

Configuració de les instal·lacions elèctriques d'enllaç

Eduard Requena Amadas i Antonio Jurado Poza

Instal·lacions de distribució

Índex

Introducció	5
Resultats d'aprenentatge	7
1 Configuració de les instal·lacions elèctriques d'enllaç	9
1.1 Previsió de càrregues per a subministraments en baixa tensió	9
1.1.1 Càrrega total corresponent a un edifici destinat de manera preferent a habitatges	9
1.1.2 Càrrega total corresponent a edificis comercials, d'oficines o destinats a una indústria o diverses	12
1.1.3 Subministraments monofàsics	13
1.2 Instal·lacions d'enllaç	13
1.2.1 Esquemes de la instal·lació d'enllaç	14
1.3 La caixa general de protecció	16
1.3.1 Tipus i característiques de les CGP	16
1.3.2 La ubicació de les CGP	17
1.3.3 Càlcul del nombre de caixes generals de protecció	18
1.4 Caixes de protecció i mesura	19
1.4.1 Tipus i característiques de les CPM	19
1.5 Interruptor general de maniobra	20
1.5.1 Característiques i ubicació de l'interruptor general de maniobra	20
1.6 Línia general d'alimentació	21
1.6.1 LGA i el càlcul de la secció reglamentària del cable	21
1.6.2 Conductors utilitzats	24
1.6.3 Sistemes d'instal·lació	25
1.7 Derivacions individuals	26
1.7.1 Càlcul de secció dels conductors en derivacions individuals (DI)	27
1.7.2 Conductors utilitzats	28
1.7.3 Requisits dels sistemes d'instal·lació	29
1.8 Els comptadors	29
1.8.1 Sistemes d'instal·lació	30
1.8.2 Formes d'instal·lació	31
1.8.3 Instal·lació concentrada de comptadors en un local i en armaris	32
1.9 Tarificació elèctrica	34
1.9.1 Un mercat liberalitzat	34
1.9.2 Estructura de les tarifes elèctriques	35
1.9.3 Tarifes d'últim recurs (TUR)	36
1.9.4 Tarifa social	36
1.9.5 Energia reactiva	37
1.9.6 Facturació	37
1.10 Instal·lacions de posada a terra en edificis	38
1.10.1 Les unions a terra	39
1.10.2 La posada a terra per raons de protecció o funcionals	42
1.10.3 Conductors CPN	42

1.10.4	Conductors d'equipotencialitat	43
1.10.5	Resistència de les preses de terra	43
1.10.6	Preses de terra independents	46
1.11	Control de la potència contractada	46
2	Connexions de servei, reglamentació i normativa	49
2.1	Connexió de servei	49
2.1.1	Tipus de connexions de servei o embrancaments	49
2.1.2	La instal·lació dels embrancaments	53
2.1.3	Característiques dels cables i els conductors	53
2.2	Normativa i reglamentació vigent aplicable	54
2.2.1	Reglament electrotècnic per a baixa tensió	54
2.2.2	Normes de referència: normes UNE i UNE-EN	57
2.2.3	Normes tècniques particulars de les companyies subministradores	58
2.2.4	Disposicions vigents a Catalunya	59
3	Documentació tècnica d'instal·lacions d'enllaç	61
3.1	Representació gràfica i càlcul de les instal·lacions elèctriques d'enllaç	61
3.1.1	La previsió de càrregues	61
3.1.2	Càlculs a les instal·lacions d'enllaç	67
3.1.3	Dimensionament de la instal·lació de posada a terra	81
3.1.4	Representació gràfica d'instal·lacions d'enllaç	85
3.2	Documentació tècnica i posada en servei de les instal·lacions elèctriques d'enllaç	88
3.2.1	Documentació de les instal·lacions	89
3.2.2	Execució i tramitació de les instal·lacions	92
3.2.3	Posada en servei de les instal·lacions	95
3.2.4	Documents i impresos normalitzats requerits per a la posada en servei d'instal·lacions d'enllaç	100
3.2.5	Verificació i mesures dels paràmetres característics d'una instal·lació d'enllaç	101
3.2.6	Verificacions i inspeccions prèvies a la posada en servei de les instal·lacions	111
3.2.7	Normativa general del sector elèctric	116

Introducció

L'ampli ventall d'elements i les característiques d'aquests, que constitueixen una instal·lació elèctrica d'enllaç, com també l'evolució continuada de materials i tecnologies emprades, obliga els instal·ladors autoritzats en baixa tensió a conèixer els principis de funcionament, les característiques dels components, els mètodes d'instal·lació i, també, les normes de referència aplicades.

L'apartat "Configuració, previsió de càrregues i selecció de components d'una instal·lació elèctrica d'enllaç" d'aquesta unitat treballa, primer de tot, les parts que formen una instal·lació d'enllaç, com també les funcions, els tipus, les característiques i les ubicacions de cada element. D'altra banda, en aquest mateix apartat, coneixerem el procediment d'elaboració d'una previsió de càrregues per a un subministrament en baixa tensió. En acabar, també trobarem una anàlisi en detall sobre la manera en què s'estructura la tarifació elèctrica, el procediment amb què es calcula una instal·lació de posada a terra i com s'efectua el control de la potència contractada. Amb aquests continguts es pretén desenvolupar una guia aplicada mitjançant exemples pràctics relatius a les instruccions tècniques complementàries implicades.

L'apartat "Connexió de servei, reglamentació i normativa" de les instal·lacions elèctriques d'enllaç fa un repàs dels articles, les instruccions tècniques complementàries del Reglament electrotècnic de baixa tensió i de les normes i les disposicions administratives vigents.

Aquests dos apartats d'aquesta unitat ens permetran, tot seguint la reglamentació existent, dimensionar les línies de distribució i els centres de transformació que subministren energia en els punts de consum, ja siguin domèstics o industrials, en subministrament monofàsic o trifàsic. D'aquesta forma es tanca el cicle de producció i consum d'energia elèctrica: producció en les diferents centrals, transport mitjançant alta tensió, distribució mitjançant baixa tensió, per al consum posterior en habitatges, comerços, oficines o indústries.

El desenvolupament experimentat per les instal·lacions elèctriques d'enllaç en edificis d'habitatges, comercials, d'oficines o destinats a una indústria o a més, obliga els instal·ladors de baixa tensió autoritzats a consultar els reglaments, les normes de referència, els decrets i els manuals que els permeten fer les operacions necessàries de muntatge i manteniment, i a tenir els coneixements necessaris per fer els càlculs de dimensionament de la instal·lació, les memòries descriptives pertinents i la documentació reglamentària.

L'apartat d'aquesta unitat "Documentació tècnica d'instal·lacions d'enllaç" treballa, en primer lloc, la confecció de la previsió de càrregues atenent al REBT i els requeriments del client; en segon lloc, el càlcul dels paràmetres necessaris pel dimensionament de la instal·lació, i en darrer lloc l'elaboració d'una petita memòria descriptiva amb suport informàtic.

Després s'hi parla de la documentació tècnica de les instal·lacions elèctriques d'enllaç i dels procediments per tramitar-la davant l'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya, i en acabat de la posada en servei d'aquestes instal·lacions; a continuació hi ha les verificacions i les inspeccions preceptives que cal fer abans de posar en servei les instal·lacions d'enllaç, i finalment s'hi fa un repàs a la normativa general del sector elèctric.

Aquesta unitat permetra disposar dels coneixents necessaris per a la projecció i l'execució d'instal·lacions en baixa tensió per a instal·ladors autoritzats de categoria bàsica o especialista.

Resultats d'aprenentatge

En finalitzar aquesta unitat l'alumne/a:

1. Configura instal·lacions d'enllaç, en edificis d'habitatges, oficines i locals comercials i/o industrials, seleccionant els elements que les componen i el seu emplaçament.

- Interpreta un projecte d'instal·lació d'enllaç identificant les característiques dels elements que la componen (caixa general de protecció, conductors de la línia general d'alimentació i derivacions individuals, entre d'altres) i condicions de muntatge.
- Interpreta l'esquema d'un projecte i el dimensionament de la instal·lació d'un doble subministrament.
- Identifica els elements de la instal·lació amb la seva representació simbòlica en els esquemes i la seva ubicació en els plànols.
- Realitza la previsió de càrrega de la instal·lació d'acord amb les prescripcions reglamentàries i els requeriments del client.
- Selecciona l'esquema de la instal·lació d'enllaç adequat a les característiques de l'edifici (unifamiliar, edifici d'habitatges, concentració d'indústries, entre d'altres).
- Realitza els càlculs necessaris per al dimensionament de la línia general d'alimentació i les derivacions individuals.
- Selecciona, de catàlegs comercials, els materials, equips i dispositius que configuren la instal·lació (caixa general de protecció, conductors de la línia general d'alimentació i derivacions individuals, canalitzacions, conjunts de mesura, entre d'altres) a partir dels càlculs realitzats i l'aplicació de la normativa i reglamentació vigent.
- Determina els sistemes d'instal·lació de línies i comptadors i la ubicació d'aquests.
- Especifica les característiques de la instal·lació de posada a terra de l'edifici.
- Elabora la memòria tècnica de disseny utilitzant eines informàtiques.
- Confecciona el pressupost de la instal·lació.
- Aplica el REBT, Normes particulars de les companyies subministradores i disposicions vigents publicades per l'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya relatives a instal·lacions d'enllaç.
- Mostra autosuficiència i seguretat.

1. Configuració de les instal·lacions elèctriques d'enllaç

La instal·lació d'enllaç és el sistema que uneix la caixa o les caixes generals de protecció amb les instal·lacions interiors o receptors d'usuari.

La instal·lació d'enllaç comença al final de la línia d'escomesa, la qual prové de la xarxa de distribució, i acaba en els dispositius de comandament i protecció. El traçat s'ha de fer sempre per llocs d'ús comú.

1.1 Previsió de càrregues per a subministraments en baixa tensió

Les **previsions de càrrega** establertes són els valors teòrics mínims que cal considerar. Per tant, si se sap la demanda real dels usuaris, és necessari utilitzar aquests valors quan siguin superiors als mínims teòrics. Aquesta previsió permet, a més, dimensionar la capacitat de subministrament de les línies de distribució i la potència dels centres de transformació.

Les condicions de previsió de càrrega per a subministraments en BT les fixa la Instrucció tècnica complementària (ITC-BT) núm. 10.

Els valors mínims de previsió establerts per normativa garanteixen la connexió i la utilització segura de tots els aparells receptors utilitzats habitualment, com també els augments de potència futurs que puguin demanar els usuaris sense necessitats de modificar la instal·lació.

1.1.1 Càrrega total corresponent a un edifici destinat de manera preferent a habitatges

La càrrega màxima de potència per habitatge depèn del grau d'electrificació, que pot variar entre el **grau d'electrificació bàsica** i el **grau d'electrificació elevada**.

El **grau d'electrificació d'un habitatge** ha de ser elevat quan es compleixi alguna de les condicions següents:

- La superfície útil de l'habitatge és superior a 160 m².
- Si s'ha previst instal·lar aire condicionat, calefacció elèctrica, sistemes d'automatització o assecadora.

Grau d'electrificació

El grau d'electrificació bàsica ha de permetre utilitzar aparells elèctrics d'ús comú en un habitatge, i el grau d'electrificació elevada corresponen a habitatges amb una previsió d'ús d'aparells electrodomèstics superior a l'electrificació bàsica o amb superfícies útils d'habitatges superiors a 160 m².

- Si el nombre de punts d'utilització d'enllumenat és superior a 30, el de preses de corrent d'ús general és superior a 20, el de preses de corrent dels banys i auxiliars de cuina és superior a 6.
- Altres condicions indicades a la Instrucció tècnica complementària per a baixa tensió núm. 25 (ITC-BT-25).

La ITC-BT-25 defineix les característiques dels circuits independents d'una instal·lació en un habitatge de grau d'electrificació elevada.

Les **condicions de previsió de potència** que fixa el REBT a la Instrucció tècnica complementària per a baixa tensió núm. 10 (ITC-BT-10) són les següents:

- La potència que cal preveure per a noves construccions no ha de ser inferior a 5.750 W a 230 V, en cada habitatge.
- Als habitatges amb grau d'electrificació elevada, la potència que cal preveure no ha de ser inferior a 9.200 W.
- En tots els casos, la potència màxima de la instal·lació, la defineix la intensitat assignada de l'interruptor general automàtic (IGA), segons indica la ITC-BT-25.

A la ITC-BT-10 podeu consultar la taula de coeficients de simultaneïtat per a habitatges.

Pel que fa a les tres condicions anteriors sempre cal tenir en compte el següent:

- Les potències abans indicades corresponen a les potències mínimes que cal preveure per a cadascun dels graus d'electrificació i han de ser més grans quan es conegui la previsió de càrrega de l'habitatge i sigui superior als mínims abans esmentats.
- La previsió de càrrega en un grau d'electrificació bàsica, en conseqüència, comprèn teòricament el rang de 5.750 W a 9.199 W, encara que a la pràctica, com que aquesta previsió està condicionada al calibre de l'interruptor general automàtic (IGA), els dos valors possibles són 5.750 W (per a un calibre de 25 A) i 7.360 W (per a un calibre de 32 A).
- En tots dos casos, per tant, la potència que ha de contractar cada usuari depèn de la utilització que faci de la instal·lació elèctrica i pot ser inferior o igual a la potència prevista.

