada uno de ellos contribuye al calentamiento de todos, o cuando, en

---

<sup>(1)</sup> El calentamiento depende de la potencia que se convierte en calor ( $RI^2$ ), de la resistencia térmica y de la capacidad térmica.



instalación subterránea, la profundidad de la instalación o la resistividad térmica del terreno son distintas de los valores estándar para los que se ha obtenido la tabla, la corriente que puede transportar el conductor es distinta de la que aparece en la tabla.

INTENSIDADES ADMISIBLES EN AMPERIOS

Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento															
A1				PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2		PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2								
B1						PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2				PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2						
C							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E								PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F									PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
Cobre	mm <sup>2</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	25		
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	34		
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	46		
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	59		
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	82		
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	110		
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140		
	35	72	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174		
	50	86	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210		
	70	109	118	130	149	160	171	185	199	214	224	244	269		
	95	130	143	156	180	194	207	224	241	259	271	296	327		
	120	150	164	188	208	225	240	260	280	301	314	348	380		
150	171	188	205	236	260	278	299	322	343	363	404	438			
185	194	213	233	268	297	317	341	368	391	415	464	500			
240	227	249	272	315	350	374	401	435	468	490	552	590			
300	259	285	311	360	396	423	481	525	565	630	674	713			
Aluminio	2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-		
	4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-		
	6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-		
	10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-		
	16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	82		
	25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105		
	35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130		
	50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160		
	70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206		
	95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251		
	120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293		
	150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338		
	185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388		
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461			
300	-	-	-	285	313	343	383	400	429	462	494	558			
Método D		Sección mm <sup>2</sup>	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387	
	PVC3	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319	
	XLPE2	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455	
	XLPE3	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380	
Aluminio	XLPE2		70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349		
	XLPE3			58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295	

Intensidades admisibles en condiciones estándar. Para instalaciones al aire (A: en conductos empotrados, B: con tubo o canal protectora sobre una pared o techo, C: con abrazaderas sobre pared o techo, E y F: sobre bandejas perforadas o cable portador): temperatura ambiente 40 °C. Para instalaciones subterráneas (Método D): Temperatura del terreno 25°C, Resistividad térmica del terreno 2,5 K m /W

Los factores por los que hay que multiplicar la corriente por límite térmico estándar ( $I_{Z0}$ ) que aparece en estas tablas para obtener el valor correcto ( $I_Z$ ) en las condiciones reales de funcionamiento se denominan *factores de corrección*:  $I_Z = I_{Z0} \cdot \prod f_{\text{corrección}}$ .

El procedimiento para determinar la sección por calentamiento parte de la corriente de diseño ( $I_B$ ) que es la que demandan los receptores, incluyendo las mayoraciones. El conductor debe poder transportar una corriente ( $I_Z$ ) superior o igual a esta corriente de diseño:

$$I_Z \geq I_B$$

Pero, si las condiciones de funcionamiento no son las condiciones estándar, resulta más cómodo determinar la corriente térmica que debería poder transportar el conductor en condiciones estándar ( $I_{Z0}$ ). Como ( $I_Z$ ) es el producto de la corriente en condiciones estándar ( $I_{Z0}$ ) por los factores de corrección ( $f_{\text{corrección}}$ ) que procedan, esta corriente debe ser  $I_{Z0} \geq \frac{I_B}{\prod f_{\text{corrección}}}$ . Con este valor se puede buscar directamente la sección requerida por calentamiento en las tablas.

No debe olvidarse que, aunque la corriente que recorre un conductor está determinada por la que demandan las cargas que debe alimentar, incluyendo las mayoraciones que procedan, el elemento que limita la corriente que finalmente recorre un conductor es el dispositivo de protección que se instala en el origen de cada línea. En consecuencia, la sección del conductor debe también corresponderse con la corriente que permite este elemento de protección. Para lograr una coordinación sencilla con los datos de corriente que identifican a los elementos de protección, incluyendo sus tolerancias de funcionamiento, la corriente que realmente puede transportar un conductor sin deteriorarse es entre un 45% y un 30% superior a la que aparecen en las tablas<sup>1</sup>.

---

<sup>(1)</sup> 45% se admite en instalaciones domésticas y similares. 30% para instalaciones industriales y similares.

**Para seguir leyendo haga click aquí**