Per **determinar la càrrega total** (P_T) d'un edifici destinat principalment a habitatges cal sumar les potències corresponents a:

- Conjunt d'habitatges (P_H)
- Serveis generals de l'edifici (P_{SG})
- Locals comercials (P_{LC})
- Garatges que en formen part (P_G)

Per tant, ens queda l'expressió següent:

$$P_T = P_H + P_{SG} + P_{LC} + P_G$$

La càrrega total corresponent a diversos habitatges o serveis s'ha de calcular d'acord amb les **càrregues corresponents** al conjunt d'habitatges, als serveis generals, als ascensors i muntacàrregues, als grups de pressió, a l'enllumenat de portal, la caixa d'escala i els espais comuns, i a les càrregues corresponents a locals comercials i oficines, i a garatges.

Càrrega corresponent a un conjunt d'habitatges. Aquesta càrrega corresponent és el producte que s'obté de multiplicar la mitjana aritmètica de les potències màximes previstes a cada habitatge pel coeficient de simultaneïtat.

Per tant, ens queda l'expressió següent:

$$P_V = C \cdot \left(\frac{N \times G_{elec}}{N} \right)$$

Càrrega corresponent als serveis generals. Aquesta càrrega corresponent s'obté de la suma de la potència prevista en ascensors, aparells elevadors, centrals de calor i de fred, grups de pressió, enllumenat de portal, caixa d'escala i espais comuns i en tot el servei elèctric general de l'edifici sense aplicar-hi cap factor de reducció per simultaneïtat (factor de simultaneïtat 1).

Càrrega corresponent a ascensors i muntacàrregues. A la taula 1.1 hi trobareu indicats els valors típics de les **potències d'aparells elevadors** segons especifica la Norma Tecnològica de l'Edificació (NTE), Instal·lacions de Transport amb Elevadors (ITE) i Instal·lacions de Transport amb Ascensors (ITA).

TAULA 1.1. Potències en aparells elevadors

Tipus d'aparell elevador	Càrrega (kg)	Nombre de persones	Velocitat (m/s)	Potència (kW)
ITA-1	400	5	0,63	4,5
ITA-2	400	5	1,00	7,5
ITA-3	630	8	1,00	11,5
ITA-4	630	8	1,60	18,5
ITA-5	1.000	13	1,60	29,5
ITA-6	1.000	13	2,50	46,0

Càrrega corresponent a grups de pressió. És important determinar la potència del grup de pressió necessària per elevar l'aigua a tots els habitatges. En general, es considera que una planta té una alçada de 3 metres.

Per determinar el grup de pressió elevador cal considerar el nombre de preses d'aigua de l'habitatge, que, en general, són unes 17.

Per saber la potència en kW del grup de pressió de l'edifici es pot fer l'estimació que es reflecteix a la taula 1.2.

TAULA 1.2. Estimació de la potència per a grups de pressió

Preses d'aigua	Alçada de l'edifici			
Nombre total	d'1 a 4 plantes	de 5 a 10 plantes	d'11 a 15 plantes	de 16 a 20 plantes
	.	.	.	.

TAULA 1.2 (continuació)

Preses d'aigua	Alçada de l'edifici			
150	1 kW	1 kW	1 kW	1 kW
300	1 kW	1 kW	2 kW	2 kW
450	1 kW	2 kW	4 kW	6 kW
900	2 kW	4 kW	6 kW	6 kW
1.800	2 kW	4 kW	6 kW	8 kW
3.500	4 kW	6 kW	9 kW	11 kW

Càrrega corresponent a enllumenat de portal, caixa d'escala i espais comuns.

Per aquests espais es pot fer una estimació –reflectida a la taula 1.3– segons si l'enllumenat s'efectua amb làmpades d'incandescència o bé de fluorescència:

TAULA 1.3. Enllumenat d'espais comuns

Portal i espais comuns		Escala	
Incandescència	Fluorescència	Incandescència	Fluorescència
15 W/m ²	8 W/m ²	7 W/m ²	4 W/m ²

La càrrega corresponent als serveis generals es pot definir així:

$$P_{SG} = P_{ApEl} + P_{GrPr} + P_{EsCo}$$

Càrrega corresponent a locals comercials i oficines. Aquesta càrrega corresponent es calcula considerant un mínim de 100 W per metre quadrat i planta, amb un mínim per local de 3.450 W a 230 V i un coeficient de simultaneïtat 1.

Càrrega corresponent a garatges. La càrrega corresponent a garatges es calcula considerant un mínim de 10 W per metre quadrat i planta per a garatges amb ventilació natural, i de 20 W per metre quadrat en el cas dels de ventilació forçada, amb un mínim de 3.450 W a 230 V i un factor de simultaneïtat 1.

1.1.2 Càrrega total corresponent a edificis comercials, d'oficines o destinats a una indústria o diverses

En general, la demanda de potència ha de determinar la càrrega que cal preveure en els edificis comercials, d'oficines i destinats a indústria.

La càrrega total no pot ser mai inferior als valors següents:

- **Edificis comercials o d'oficines:** es calcula considerant un mínim de 100 W per metre quadrat i planta, amb un mínim per local de 3.450 W a 230 V i coeficient de simultaneïtat 1.
- **Edificis destinats a concentració d'indústries:** es calcula considerant un mínim de 125 W per metre quadrat i planta, amb un mínim per local de 10.350 W a 230 V i coeficient de simultaneïtat 1.

1.1.3 Subministraments monofàsics

Les empreses distribuïdores estan obligades, sempre que ho sol·liciti el client, a efectuar el subministrament de manera que permeti funcionar qualsevol receptor monofàsic de potència més petita o igual a 5.750 W a 230 V, fins a un subministrament de potència màxima de 14.490 W a 230 V.

Per aquesta raó, a la taula 1.4 hi podeu veure els graons de potència en subministraments monofàsics.

TAULA 1.4. Graons de potència segons el calibre de l'IGA

Grau d'electrificació	Potència contractada en W	Calibre de la IGA en A
Bàsic	5.750	25
Bàsic	7.360	32
Elevat	9.200	40
Elevat	11.500	50
Elevat	14.490	63

1.2 Instal·lacions d'enllaç

La definició, les parts i els esquemes d'una instal·lació d'enllaç les trobareu descrites a la ITC-BT-12.

Les instal·lacions d'enllaç són les instal·lacions que uneixen la caixa general o les caixes generals de protecció, incloent-les, amb les instal·lacions interiors o receptores de l'usuari.

Les **instal·lacions d'enllaç** s'han de situar i han de discórrer sempre per llocs d'ús comú i han de quedar en propietat de l'usuari, el qual s'ha de responsabilitzar de conservar-les i mantenir-les.

Per tenir en compte!

L'embranchement o connexió de servei, que es descriu a la ITC-BT-11, no forma part de les instal·lacions d'enllaç, i és responsabilitat de l'empresa subministradora.

Les **parts bàsiques** d'una **instal·lació d'enllaç** són les següents:

- caixa general de protecció (CGP)
- línia general d'alimentació (LGA)
- elements per a la ubicació de comptadors (CC)
- derivació individual (DI)
- caixa per a l'interruptor de control de potència (ICP)
- dispositius generals de comandament i protecció (DGCP)

1.2.1 Esquemes de la instal·lació d'enllaç

Depenent del tipus d'habitatge (unifamiliar, adossat o xalet, o edifici de diversos usuaris), la **instal·lació d'enllaç** pot estar adreçada a un usuari o a dos –alimentats elèctricament des del mateix lloc–, a diversos usuaris amb comptadors de forma centralitzada en un sol lloc, o a diversos usuaris amb comptadors centralitzats en més d'un lloc.

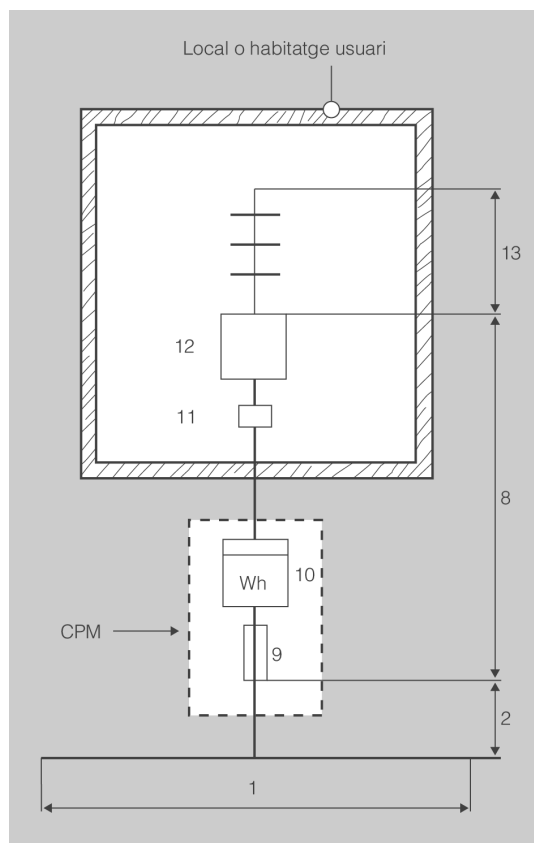
En la instal·lació d'enllaç per a un sol usuari, el fusible de seguretat coincideix amb el fusible de la CGP.

Instal·lació d'enllaç per a un sol usuari. En aquest esquema (figura 1.1), les instal·lacions d'enllaç es poden simplificar, ja que coincideixen al mateix lloc la caixa general de protecció (CGP) i la **situació de l'equip de mesura** (comptador), i perquè, llavors, no hi ha **línia general d'alimentació** (LGA).

La CGP segons la ITC-BT-13

La ITC-BT-13 ens diu que la CGP inclou el comptador, els seus fusibles de protecció i, si escau, el rellotge per a la discriminació horària, que es denomina *caixa de protecció i mesura* (CPM).

FIGURA 1.1. Instal·lació d'enllaç per a un sol usuari

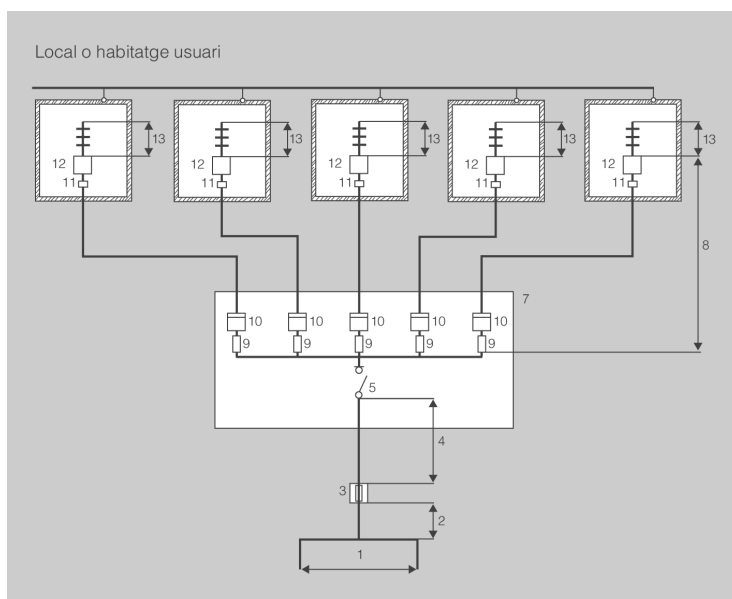


1. Xarxa de distribució; 2. Embranchament; 8. Derivació individual; 9. Fusible de seguretat; 10. Comptador; 11. Caixa per a interruptor de control de potència (ICP); 12. Dispositius generals de comandament i protecció; 13. Instal·lació interior

Instal·lació d'enllaç per a més d'un usuari. Aquest tipus d'instal·lacions d'enllaç s'ha d'ajustar als esquemes que, segons la col·locació dels comptadors, us proposem tot seguit:

- **Dos usuaris alimentats des del mateix lloc.** L'esquema per a un sol usuari es pot generalitzar a dos usuaris alimentats des del mateix lloc; aleshores els fusibles de seguretat coincideixen amb el fusible de la CGP, i d'aquesta manera constitueixen juntament amb l'equip de mesura la caixa de protecció i mesura (CPM).
- **Diversos usuaris amb centralització de comptadors en un sol lloc.** Aquest esquema (figura 1.2) és el que s'ha d'utilitzar normalment en conjunts d'edificació vertical o horitzontal, destinats principalment a habitatges, edificis comercials o destinats a una concentració d'indústries.

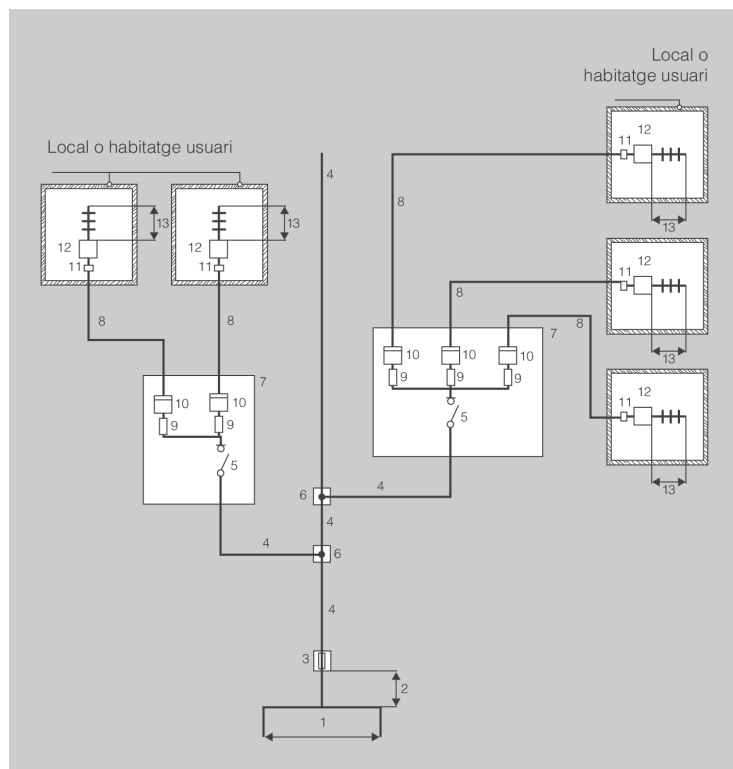
FIGURA 1.2. Instal·lació d'enllaç per a diversos usuaris amb centralització de comptadors



1. Xarxa de distribució; 2. Embranchament; 3. Caixa general de protecció; 4. Línia general d'alimentació; 5. Interruptor general de maniobra; 7. Emplaçament de comptadors; 8. Derivació individual; 9. Fusible de seguretat; 10. Comptador; 11. Caixa per a interruptor de control de potència (ICP); 12. Dispositius generals de comandament i protecció; 13. Instal·lació interior.

- **Diversos usuaris amb centralització de comptadors en més d'un lloc.** Aquest esquema (figura 1.3) cal utilitzar-lo en edificis destinats a habitatges, en edificis comercials, d'oficines o bé destinats a una concentració d'indústries en què la previsió de càrregues faci aconsellable centralitzar els comptadors en més d'un lloc o planta.

FIGURA 1.3. Esquema per a diversos usuaris amb comptadors en forma centralitzada en més d'un lloc



1. Xarxa de distribució; 2. Embrancament; 3. Caixa general de protecció; 4. Línia general d'alimentació; 5. Interruptor general de maniobra; 6. Caixa de derivació; 7. Emplaçament de comptadors; 8. Derivació individual; 9. Fusible de seguretat; 10. Comptador; 11. Caixa per a interruptor de control de potència (ICP); 12. Dispositius generals de comandament i protecció; 13. Instal·lació interior.

La ITC-BT-13 defineix l'emplaçament, la instal·lació, el tipus i les característiques de les CGP i les caixes de protecció i de mesura (CPM).

1.3 La caixa general de protecció

La instal·lació elèctrica d'enllaç de l'edifici comença a la **caixa general de protecció** i representa el límit de la propietat de la instal·lació entre la companyia subministradora i les instal·lacions dels abonats.

La **caixa general de protecció (CGP)** és la caixa o les caixes que allotgen els elements de protecció de les línies generals d'alimentació.

La **caixa general de protecció (CGP)** té com a **funció** protegir la línia general d'alimentació (LGA) contra curtcircuits i sobrecàrregues i, d'aquesta manera, evita que la xarxa de distribució es vegi afectada per avaries provocades per la instal·lació d'enllaç en qüestió.

1.3.1 Tipus i característiques de les CGP

Les **caixes de protecció** es fabriquen de polièster autoextingible, reforçat amb fibra de vidre, de color gris i amb tapes amb cargols de cap triangular d'11 mm

de costat i que tanquen hermèticament.

Hi ha **caixes de protecció** per a una tensió nominal de 400 V, amb les variants de 40, 80, 100, 160, 250 i 400 A.

Com reconèixer el tipus de les caixes de protecció?

Els tipus de les caixes de protecció es designen amb les inicials *CP* seguides d'una xifra numèrica, que indica el tipus de caixa, i d'una d'aquestes lletres:

E: **exterior**, amb grau de protecció mínim de 437.

I: **interior**, amb grau de protecció mínim de 417.

U: caixes **previstes** per a l'entrada de **cable unipolar**.

A dins de les caixes de protecció, cal instal·lar-hi tallacircuits fusibles en tots els conductors de fase o polars, amb poder de tall com a mínim igual al corrent de curtcircuit previst en el punt de la seva instal·lació.

El **neutre** ha d'estar constituït per una connexió amovible situada a l'esquerra de les fases, la caixa general de protecció ha d'estar col·locada en posició de servei, i també ha de disposar d'un **born de connexió** per a la seva posada a terra, si és procedent.

El born de connexió per a la posada a terra ha de ser de classe II (doble aïllament o d'aïllament reforçat).

1.3.2 La ubicació de les CGP

Abans de plantejar quina ha de ser la ubicació de les CGP, cal tenir en compte que els usuaris o l'instal·lador electricista autoritzat només tenen accés i poden actuar sobre les connexions amb la línia general d'alimentació (LGA), i en tot cas han de fer una comunicació prèvia a l'empresa subministradora.

Per tenir en compte

Les normes UNE-EN-ISO –l'acrònim d'*una norma espanyola* (UNE), de *norma europea* (EN) i de l'*Organització Internacional d'Estandardització* (ISO)– o **UNE-EN** normalitzen i estandarditzen els productes i serveis, i constitueixen la normativa de referència per a l'aparellatge elèctric. Algunes s'han de complir obligatòriament i d'altres són només voluntàries.

El significat i explicació dels codis IP i IK es detalla a l'annex 1 de la guia BT (baixa tensió) del REBT.

Segons el tipus d'instal·lació, el lloc en el qual s'ubicaran les CGP ha de complir principalment les normatives següents:

- Les CGP s'han d'instal·lar preferentment sobre les façanes exteriors dels edificis, en llocs d'accés lliure i permanent. La situació l'han de fixar de comú acord la propietat i l'empresa subministradora.
- Quan l'embranchament sigui aeri, es poden instal·lar en muntatge superficial a una alçada entre 3 i 4 metres sobre el sòl.
- Quan es tracti d'una zona en la qual estigui previst passar de la xarxa aèria a subterrània, la CGP s'ha de situar com si es tractés d'un embrancament subterrani.

- Quan l'embranchament sigui subterrani, les CGP s'han d'instal·lar sempre en un nínxol de paret.
- No s'han d'allotjar més de dues CGP en el mateix nínxol, i cal disposar d'una caixa per a cada línia general d'alimentació (LGA).
- En tots els casos, cal procurar que la situació escollida sigui tan a prop com sigui possible de la xarxa de distribució pública i quedi allunyada o, com a mínim, protegida adequadament d'altres instal·lacions com ara les d'aigua, gas, telèfon, etc., segons indiquen les ITC-BT-06 i ITC-BT-07.
- Quan la façana no doni a la via pública, la CGP s'ha de situar en el límit de les propietats públiques i les privades.

Dues consideracions sobre la ubicació de les CGP

Segons la **ITC-BT-11**, quan l'embranchament circuli sobre façana a una alçada inferior o igual a 2,5 metres del sòl, s'ha de protegir amb un tub o canal rígida amb les característiques especificades en aquesta instrucció.

La **ITC-BT-13** descriu les normes relatives a la ubicació de les CGP segons el tipus d'instal·lació.

1.3.3 Càlcul del nombre de caixes generals de protecció

Per calcular el nombre de CGP s'han de tenir en compte els aspectes següents:

- **Potència prevista** en cada centralització.
- **Estructura** més convenient per millorar el nivell de qualitat dels subministraments.
- **Potència punta** prevista en cada LGA.
- **Secció i traçat** de les LGA.

Per norma general, el nombre de CGP és igual a la **potència que s'ha de contractar** de l'edifici dividida entre la potència admissible del tipus de CGP.

$$N_{CGP} = \frac{P_T}{S_{CGP}}$$

en què la **potència admissible** segons el tipus de CGP s'expressa en kVA (**potència aparent**).

Quan el nombre de CGP sigui superior a 2, es poden instal·lar BTV, que redueixen l'espai d'instal·lació de les CGP.

La taula 1.5 indica les intensitats màximes admissibles de les CGP, segons les Normes tècniques particulars de Fecsa-Endesa, i els esquemes d'execució. Cal tenir en compte que l'esquema 9 és el preferent d'aquesta companyia subministradora i que el 7 s'utilitza només amb l'autorització prèvia de Fecsa-Endesa i en els casos en què per les condicions del subministrament, la configuració constructiva de l'edifici, o altres circumstàncies, impossibilitin la instal·lació de les CGP del tipus "Esquema 9".

TAULA 1.5. Intensitats màximes de les CGP

Esquema CGP 9 Intensitats en A				Esquema CGP 7 Intensitats en A			
160	250	400	630	100	160	250	400

1.4 Caixes de protecció i mesura

En el cas dels subministraments per a un únic usuari o dos usuaris alimentats des del mateix lloc, tal com defineix la ITC-BT-12, com que no hi ha LGA, es pot simplificar la instal·lació col·locant en un únic element la CGP i l'equip de mesura, és a dir, la caixa de protecció i mesura (CPM).

Les caixes de protecció i mesura (CPM) tenen la funció de protegir de sobrecàrregues i curtcircuits la derivació individual de l'abonat o dels abonats, i fer la mesura d'energia elèctrica.

1.4.1 Tipus i característiques de les CPM

Les CPM per utilitzar corresponen a un dels tipus recollits en les especificacions tècniques de l'empresa subministradora que hagin estat aprovades per l'administració pública competent, segons el nombre i la naturalesa del subministrament.

Les CPM han de complir tot allò que indica la norma UNE-EN 60.439-1, han de tenir un grau de protecció IP43 i IK09, i han de ser precintables.

Les CPM han de ser de classe II (doble aïllament o aïllament reforçat). L'embolcall ha de disposar de la ventilació interna necessària que garanteixi que no s'hi formen condensacions i el material transparent per a la lectura ha de ser resistent a l'acció dels rajos ultraviolats.

Els components que conformen una CPM –caixa, borns i fusibles– han de complir la norma de producte corresponent.

La ubicació de les CPM

Pel que fa a la ubicació de les CPM es pot aplicar tot el que s'ha dit per a les CGP, llevat que no s'admet el muntatge superficial. A més, els dispositius de lectura dels equips han d'estar instal·lats a una altura compresa entre 0,7 i 1,8 metres.

Els graus de protecció i d'inflamabilitat

El **grau de protecció IP43**, és a dir, el grau de protecció contra els impactes mecànics externs IK08, i el grau d'inflamabilitat s'han de verificar d'acord amb el que estableix la norma **UNE-EN 50298**.

El **grau d'inflamabilitat** ha de ser de **960 $\pm 10^{\circ}\text{C}$** per a les parts que suporten **parts actives**, i de **650 $\pm 10^{\circ}\text{C}$** per a la **resta de parts**.

1.5 Interruptor general de maniobra

L'**interruptor general de maniobra** va sempre associat a les centralitzacions de comptadors de més de dos usuaris i es defineix a la ITC-BT-16 quan hi ha una centralització de comptadors.

La funció de l'**interruptor general de maniobra** consisteix a deixar fora de servei, en cas de necessitat, qualsevol concentració de comptadors i s'ha d'instal·lar obligatòriament per a concentracions de més de dos usuaris.

1.5.1 Característiques i ubicació de l'interruptor general de maniobra

L'**interruptor general de maniobra** és una unitat la instal·lació del qual s'ha de fer en un embolcall de doble aïllament independent i ha de contenir un interruptor de tall omnipolar, d'obertura en càrrega, el qual ha de garantir que el neutre no sigui tallat abans que els altres pols.

Cal instal·lar l'interruptor general de maniobra entre la línia general d'alimentació i l'embarrat general de la concentració de comptadors.

Per tenir en compte!

L'interruptor general de maniobra ha de ser, com a mínim, de 160 A per a previsions de càrrega de fins a 90 kW, i de 250 A per a valors superiors, fins a 150 kW.

Quan hi hagi **més d'una línia general** d'alimentació s'ha de col·locar un interruptor per cada una de les línies.

Quan, en una mateixa instal·lació d'enllaç, s'instal·la més d'un interruptor general de maniobra perquè s'alimentin diferents centralitzacions de comptadors, es recomana que siguin col·locats plegats en la centralització més propera a l'accés dels bombers a l'edifici.

1.6 Línia general d'alimentació

La **línia general d'alimentació** (LGA) és la que enllaça la caixa general de protecció (CGP) amb la centralització de comptadors.

D'una mateixa línia general d'alimentació (LGA) es poden fer derivacions per a diferents centralitzacions de comptadors. Les línies generals d'alimentació (LGA) han d'estar constituïdes pel següent:

- Conductors aïllats a l'interior de tubs encastats, soterrats, en muntatge superficial.
- Conductors aïllats a l'interior de canals protectores la tapa de les quals només es pot obrir amb l'ajut d'un estri.
- Canalitzacions elèctriques prefabricades que han de complir la norma UNE-EN 60.439-2.
- Conductors aïllats a l'interior de conductes tancats d'obra de fàbrica, projectats i construïts a l'efecte.

En els casos dels tubs i de les canals i de la seva instal·lació s'ha de complir el que indica la ITC-BT-21 (sobre instal·lacions interiors o receptores, tubs i canals protectores), però la LGA ha de tenir en compte tot allò que indica la instrucció ITC-BT-14.

Segons el traçat de la LGA i les característiques de l'edifici s'ha de triar el sistema o els sistemes més adequats entre els esmentats.

Per tenir en compte

Quan la forma la instal·lació de la LGA sigui de **conductors aïllats a l'interior de conductes tancats d'obra de fàbrica** no cal que els conductors s'allotgin en tubs o canals protectores, encara que és recomanable. Les canalitzacions, però, han d'incloure en qualsevol cas el **conductor de protecció**.

Únicament en el cas d'**instal·lacions d'enllaç** amb concentració de **comptadors per plantes**, la LGA des de la centralització de comptadors inferior o primera fins a les successives ha d'incloure **obligatòriament** el **conductor de protecció**, el qual s'ha d'ubicar a la **mateixa canalització** que els **conductors actius**.

La ITC-BT-14 detalla tot allò referent a la línia general d'alimentació.

1.6.1 LGA i el càlcul de la secció reglamentària del cable

Per determinar la secció reglamentària d'un cable, s'ha de calcular la secció mínima que compleixi alhora els tres criteris següents:

- El criteri de la **intensitat màxima admissible** o d'escalfament.

El càlcul de les caigudes de tensió el detalla l'annex 2 de la Guia BT.

- El criteri de la **caiguda de tensió**.
- El criteri de la **intensitat de curtcircuit**.

Càlcul segons la intensitat màxima admissible. Per tal d'efectuar aquest càlcul podeu utilitzar la **resistivitat** del material conductor o bé la **conductivitat** (taula 1.6), que és la inversa.

TAULA 1.6. Conductivitat dels materials conductors

Material	Temperatura		
	20°C	70°C	90°C
conductor			
Coure (Cu)	56	48	44
Alumini (Al)	35	30	28

Si utilitzeu la conductivitat, disposeu de les expressions que trobareu a la taula 1.7 segons si es tracta de subministraments monofàsics o bé trifàsics (γ és la conductivitat expressada en $m/(\Omega \cdot mm^2)$).

TAULA 1.7. Formulari per al càlcul de línia general d'alimentació (LGA) i la derivació individual (DI)

Subministraments	Unitats	
monofàsics	trifàsics	
$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$	A
$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e}$	$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e}$	mm^2
$S = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$	$S = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$	mm^2

A les fórmules de la taula 1.7:

- φ és el desfasament entre tensió i corrent expressada en tant per 1
- γ és la conductivitat expressada en Siemens per metre (S/m)
- P és la potència expressada en watts (W)
- L és la longitud expressada en metres (m)
- e és la caiguda de tensió expressada en volts (V)
- U és la tensió nominal de la línia expressada en volts (V)

Càlcul de les caigudes de tensió en valors unitaris. La caiguda de tensió unitària es defineix com la **caiguda de tensió per unitat de longitud del cable i per unitat d'intensitat** que circula pel cable. Es calcula amb l'expressió següent:

$$e_u = \frac{e}{L \cdot I},$$

A on:

- e_u és la caiguda de tensió unitària expressada en volts (V)

- e és la caiguda de tensió expressada en volts (V)
- L és la longitud del conductor expressada en quilòmetres (km)
- I és la intensitat de servei màxima prevista pel conductor i expressada en amperes (A)

Les taules 4 i 5 de l'annex 2 de la Guia BT detallen les caigudes de tensió unitàries segons el nivell de tensió assignada.

Els passos que cal seguir per fer el càlcul. El procediment de càlcul de la secció del conductor utilitzant les taules 4 i 5 de l'annex 2 de la Guia BT és molt simple i només cal seguir els passos següents:

- Calcular la caiguda de tensió unitària reglamentària màxima admissible en unitats (V/A km).
- Per a la temperatura de servei màxima admissible del conductor i per al factor de potència de la instal·lació, heu d'escollir la secció del conductor la caiguda de tensió unitària del qual, segons la taula, sigui inferior al valor reglamentari calculat.
- Es comprova que, per a aquesta secció, el conductor és capaç de suportar la intensitat prevista segons les seves condicions d'instal·lació.

Si voleu fer el càlcul amb una segona iteració, el procés es pot continuar aplicant la temperatura real del conductor de la forma següent:

Consulteu les Activitats de la part web d'aquesta unitat.

- Es comprova si la secció normalitzada inferior és capaç també de suportar la intensitat prevista segons les seves condicions d'instal·lació.
- Es calcula la temperatura real del conductor de secció més petita amb la fórmula:

$$T = T_0 + (T_{max} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{max}}\right)^2,$$

A on:

- T és la temperatura real estimada del conductor i expressada en graus Celsius (°C)
- T_{max} és la temperatura admissible del conductor segons el tipus d'aïllament expressada en graus Celsius (°C)
- T_0 és la temperatura ambient del conductor expressada en graus Celsius (°C)
- I és la intensitat prevista per al conductor expressada en amperes (A)
- I_{max} és la intensitat màxima admissible per al conductor segons el tipus d'instal·lació, expressada en amperes (A)
- Finalment, es comprova segons les taules si, a la temperatura real, el conductor que tingui aquesta secció fa una caiguda de tensió unitària més petita que la reglamentària. En cas contrari, cal utilitzar la secció superior determinada en la primera iteració.

Trobareu especificades les característiques mínimes que han de tenir els cables i els sistemes de conducció a la instrucció ITC-BT-14.

1.6.2 Conductors utilitzats

Els conductors que s'han de fer servir han de complir principalment les característiques següents:

- Han de ser tres de fase i un de neutre, de coure o alumini, unipolars i aïllats, i la tensió assignada ha de ser de 0,6/1 kV.
- Han de ser no propagadors de l'incendi i amb emissió de fums i opacitat reduïda.
- Els tubs i les canals de conducció de cables poden estar fets de PVC o d'altres materials sempre que compleixin la característica de ser no propagadors de la flama segons la norma que correspongui.
- La secció dels cables ha de ser uniforme al llarg de tot el recorregut i sense empalmaments, llevat del cas de les derivacions fetes a dins de les caixes per a l'alimentació de centralitzacions de comptadors.
- La secció mínima ha de ser de 10 mm² en coure i de 16 en alumini.

La caiguda de tensió màxima permesa és:

- del 0,5% per a les línies generals d'alimentació (LGA) destinades a comptadors totalment centralitzats;
- de l'1% per a les línies generals d'alimentació (LGA) destinades a centralitzacions parcials de comptadors.

La intensitat màxima admissible segons el tipus d'instal·lació, el tipus de material conductor (RZ1-K per coure o RZ1-Al per alumini) i la seva secció, la podem comprovar a la taula 1.8 i taula ??, i ens servirà per comprovar que la secció de càlcul suporta el corrent en servei permanent.

TAULA 1.8. Intensitat màxima admissible per a conductors de coure

Tipus d'instal·lació	Secció nominal del conductor (Cu), en mm ² .										
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Tubs encastrats en paret d'obra (1)											
Tubs en muntatge superficial											
Canal protectora											
Conductes tancats d'obra de fàbrica											
	60	80	106	131	159	202	245	284	338	386	455
Tubs soterrats (2)											
	77	100	128	152	184	224	268	304	340	384	440

(1): Segons la taula GTable1: de la ITC-BT-19, mètode B, columna 8, temperatura ambient 40°C. (2): ITC-BT-07 apartat 3.1.2.1 i factor de correcció 0.8 segons apartat 3.1.3.

TAULA 1.9. Intensitat màxima admissible per a conductors d'alumini

Tipus d'instal·lació	Secció nominal del conductor (Al), en mm ² .									
	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Tubs encastrats en paret d'obra (1)										
Tubs en muntatge superficial										
Canal protectora										
Conductes tancats d'obra de fàbrica										
	65	82	102	124	158	192	223	258	294	372
Tubs soterrats (2)										
	78	100	120	144	186	208	236	264	300	344

(1): Segons la taula:GTable1: de la ITC-BT-19, mètode B, columna 8, temperatura ambient 40°C. (2): ITC-BT-07 apartat 3.1.2.1 i factor de correcció 0.8 segons apartat 3.1.3.

A les taules A i B de la instrucció ITC-BT-14 hi trobareu les intensitats màximes admissibles per a conductors de coure i alumini, segons la secció i el tipus d'instal·lació.

La intensitat màxima admissible que cal considerar és la que fixa la UNE 20.460-5-523 amb els factors de correcció corresponents a cada tipus de muntatge, d'acord amb la previsió de potències que estableix la ITC-BT-10, la qual defineix la previsió de càrregues per a subministraments en baixa tensió.

El cas de la secció del conductor neutre

Per a la **secció del conductor neutre** s'ha de tenir en compte el màxim desequilibri que pot preveure's, els corrents harmònics i el seu comportament, segons les proteccions establertes davant de les sobrecàrregues i els curtcircuits que puguin presentar-se.

El **conductor neutre** ha de tenir una secció aproximadament del 50% de la corresponent al **conductor de fase**, i no pot ser inferior als valors especificats a la taula que detalla també els diàmetres dels tubs i les seccions dels cables que s'han d'instal·lar.

1.6.3 Sistemes d'instal·lació

Els sistemes d'instal·lació han de complir les prescripcions que recull en la seva totalitat la instrucció ITC-BT-14 i que són principalment aquestes:

- El traçat de la LGA ha de ser tan curt i rectilini com sigui possible, i ha de discórrer per zones d'ús comú.
- Les dimensions d'altres tipus de canalitzacions han de permetre ampliar la secció dels conductors en un 100%.
- Les unions dels tubs rígids han de ser roscades o embotides de manera que els extrems no puguin separar-se.
- Quan la LGA discorri verticalment ho ha de fer per l'interior d'una canaleta o d'un conducte d'obra de fàbrica encastrat o adossat al buit de l'escala, per llocs d'ús comú.
- El conducte en qüestió ha de ser registrable i precintable a cada planta i s'han d'establir tallafocs.

Dues referències

La instrucció ITC-BT-07 detalla tot allò referent a les xarxes subterrànies per a la distribució en baixa tensió. La norma NBE-CPI-96 és la Norma Bàsica d'Edificació sobre Condicions de Protecció contra Incendis 96.

Les dimensions que han de tenir els tubs segons la secció dels conductors de fase i neutre les trobareu a la taula 1 de la instrucció ITC-BT-14.

- Cal evitar les corbes, els canvis de direcció i la influència tèrmica d'altres canalitzacions de l'edifici.

Casos concrets que cal tenir en compte

Pel que fa a l'execució de les línies generals d'alimentació cal considerar que, quan es tracti de **modificacions** o **substitucions** en edificis ja construïts i no puguin fer-se les canaletes segons els requisits reglamentaris, s'ha de permetre la **instal·lació en muntatge superficial** o **encastat a la paret, sota tub o canal protectora**.

Quan el tram vertical no comuniqui plantes diferents, no cal fer aquest tram en canaleta, sinó que pot anar directament encastat o en superfície, mentre que els conductors han de quedar allotjats sota tub o canal protectora.

1.7 Derivacions individuals

En tots els esquemes d'instal·lacions d'enllaç hi ha derivació individual.

La **derivació individual** és la instal·lació que s'inicia a l'embarrat general i comprèn els fusibles de seguretat, el conjunt de mesura i els dispositius de comandament i protecció.

La **derivació individual** és la part de la instal·lació que, tot partint de la línia general d'alimentació, subministra energia elèctrica a una instal·lació d'usuari.

Normatives i prescripcions sobre derivacions individuals

A la instrucció **ITC-BT-15** hi trobareu la normativa de les instal·lacions d'enllaç sobre les derivacions individuals.

Les prescripcions sobre l'equip de mesura d'energia elèctrica i els seus fusibles de protecció, les trobareu indicades a la instrucció **ITC-BT-16**.

Les derivacions individuals han d'estar constituïdes per conductors amb les mateixes característiques que els utilitzats en la línia general d'alimentació (LGA), exceptuant-ne la tensió assignada, que ha de ser de 450/750 V.

El sistema més adient es tria segons el traçat de la derivació individual i les característiques de l'edifici.

Per tenir en compte!

En cas d'utilitzar canalitzacions elèctriques prefabricades, aquestes han d'incloure el **conductor de protecció**.

1.7.1 Càlcul de secció dels conductors en derivacions individuals (DI)

A fi de calcular la secció dels conductors cal tenir en compte que la demanda prevista per cada usuari ha de ser com a mínim la que fixa la **ITC-BT-10** i que la seva intensitat ha de ser controlada pels dispositius de comandament i protecció.

A efectes de les **intensitats admissibles** per cada secció hem de tenir en compte les indicacions que dona la instrucció **ITC-BT-19**, i en el cas de cables aïllats en tubs soterrats cal tenir present tot el que disposa la **ITC-BT-07**.

La **caiguda de tensió màxima admissible** ha de ser:

- del 0,5% en el cas de comptadors centralitzats en més d'un lloc;
- de l'1% en el cas de comptadors totalment concentrats;
- de l'1,5% en el cas de derivacions individuals en subministraments per a un únic usuari en les quals no hi ha línia general d'alimentació.

Comprovació de la intensitat màxima admissible

A les taules C, D i E sobre intensitats màximes admissibles segons la tensió assignada i l'agrupament (unipolars o multiconductors) publicades en la **ITC-BT-15** hi ha indicades, per a cadascun dels tipus de cables, la intensitat màxima admissible segons la secció del cable i el tipus de la instal·lació.

Si s'escau, s'han d'aplicar els factors de correcció per agrupament de circuits o per temperatura ambient.

En el document ITC-BT-15, a més, hi ha totes les indicacions que cal aplicar per dimensionar els tubs en una derivació individual.

Sobre el càlcul de les derivacions individuals vegeu les activitats que us proposem en el web d'aquesta unitat.

El **procés de càlcul** fa servir les mateixes expressions matemàtiques que s'utilitzen en el càlcul de la LGA i ha de tenir en compte els aspectes següents:

- Càlcul de la intensitat segons la previsió de càrregues.
- Selecció del sistema de canalització i instal·lació, i el nombre i tipus de conductors.
- Càlcul inicial de la secció per caiguda de tensió i per intensitat admissible del conductor.
- Determinació de les dimensions de la canalització.

Les dimensions dels tubs i de les canals protectores

Un cop coneguda la secció dels conductors, s'ha de seleccionar la secció del sistema de canalització (tub o canal protectora) d'acord amb els criteris que s'indiquen a les taules de "Diàmetre dels tubs i secció eficaç mínima en canals protectores segons del conductor" per a subministrament monofàsic (taula F), i per a subministrament trifàsic (taula G) de la **ITC-BT-15**.

1.7.2 Conductors utilitzats

Les característiques dels conductors utilitzats que enumera la **ITC-BT-15** són principalment les següents:

- El nombre de conductors el fixa el nombre de fases necessàries per a la utilització dels receptors de la derivació corresponent i segons la seva potència.
- Cada línia porta un conductor neutre i un conductor de protecció.
- Cada derivació individual ha d'incloure el fil de comandament per permetre aplicar diferents tarifes.
- No s'admet l'ús de conductor neutre comú ni de conductor de protecció comú per a subministraments diferents.
- Els cables no han de tenir empalmaments i la seva secció ha de ser uniforme; en aquest cas s'exceptuen les connexions fetes en la ubicació dels comptadors i en els dispositius de protecció.
- Els conductors que cal fer servir han de ser de coure o alumini, aïllats i normalment unipolars, i la tensió assignada ha de ser de 450/750 V.
- Els cables han de ser no propagadors de l'incendi i amb emissió de fums i opacitat reduïda.
- La secció mínima ha de ser de 6 mm² per als cables polars, neutre i protecció i d'1,5 mm² per al fil de comandament, que ha de ser de color vermell (la taula 1.8 indica els colors que s'assignen als aïllaments dels diferents conductors).

La identificació dels conductors

La ITC-BT-19 "Instal·lacions interiors o receptores", en l'apartat 2.2.4., diu expressament que "els conductors de la instal·lació han de ser identificables amb facilitat, sobretot el conductor neutre i el conductor de protecció. Aquesta identificació s'ha de fer amb els colors que presenten els diferents aïllaments". A la taula 1.10 hi ha els colors que corresponen a cada cas.

TAULA 1.10. Colors dels conductors segons la ITC-BT-19

Conductor	Color
Neutre (o fase que passa a neutre)	blau clar
Protecció	verd-groc
Fase	marró o negre gris (per a tres fases diferents)

1.7.3 Requisits dels sistemes d'instal·lació

De les indicacions detallades que recull la **ITC-BT-15**, en la instal·lació de les derivacions individuals, s'han de complir principalment els punts següents:

- Els tubs i les canals protectores han de tenir una secció nominal que permeti ampliar en un 100% la secció dels conductors inicialment instal·lats.
- Els diàmetres exteriors nominals mínims dels tubs utilitzats en les derivacions individuals han de ser de 32 mil·límetres.
- Per a possibles ampliacions, per cada deu derivacions o fracció es disposa d'un tub de reserva des de la concentració de comptadors fins als habitatges o els locals.
- En edificis d'habitatges, comercials, d'oficines o d'indústries, les derivacions individuals han de discórrer per llocs d'ús comú.
- En un edifici en el qual les derivacions individuals discorren verticalment, les derivacions individuals s'han d'allotjar en una canaleta o conducte d'obra de fàbrica.
- Quan s'han d'efectuar modificacions o substitucions en edificis ja construïts, el muntatge pot ser superficial o encastat a la paret, sota tub o canal protectora.
- Cada 15 metres es poden col·locar caixes de registre precintables, comunes a tots els tubs de derivació individual. S'ha de tenir en compte que a dins d'aquestes caixes no es poden fer empalmaments de conductors.
- Quan una derivació individual es fa amb cables aïllats a l'interior de tubs soterrats, la derivació ha de complir el que indica la **ITC-BT-07** per a xarxes de distribució subterrànies.

1.8 Els comptadors

Els comptadors són uns instruments que permeten a les companyies subministradores d'energia elèctrica saber, segons les tarifes aplicables, el consum dels abonats.

Segons la constitució i funcionament del comptador, n'hi ha de dos tipus: el *comptador electromecànic* o el *comptador multifunció electrònic*.

La instrucció ITC-BT-16 detalla la normativa referent als comptadors, la seva ubicació i instal·lació.

Els **comptadors electromecànics** o els de **multifunció electrònic** són aparells encarregats de mesurar i enregistrar el consum d'energia elèctrica.

Comptador electromecànic. El funcionament del comptador electromecànic o d'inducció es fonamenta en un **wattímetre**.

Quan el corrent elèctric circula per les bobines amperimètriques i voltimètriques es produeixen dos camps magnètics alternatius i desfasats entre si, que, juntament amb la inducció en el disc, provoquen un parell giratori que fa que el disc es mogui.

El gir del disc actua per un cargol sense fi sobre un integrador, que mitjançant una roda dentada, incideix en aquest integrador, el qual incrementa el comptador cada cop que el disc fa un nombre de voltes prefixat.

Comptadors multifunció electrònics. Els comptadors més utilitzats fins ara són els electromecànics o d'inducció, els quals es troben instal·lats tant a l'interior dels habitatges dels usuaris com a les centralitzacions.

En l'actualitat es comencen a instal·lar els comptadors electrònics que no tenen peces o dispositius mòbils, ni mecànics. Són aparells construïts amb circuits electrònics i sistemes de visualització de tipus LCD (pantalles de cristall líquid).

1.8.1 Sistemes d'instal·lació

Els comptadors i altres dispositius per mesurar l'energia elèctrica poden estar ubicats en mòduls (caixes amb tapes precintables), plafons i armaris, però en tot cas sempre han de tenir ventilació interna que permeti evitar possibles condensacions.

Els cables utilitzats a l'hora de fer la connexió són de 6 mm², 450/750 V de tensió assignada, i els conductors de coure de classe 2 segons la UNE 21.022, no propagadors de la flama i amb emissió de fums i opacitat reduïda.

També s'ha de disposar de cablatge pels circuits de comandament i control, que ha de tenir les mateixes característiques que els anteriors però amb una secció d'1,5 mm².

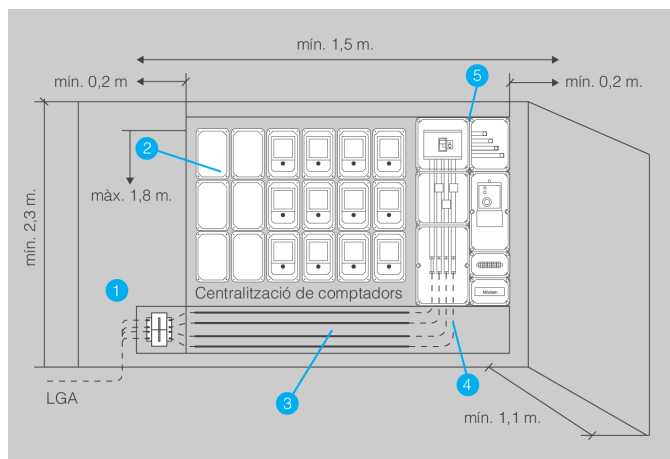
La figura 1.4 reflecteix les característiques d'una centralització de comptadors en local amb les distàncies mínimes reglamentàries.

Generalment, els comptadors s'agrupen en centralitzacions, les quals estan formades per les unitats funcionals següents:

- **Interruptor general de maniobra (IGM)** que té la funció de deixar fora de servei, en cas de necessitat, tota la concentració de comptadors. És obligatòria per a concentracions de més de dos usuaris.
- **Unitat funcional de mesura**, en la qual s'allotgen els comptadors, interruptors horaris i/o dispositius de comandament per a la mesura d'energia elèctrica de tots els abonats.
- **Embarrat general i fusibles de seguretat**, el qual conté l'embarrat general de la concentració i els fusibles de seguretat corresponents a tots els subministraments que hi estiguin connectats.

- **Prolongació de les barres**, les quals es poden fer també amb cables.
- **Embarrat de protecció i borns de sortida**, el qual conté l'embarrat de protecció al qual s'han de connectar els cables de protecció de cada derivació individual, i els borns de sortida de les derivacions individuals. L'embarrat de protecció ha d'estar senyalitzat amb el símbol normalitzat de posada a terra i connectat a terra.

FIGURA 1.4. Centralització de comptadors i distàncies mínimes



1. Interruptor general de maniobra; 2. Unitat funcional de mesura; 3. Embarrat general; 4. Prolongació de les barres; 5. Embarrat de protecció.

De manera opcional, també poden incloure dues unitats més:

- **Unitat funcional de comandament**, la qual conté els dispositius de comandament per al canvi de tarifa de cada subministrament.
- **Unitat funcional de telecomunicacions**, la qual conté l'espai per a l'equip de comunicacions i d'adquisició de dades.

1.8.2 Formes d'instal·lació

La instal·lació dels comptadors en els edificis pot ser *individual* o *concentrada*.

La **col·locació de forma individual** s'utilitza quan es tracta d'un subministrament a un usuari únic i independent o a dos usuaris alimentats des del mateix lloc. La **col·locació en forma concentrada**, en canvi, s'utilitza en el cas d'edificis destinats a habitatges i d'edificis i locals comercials, o d'edificis destinats a una concentració d'indústries.

Una **col·locació individual** ha de complir els requeriments següents:

- S'ha de fer servir la caixa de protecció i mesura del tipus i de les característiques que indica l'apartat 2 de la **ITC-BT-13**, que reuneixi sota un mateix

embolcall els fusibles generals de protecció, el comptador i el dispositiu per a discriminació horària. En aquest cas els fusibles de seguretat coincideixen amb els generals de protecció.

- L'emplaçament de la caixa de protecció i mesura s'ha d'efectuar d'acord amb el que indica l'apartat 2.1 de la ITC-BT-13.
- Per a subministraments industrials, comercials o de serveis amb mesura indirecta, atesa la complexitat o diversitat, la solució que s'ha d'adoptar és la que especifiquen els requisits particulars de l'empresa subministradora.
- L'usuari és responsable del trencament dels precintes que col·loquin els organismes oficials o les empreses subministradores, i de la ruptura de qualsevol dels elements que quedin sota la seva custòdia.

La **col·locació en forma concentrada** ha de reunir les característiques següents:

- Els comptadors i altres dispositius per a la mesura de l'energia elèctrica de cadascun dels usuaris i dels serveis generals de l'edifici es poden concentrar en un lloc o més, i cal preveure per a cada un l'existència a l'edifici d'un armari o d'un local adequat a aquesta finalitat, on s'han de col·locar els diferents elements necessaris per a la seva instal·lació.
- Quan el nombre de comptadors sigui superior a 16 és obligatori ubicar-los en un local.
- Segons la naturalesa, el nombre de comptadors i de les plantes de l'edifici, la concentració de comptadors s'ha d'efectuar de la manera següent:
 - Fins a 12 plantes, els comptadors han d'anar a la planta baixa, l'entresòl o el primer soterrani.
 - En edificis de més de 12 plantes, els comptadors es poden concentrar per plantes i cada concentració comprèn els comptadors de 6 plantes o més.
- Es poden disposar de concentracions per plantes quan el nombre de comptadors en cadascuna de les concentracions sigui superior a 16.

1.8.3 Instal·lació concentrada de comptadors en un local i en armaris

Les concentracions de comptadors es poden instal·lar segons els casos en un *local* destinat a aquesta finalitat o en un *armari*.

Materials de classe M0 i M1

La classe M0 indica que un material no és combustible davant l'acció tèrmica. La classe M1 indica que es tracta d'un material combustible però no inflamable, és a dir que la seva combustió cessa quan no es manté l'aportació de calor exterior.

Instal·lació en un local. Si el nombre de comptadors és superior a 16, és obligatori situar-los en un local dedicat de manera exclusiva i única a allotjar les centralitzacions de comptadors que siguin necessàries i els equips de comunicació i d'adquisició de dades que vulgui instal·lar la companyia elèctrica, com també el quadre general de comandament i protecció dels serveis comuns de l'edifici.

El local ha de complir les condicions de protecció contra incendis que estableix la **NBE-CPI-96** per als locals de risc especial baix i ha de respondre a les condicions següents:

- Ha d'estar situat a la planta baixa, l'entresòl o el primer soterrani, excepte quan hi hagi concentracions per plantes, i en un lloc tan a prop com sigui possible de l'entrada de l'edifici i de la canalització de les derivacions individuals.
- Ha de ser d'accés fàcil i lliure, com ara un portal o un recinte de porteria, i el local mai pot coincidir amb altres serveis.
- No ha de servir mai com a zona de pas ni d'accés a altres locals.
- Ha de disposar de prou ventilació i d'il·luminació per comprovar el bon funcionament de tots els components de la concentració.
- Quan la cota del terra sigui igual o inferior a la dels passadissos o locals limítrofs, cal disposar-hi claveguerons de desguàs que evitin les inundacions del local.
- El local ha de tenir una alçada mínima 2,3 m i l'amplada de la paret ocupada pels comptadors ha de ser d'1,5 m; el primer obstacle que hi hagi davant dels comptadors ha de ser a una distància mínima d'1,1 m i la distància entre la concentració i les seves parets limítrofes laterals ha de ser com a mínim de 0,2 m.
- La porta d'accés s'ha d'obrir cap enfora i ha de tenir una dimensió mínima de 0,7 per 2 m, amb un pany que tingui normalitzat l'empresa subministradora.
- Hi ha d'haver un equip autònom d'enllumenat d'emergència, d'autonomia no inferior a una hora i amb un nivell mínim d'il·luminació de 5 lux.
- A l'exterior del local i tan a prop com sigui possible de la porta d'entrada, hi ha d'haver un extintor mòbil, d'eficàcia mínima 21B.

Instal·lació en un armari. Si el nombre de comptadors és igual o inferior a 16, a més de poder-se instal·lar en un local, la concentració de comptadors es pot ubicar en un armari destinat de manera única i exclusiva a aquesta finalitat. L'**armari** on s'ha de fer la instal·lació ha de reunir les característiques següents:

- La situació a l'edifici ha de ser la mateixa que en el cas d'una instal·lació en un local.
- No ha de tenir bastidors intermedis que dificultin la instal·lació o la lectura dels comptadors i d'altres dispositius.
- Des de la part més sortint de l'armari fins a la paret oposada s'ha de respectar un passadís d'1,5 m com a mínim.
- Els armaris han de tenir una característica paraflames mínima PF30.

- Les portes de tancament han de disposar del pany que tingui normalitzat l'empresa subministradora.
- Ha de tenir les mateixes característiques que les d'un local pel que fa a ventilació, il·luminació i l'extintor mòbil.
- S'ha de col·locar una presa de corrent de 16 A amb presa a terra per a serveis de manteniment.

1.9 Tarificació elèctrica

El sistema de tarifes elèctriques és el mitjà amb el qual s'estableix la manera de cobrar als consumidors el subministrament d'energia elèctrica en baixa tensió (BT) i alta tensió (AT).

La tarifa elèctrica és l'import que estan autoritzades a percebre les empreses elèctriques pels subministraments que fan segons el **tipus de subministrament** (si és de BT o AT), la **potència contractada**, el **consum efectuat** i **complements o recàrrecs**.

1.9.1 Un mercat liberalitzat

Amb la finalitat d'adaptar el mercat espanyol al que estableix la Directiva europea 2003/54/CE sobre el mercat interior de l'electricitat, s'ha modificat la Llei 7/2007 del sector elèctric, i s'ha previst la liberalització total d'aquest sector.

Des de l'1 de juliol de 2009, i d'acord amb el Reial decret 485/2009, s'han produït dos canvis importants en la distribució i comercialització d'electricitat:

- L'electricitat ha deixat de ser subministrada per les empreses distribuïdores i passa a ser subministrada, exclusivament, per les **empreses comercialitzadores**. Per això, abans d'aquesta data, s'havia de triar l'empresa comercialitzadora. Si encara era subministrat per una **empresa distribuïdora**, el subministrament va passar automàticament al **comercialitzador d'últim recurs** pertanyent al grup empresarial d'aquesta distribuïdora.
- Les **tarifes regulades** han desaparegut, de manera que es pot triar entre contractar amb una empresa comercialitzadora en mercat lliure a un preu lliurement pactat o acollir-se a la tarifa d'últim recurs (TUR).

En qualsevol cas, aquests canvis no suposen cap alteració en el subministrament

elèctric normal. Únicament canvia la titularitat de l'empresa amb la qual es té el contracte, i que facturarà a partir d'aleshores el consum.

1.9.2 Estructura de les tarifes elèctriques

Les tarifes actualment es componen dels termes següents:

- Tarifes d'accés o peatges (accés de tercers a la xarxa, ATX).
- Import de l'energia subministrada o consumida.
- Complementos o recàrrecs per energia reactiva i excessos de potència.
- Impostos: IE (impost elèctric) i IVA (impost sobre el valor afegit).

Tarifes d'accés o peatges. Les tarifes d'accés es diferencien pels nivells de tensió (BT i AT), i estan constituïdes per un terme de facturació de potència (terme de potència), un terme de facturació d'energia (terme d'energia) i en alguns casos per un terme de facturació d'energia reactiva i d'excessos de potència.

El **terme de potència** és mesura en kW i és la potència base de facturació que l'usuari té contractada amb la companyia elèctrica durant el període de facturació (que sol ser d'un mes) i pel preu del terme de potència que correspongui, segons la modalitat de la tarifa que es tingui contractada en cada període. Aquesta quota s'abona cada mes, es consumeixi o no.

El **terme d'energia** equival a multiplicar el consum efectuat en un mes en kWh (energia activa consumida) pel preu del terme d'energia de la tarifa corresponent a cada període que l'usuari tingui contractat.

A més d'aquests termes que constitueixen la **tarifa bàsica**, es consideren dos complementos a aquesta tarifa, que són per **energia reactiva** i per **excés de potència**. Tots dos termes influeixen en la tarifa bàsica, ja que l'augmenten.

Les **tarifes d'accés o peatges genèriques** són les següents:

- **Tarifa 2.0 A:** tarifa simple, sense discriminació i amb potència contractada inferior o igual a 10 kW.
- **Tarifa 2.0 DHA:** tarifa amb discriminació horària de dos períodes i potència contractada inferior o igual a 10 kW.
- **Tarifa 3.0 A:** tarifa general de tres períodes horaris i més de 10 kW de potència contractada. En aquest cas, la tarifa **punta** és de 18 a 22 h; la **intermèdia**, de 8 a 18 h i de 22 a 24 h, i la **vall**, de 0 a 8 h.

Segons Feccsa-Endesa, empresa comercialitzadora, a Catalunya disposem de les variants que mostra la taula [1.11](#).

TAULA 1.11. Termes de potència i energia amb discriminació horària i sense

Discriminació horària	TUR + 20% de recàrrec	Terme de potència en € per kW i mes	Terme d'energia en € per kWh
Sense discriminació	Tarifa 3.0.1	2,063312	0,141311
Amb discriminació	Tarifa 3.0.1 amb DH	2,063312	Punta: 0,141311 Vall: 0,141311

Per a potència contractada de més de 10 kW

S'ha de tenir en compte que a les tarifes TUR pertanyen la majoria d'abonats.

1.9.3 Tarifes d'últim recurs (TUR)

La **tarifa d'últim recurs (TUR)** és el preu únic que cobren les **comercialitzadores d'últim recurs** als consumidors; és una tarifa única per a tot el territori espanyol establerta per ordre ministerial.

Els consumidors amb dret a acollir-se a la TUR són únicament els consumidors d'energia elèctrica connectats en **baixa tensió** i amb una **potència contractada** igual o inferior a 10 KW. Hi ha dues tarifes TUR segons si es disposa de discriminació horària o no (taula 1.12).

TAULA 1.12. La tarifa d'últim recurs: cost de potència i energia

Tarifa d'últim recurs	Terme de potència en €/kW per mes	Terme d'energia en €/kWh
sense discriminació horària	1,719427416	0,140069
amb discriminació horària	1,719427416	Punta: 0,168743 Vall: 0,060896

Les hores punta i vall varien segons l'època de l'any: a l'hivern l'horari punta s'estén de 12 a 22 h; i a l'estiu, de les 13 h a les 23 h. Pel que fa a l'horari vall, a l'hivern comprèn els intervals entre les 0 h i les 12 h i entre les 22 h i les 24 h; a l'estiu, en canvi, l'horari vall s'estén entre la 1 i les 13 h i entre les 23 i les 24 h

1.9.4 Tarifa social

La **tarifa social** o **bo social** només s'aplica en el cas de les persones físiques amb un subministrament que es destini a l'ús en habitatge habitual i que pertanyin a algun dels col·lectius següents:

- Persones físiques amb una potència contractada inferior a 3kW en el seu habitatge habitual, a les quals se'ls aplicarà automàticament el **bo social**.
- Clients amb edat mínima de 60 anys que percebin una pensió mínima.
- Clients de més de 60 anys que percebin pensions no contributives de jubilació i invalidesa, i beneficiaris de pensions de l'extingida assegurança obligatòria de vellesa i invalidesa.
- Famílies nombroses.

- Famílies amb tots els membres en situació de desocupació.

Per poder acollir-se al **bo social** és necessari tenir la **tarifa d'últim recurs** (TUR) i, per tant, ser client d'una comercialitzadora d'últim recurs.

1.9.5 Energia reactiva

L'energia reactiva té l'origen majoritàriament en els receptors amb components inductius (motors, transformadors i reactàncies d'arrancada per a lluminàries, entre d'altres) i origina un endarreriment del corrent respecte a la tensió d'alimentació. Per tant, en alguns moments la potència originada pel receptor és de signe negatiu, és a dir, flueix del receptor cap a la xarxa de subministrament.

L'energia reactiva, quan circula per les xarxes i instal·lacions, origina pèrdues i inconvenients com els següents:

- Caigudes de tensió a les línies d'alimentació, amb les pèrdues consegüents.
- Reducció de l'energia activa (creada per les resistències) disponible.
- Disminució del rendiment.

Per aquestes raons, s'ha d'intentar reduir al màxim el valor d'aquesta energia fins a valors correctes i idonis, que estan definits pel factor de potència (FP) o $\cos \varphi$, propers a 1.

Factor de potència i la seva correcció El factor de potència FP o el $\cos \varphi$ és el quocient entre la **potència activa** i la **potència aparent**.

$$FP = \cos \varphi = \frac{P \text{ (W)}}{S \text{ (VA)}}$$

Així, un FP per sota de 0,8 suposa un recàrrec en la facturació.

La correcció de l'FP per assolir bons valors es fa amb bateries de condensadors a fi de corregir el factor de potència de tota la instal·lació o amb condensadors independents per a cada receptor inductiu amb un $\cos \varphi$ o FP per sota de 0,8.

La finalitat dels condensadors per corregir l'FP es deu a l'aportació de potència reactiva de signe oposat que redueix la de caràcter inductiu (bobines).

1.9.6 Facturació

La facturació és el procés pel qual el client rep la notificació de l'import total en euros del consum mensual d'energia elèctrica que ha fet.

Fecsa-Endesa, per exemple, té en el seu portal un espai per entendre la factura elèctrica

Les empreses subministradores normalment tenen informació de les factures emeses. Els conceptes principals d'una factura de consum elèctric (figura 1.5) són els següents:

- Període de facturació: normalment mensual o bimensual.
- Tarifa i potència contractada: tarifa 2.0, 3.0... i potència contractada de 2.2 kW, 4.4 kW...
- Preu dels termes de potència i d'energia: segons el BOE (Butlletí Oficial de l'Estat), el terme fix i el terme segons el consum respectivament.
- Evolució del consum dels últims períodes de facturació.

FIGURA 1.5. Facturació al consumidor de la tarifa elèctrica universal

Potència contractada: 2,2 kW		
Tarifa d'accés: 2,0 A		Contracte accés:
Número de comptador:		
Tipus de tarifa		
08016 BARCELONA BARCELONA		
Terme de potència		
Terme d'energia		
Facturació		
PRODUCTE: TARIFA ELÈCTRICA UNIVERSAL		
Concepte	Càlcul	Import (€)
Cost consum	744 kWh × 0,128508 €/kWh	= 95,61
Potència	2,2 kW × 60 × 0,56529 €/kWh i dia	= 7,46
Impost electricitat	103,07 € × 1,05113 × 4,864 %	= 5,27
		Subtotal 108,34
Lloguer d'equips		= 1,07
		Total 109,41
IVA	normal 18% de 109,41	= 19,69
Total factura		129,10 €

1.10 Instal·lacions de posada a terra en edificis

La **posada o connexió a terra** és la unió elèctrica directa, sense fusibles ni cap protecció, d'una part del circuit elèctric o d'una part conductora que no pertany a aquest circuit, mitjançant una presa a terra amb un elèctrode o grups d'elèctrodes soterrats.

Les posades a terra s'estableixen principalment per limitar la tensió que, respecte a terra, puguin presentar en un moment donat les masses metàl·liques, assegurar l'actuació de les proteccions i eliminar o disminuir el risc que suposa una avaria en els materials elèctrics utilitzats.

La instal·lació de **posada a terra** té com a finalitat aconseguir que en el conjunt d'instal·lacions, en els edificis i en les superfícies de terreny properes no apareguin **diferències de potencial perilloses** i, alhora, ha de permetre el pas a terra dels corrents de defecte o dels de descàrrega que tenen origen a l'atmosfera.

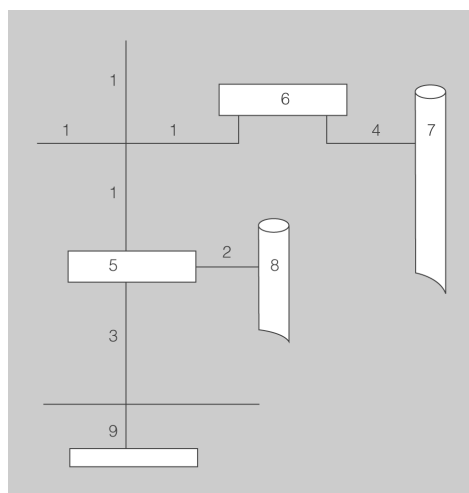
La normativa ITC-BT-18

Quan altres instruccions tècniques del REBT prescriguin com a obligatòria la posada a terra d'algun element o part de la instal·lació, les posades a terra esmentades s'han de regir pel contingut de la ITC-BT-18.

1.10.1 Les unions a terra

A l'hora d'escollir i d'instal·lar els materials que assegurin la posada a terra (figura 1.6) cal tenir present que han de complir aquests requeriments:

FIGURA 1.6. Una instal·lació de posada a terra i les seves parts típiques



1. Conductor de protecció. 2. Conductor d'unió equipotencial principal. 3. Conductor de terra o línia d'enllaç amb l'elèctrode de posada a terra. 4. Conductor d'equipotencialitat suplementària. 5. Born principal de terra o punt de posada a terra. 6. Massa. 7. Element conductor. 8. Canalització metàl·lica principal d'aigua. 9. Presa de terra.

- El valor de la resistència de posada a terra ha de ser segons les normes de protecció i funcionament de la instal·lació, i s'ha de mantenir d'aquesta manera al llarg del temps.
- S'han de tenir en compte els requisits generals que indica la **ITC-BT-24** sobre instal·lacions interiors o receptores i protecció contra contactes directes i indirectes, i els requisits particulars de les instruccions tècniques aplicables a cada instal·lació.
- Els corrents de defecte a terra i els corrents de fuga han de poder circular

sense perill, particularment des del punt de vista de sol·licitacions tèrmiques, mecàniques o elèctriques.

- La solidesa o la protecció mecànica ha de quedar assegurada amb independència de les condicions estimades d'influències externes.
- Han de tenir en compte els possibles riscos a causa d'electròlisi que poden afectar altres parts metàl·liques.

Per a la **presa de terra** es poden utilitzar **elèctrodes** formats pels elements següents:

- barres o tubs;
- platines o conductors nus;
- plaques;
- anells o malles metàl·liques constituïts pels elements anteriors o les seves combinacions;
- armadures de formigó enterrades, exceptuant-ne les armadures pretensades, i
- altres estructures enterrades que es demostrï que són apropiades.

Els conductors de terra. La **secció** dels **conductors de terra** ha de satisfer les mateixes prescripcions que compleixen els conductors de protecció. La secció no ha de ser mai inferior a l'exigida en el cas dels **conductors de protecció**.

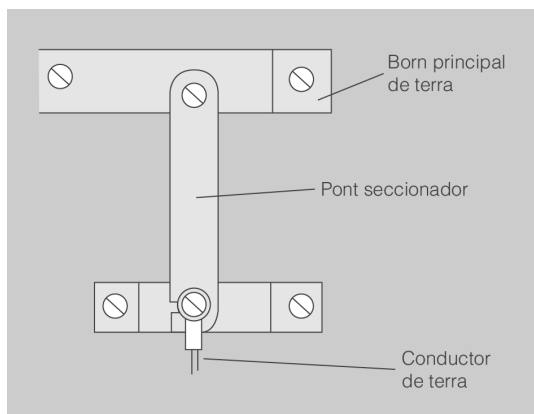
Per tenir en compte!

Durant l'execució de les unions entre conductors de terra i elèctrodes de terra cal **extremar la cura** perquè les unions resultin elèctricament correctes. Cal cuidar de manera especial que les connexions no danyin ni els conductors ni els elèctrodes de terra.

Borns de posada a terra. A totes les **instal·lacions de posada a terra** s'ha de preveure un **born principal de terra**, al qual s'han d'unir (figura 1.7):

- els conductors de terra;
- els conductors de protecció;
- els conductors d'unió equipotencial principal;
- els conductors de posada a terra funcional, si s'escau.

FIGURA 1.7. Exemple d'unió del born principal a un conductor de terra per un seccionador



Conductors de protecció. Els conductors de protecció serveixen per unir elèctricament les masses d'una instal·lació a alguns elements a fi d'assegurar la protecció contra contactes indirectes. A la taula 1.13 hi trobareu indicada quina ha de ser la **secció dels conductors de protecció**.

En tots els casos, els **conductors de protecció** que no formen part de la canalització d'alimentació han de ser de **coure** i han de tenir una **secció** com a mínim de $2,5 \text{ mm}^2$, si els conductors de protecció disposen d'una **protecció mecànica**; i de 4 mm^2 , si els conductors de protecció no disposen d'aquesta protecció mecànica.

TAULA 1.13. Secció dels conductors de protecció en mm^2

Secció dels conductors de fase de la instal·lació	Secció mínima dels conductors de protecció
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Si l'aplicació de la taula 1.13 condueix a valors no normalitzats, cal utilitzar conductors que tinguin la secció normalitzada superior més propera. Els valors d'aquesta taula només són vàlids si els conductors de protecció han estat fabricats amb el mateix material que els conductors actius. Si no és així, les seccions dels conductors de protecció s'han de determinar de manera que presentin una conductivitat equivalent a la que resulta aplicant aquesta taula.

Quan el conductor de protecció sigui comú a diferents circuits cal dimensionar la secció del conductor segons la secció dels conductors de fase que sigui més gran.

Com a **conductors de protecció** es poden utilitzar:

- els conductors amb cables multiconductors;
- els conductors aïllats o nus, que tinguin un embolcall comú amb els

conductors actius;

- els conductors separats nus o aïllats.

Amb els conductors de protecció haurem de tenir en compte les característiques de caràcter prescriptiu següents:

- els conductors de protecció han d'estar convenientment protegits contra deterioraments mecànics, químics i electroquímics i contra els esforços electrodinàmics;
- les connexions han de ser accessibles per a la verificació i els assajos, excepte en les efectuades en caixes estanques;
- cap aparell ha d'estar intercalat al conductor de protecció.

A la ITC-BT-24 trobareu les mesures de protecció que cal adoptar en els esquemes TN, TT i IT.

1.10.2 La posada a terra per raons de protecció o funcionals

Les disposicions de posada a terra poden ser utilitzades alhora o separatament per *raons de protecció*, per *raons funcionals* o una combinació de totes dues segons les prescripcions de la instal·lació:

- Quan es fan servir dispositius de protecció contra sobreintensitats per **raons de protecció** contra el xoc elèctric, ha de ser preceptiu incorporar el conductor de protecció en la mateixa canalització que els conductors actius o en la seva proximitat immediata.
- Les posades a terra **per raons funcionals** han d'assegurar el funcionament correcte de l'equip i han de permetre un funcionament correcte i fiable de la instal·lació.
- Quan la posada a terra sigui necessària alhora per una **combinació de raons de protecció i funcionals**, han de prevaldre les prescripcions de les mesures de protecció.

1.10.3 Conductors CPN

El conductor **CPN** o **PEN** és el conductor posat a terra que assegura, alhora, les funcions de conductor de protecció i de conductor neutre.

A l'esquema TN, quan les instal·lacions fixes al conductor de protecció tinguin una secció com a mínim igual a 10 mm², en coure o alumini, les funcions de **conductor de protecció** i de **conductor neutre** poden ser combinades, si la part

de la instal·lació comuna no està protegida per un dispositiu de protecció de corrent diferencial residual.

Tanmateix, la secció mínima d'un conductor CPN pot ser de 4 mm^2 , a condició que el cable sigui de coure i del tipus concèntric, i que les connexions que assegurin la continuïtat estiguin duplicades en tots els punts de connexió sobre el conductor extern.

1.10.4 Conductors d'equipotencialitat

El **conductor d'equipotencialitat** assegura una connexió elèctrica que posa al mateix potencial, o a potencials pràcticament iguals, les parts conductores accessibles i elements conductors.

El conductor principal d'equipotencialitat ha de tenir una secció no inferior a la meitat de la del conductor de protecció amb la secció més gran de la instal·lació, amb un mínim de 6 mm^2 . Tanmateix, la seva secció pot ser reduïda a $2,5 \text{ mm}^2$ si el conductor és de coure.

1.10.5 Resistència de les preses de terra

L'**elèctrode** s'ha de dimensionar de manera que la seva **resistència de terra**, en qualsevol circumstància previsible, **no sigui superior** al valor especificat per a aquesta, en cada cas.

Aquest valor de resistència de terra ha de ser tal que qualsevol massa no pugui donar lloc a tensions de contacte superiors:

- 24 V en local o emplaçament conductor.
- 50 V en la resta de casos.
- Si les condicions de la instal·lació poden donar lloc a tensions de contacte superiors als valors assenyalats, s'ha d'assegurar l'eliminació ràpida de la falta amb dispositius de tall adequats al corrent de servei.

La **resistència d'un elèctrode** depèn de les seves dimensions, de la seva forma i de la resistivitat del terreny en què s'estableix. Aquesta resistivitat varia freqüentment d'un punt a un altre del terreny, i també varia amb la profunditat.

La **resistivitat** del terreny depèn de la humitat i temperatura, que varien durant l'any. La humitat està condicionada per la porositat i la granulometria del terreny. La resistivitat del terreny varia considerablement a causa de les baixes temperatures, sequedat, salinitat i estratigrafia.

A la guia BT-18 d'instal·lacions de preses de terra, podeu consultar els valors de la resistivitat en els diferents tipus de terrenys.

Tot i que la sequedat del terreny és desfavorable per a la seva conductivitat, es desaconsella instal·lar elèctrodes en zones inundades o que poden ser-ho, com per exemple en els terrenys propers a un riu o a una torrentera.

Per tal d'obtenir una primera aproximació de la resistivitat del terra, els càlculs es poden efectuar utilitzant els valors mitjans de la taula 1.14.

TAULA 1.14. Valors mitjans de la resistivitat, expressats en ohms per metre

Naturalesa del terreny	Valor mitjà de la resistivitat ($\Omega \cdot m$)
Terrenys cultivables i fèrtils, terraplens compactes i humits	50
Terraplens cultivables, poc fèrtils i altres terraplens	500
Terres pedregoses nus, sorres seques permeables	3.000

Els valors mitjans d'aquesta taula permeten calcular de manera aproximada la resistència a terra d'un elèctrode

Tipus d'elèctrodes. Els tipus d'elèctrodes més utilitzats en les instal·lacions de posada a terra són els de placa (figura 1.8), els de pica (figura 1.9) i els conductors enterrats (figura 1.10).

FIGURA 1.8. Elèctrode placa

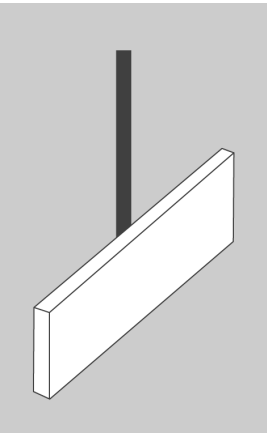


FIGURA 1.9. Elèctrode de pica

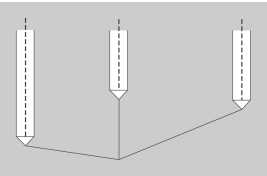
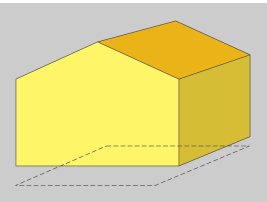


FIGURA 1.10. Elèctrode amb conductor enterrat



Un **elèctrode** és qualsevol massa metàl·lica que, introduïda en el terreny i en contacte permanent amb aquest, facilita el pas a terra de qualsevol càrrega elèctrica.

La taula 1.15 reflecteix aquests tres tipus d'elèctrodes, amb les seves característiques i fórmules de càlcul.

TAULA 1.15. Característiques i expressions de càlcul segons l'elèctrode utilitzat

Tipus d'elèctrode	Característiques	Resistència de pas (Ω)	
Placa enterrada	S'instal·len en posició vertical per millorar el contacte amb el terreny.	Posició vertical:	Posició horitzontal:
	Ofereixen una gran superfície de contacte.	$R = 0,8 \cdot \frac{\rho_a}{P}$	$R = 1,6 \cdot \frac{\rho_a}{P}$
	Acostumen a ser de coure o ferro galvanitzat.		
	La seva superfície útil no pot ser inferior a 0,5 m ² .		
Pica vertical	Les piques de gran longitud poden penetrar en estrats amb resistivitats menors.	Pica individual:	En paral·lel:
	Poden disposar-se en paral·lel mantenint una distància mínima entre si igual al doble de la seva longitud.	$R = \frac{\rho_a}{L}$	$R_T = \frac{R_1}{n}$
Conductor enterrat (horitzontal)	Els conductors es col·loquen embeguts en els fonaments de l'edifici formant un bucle al seu voltant, o en rases, a una profunditat aproximada de 0,8 metres, cobertes de terra per mantenir la humitat.	$R = \frac{2 \cdot \rho_a}{L}$	

En les expressions matemàtiques de la taula 1.15 cal tenir present el següent:

- ρ_a és la **resistivitat aparent** del terreny expressada en ohms per metre (Ωm)
- P és el **perímetre de la placa** expressat en metres
- L és la **longitud de la pica** o del conductor expressada en metres
- R_1 és el valor de la **resistència** de pas d'una sola pica expressat en ohms (Ω)
- n és el nombre de **piques**

1.10.6 Preses de terra independents

Es considera **independent** una presa de terra respecte a una altra, quan una de les preses de terra no assoleixi, respecte a un punt de potencial zero, una tensió superior a 50 V quan per l'altra circula el màxim corrent de defecte a terra previst.

1.11 Control de la potència contractada

A la ITC-BT-17 trobareu les indicacions relatives als dispositius generals i individuals de comandament i protecció, i a l'interruptor de control de potència (ICP-M).

L'interruptor de control de potència (ICP-M) és un dispositiu per controlar que la potència que demana el consumidor no excedeixi realment la contractada, i s'utilitza per a subministraments en baixa tensió i fins a una intensitat de 63 A.

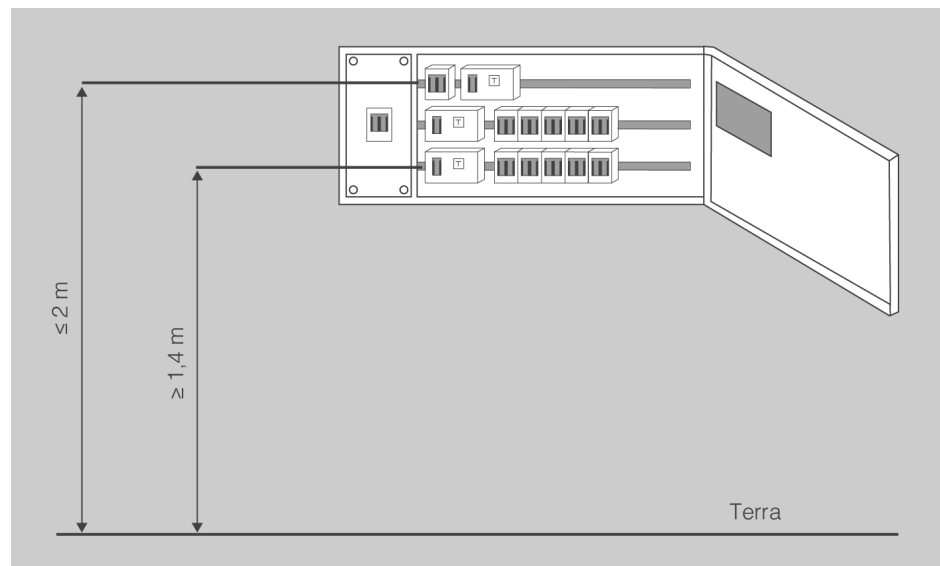
Si el subministrament és superior a 63 A

Per a subministraments d'intensitat superior a 63 A no s'utilitza l'ICP, sinó interruptors d'intensitat regulable, **maxímetres** o integradors incorporats a l'equip de mesura d'energia elèctrica. En aquests casos no és preceptiva la instal·lació de la caixa per a l'ICP-M.

Sigui quin sigui el **dispositiu de control de potència** utilitzat, ha d'anar acompanyat d'un **interruptor general automàtic de tall omnipolar**, ja que no es pot considerar l'ICP-M –ni qualsevol altre dispositiu de control de potència– com a element de protecció i de desconexió de la instal·lació.

A la figura 1.11 hi podeu veure la situació del quadre general de comandament i protecció, dins del qual a l'esquerra, i en posició independent, es troba situat l'ICP-M.

FIGURA 1.11. Situació del quadre general de comandament i protecció



En el cas d'habitatges, locals comercials i industrials s'ha de col·locar una caixa per allotjar l'ICP-M, immediatament abans de la resta de dispositius de protecció, en un compartiment independent i precintable; es pot instal·lar en el mateix quadre en què s'allotgen els dispositius generals de comandament i protecció.

A la taula 1.16 podeu observar els calibres normalitzats de l'ICP-M.

TAULA 1.16. Calibres normalitzats de l'ICP-M per a subministraments en BT

1,5	3	3,5	5	7,5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	63
-----	---	-----	---	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

A l'habitatge, el quadre general de comandament i protecció, ha de ser tan a prop com sigui possible de la porta d'entrada i no es pot situar en cap altre lloc. En el cas de locals comercials o industrials també s'ha de situar en el lloc més proper possible a una porta d'accés a aquests recintes.

2. Connexions de servei, reglamentació i normativa

Ara recordarem quina és la **normativa** vigent que afecta una **instal·lació d'enllaç** en el territori de Catalunya, i també, en primer lloc, en què consisteix una **connexió de servei**.

Pel que fa a la normativa, i més concretament al Reglament electrotècnic de baixa tensió (REBT), com que ja s'han definit els elements d'una instal·lació d'enllaç i totes les consideracions respectives al càlcul d'aquests, ara, en aquesta activitat recordarem i comentarem cada instrucció tècnica complementària (ITC).

També coneixerem altres normes implicades com les UNE i les Normes tècniques particulars de les companyies subministradores que ens afecten en el nostre territori.

2.1 Connexió de servei

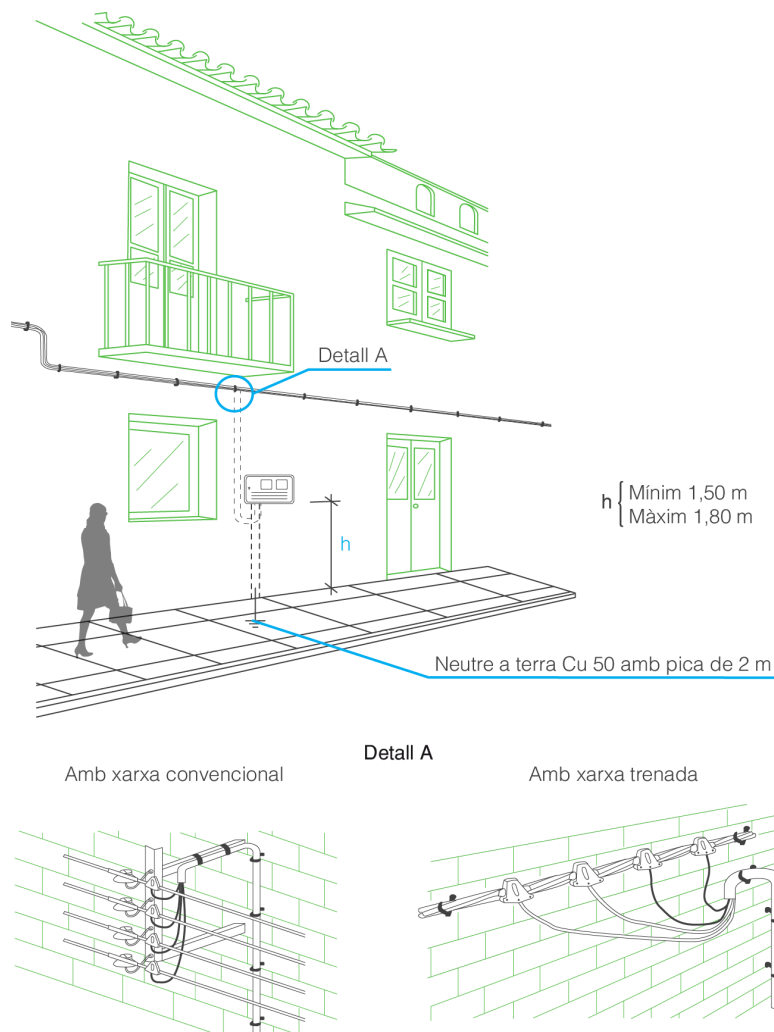
La connexió de servei, també anomenada *embrancament*, és la part de la instal·lació de la xarxa de distribució que alimenta la caixa o caixes generals de protecció (CGP) o unitat funcional equivalent.

2.1.1 Tipus de connexions de servei o embrancaments

Atès el traçat, el sistema d'instal·lació i les característiques de la xarxa, les connexions de servei o els embrancaments poden ser els següents:

- **aeris** amb la instal·lació posada sobre façana;
- **aeris** amb la instal·lació tensada sobre pal;
- **subterranis** amb entrada i sortida;
- **subterranis** en derivació;
- **mixtos** amb una instal·lació aerosubterrània.

Embrancament aeri posada sobre façana. Per a aquest tipus d'embrancament (figura 2.1) cal tenir en compte les consideracions següents:

FIGURA 2.1. Exemple d'embranchament aeri sobre façana

- Fer un estudi previ de les façanes perquè resultin tan poc afectades com sigui possible.
- Els cables s'han d'instal·lar distanciats de la paret i fixats mitjançant accessoris apropiats.
- Els cables han de ser aïllats, de tensió assignada de 0,6/1 kV i han d'anar instal·lats preferentment sota conductes tancats o canals protectores, amb tapa desmuntable amb l'ajut d'una eina.
- En el cas dels encreuaments de vies públiques i espais sense edificar i segons la longitud d'obertura, els cables es poden instal·lar lligats directament a tots dos extrems, bé utilitzant el sistema d'embranchament tens o de cable fiador, sempre que es compleixin les condicions de la ITC-BT-06.
- En els encreuaments de vies públiques i espais, s'ha de procurar que l'obertura sigui tan curta com sigui possible.
- L'alçada mínima sobre carrers i carreteres no pot ser en cap cas inferior a 6 metres.
- En edificacions d'interès històric o artístic, o declarades com a tal s'ha de tractar d'evitar aquest tipus d'embranchaments.

- En trams en què l'embranchament quedi a una alçada sobre el terra inferior a 2,5 metres, s'han de protegir amb tubs o canals rígides de les característiques que indica la taula 2.1, i s'han de prendre les mesures adequades per evitar l'emmagatzemament d'aigua en aquests tubs o canals de protecció.

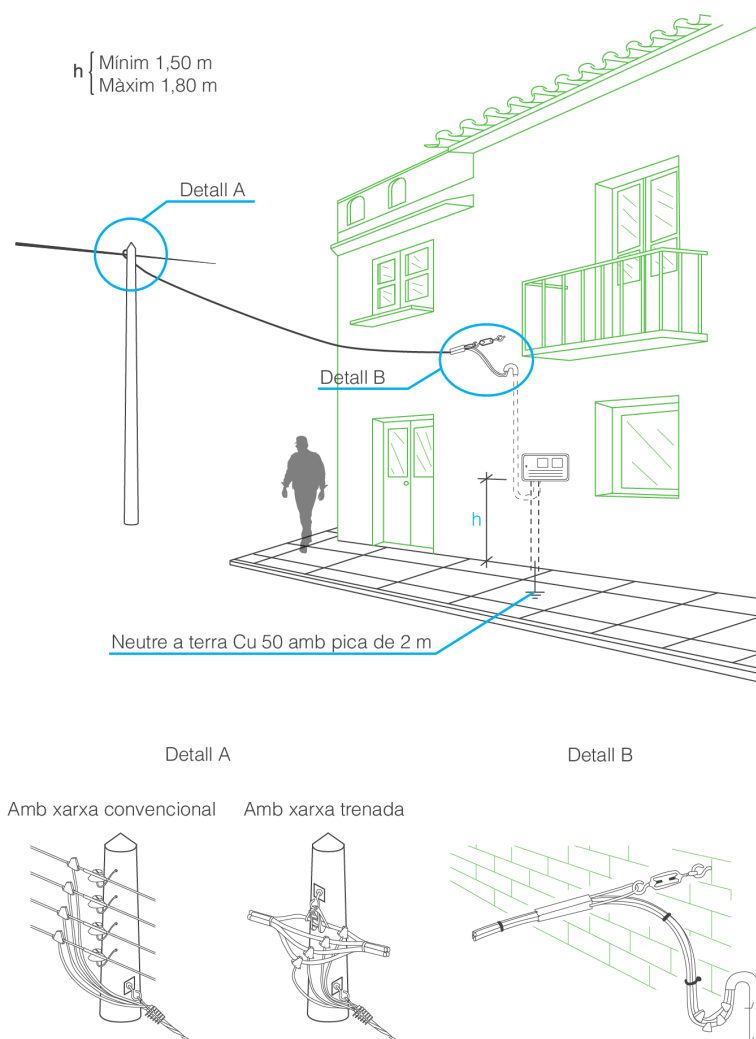
TAULA 2.1. Característiques dels tubs i canals protectores

Característiques	Grau (canals)	Codi (tubs)
Resistència a l'impacte	Forta (6 joules)	4
Temperatura mínima d'instal·lació i servei	-5 °C	4
Temperatura màxima d'instal·lació i servei	+60 °C	1
Propietats elèctriques	Continuïtat elèctrica/aïllant	1 / 2
Resistència a la penetració d'objectes sòlids	Diàmetre $\geq$ 1 mm	4
Resistència a la corrosió (conductes metàl·lics)	Protecció interior mitjana, exterior alta	3
Resistència a la propagació de la flama	No propagador	1

El compliment de les característiques d'aquesta taula s'ha de verificar segons els assajos que indiquen les normes UNE-EN 50086-2-1 per a tubs rígids i UNE-EN 50085-1 per a canals.

Embranchament aeri tensat sobre pals. Les connexions de servei o embrancaments aeris tensats sobre pals (figura 2.2) han de complir les característiques següents:

- Cables aïllats i de tensió assignada 0,6/1 kV.
- Es poden instal·lar suspesos d'un cable fiador, independent i degudament tensat.
- El cable fiador pot ser un conductor neutre fiador amb resistència mecànica adequada, i degudament calculat per a aquesta funció.
- Tots els suports han d'anar proveïts d'elements adequats que han de permetre la subjecció mitjançant suports de suspensió o d'amarratge indistintament.
- L'alçada mínima sobre carrers o carreteres no ha de ser en cap cas inferior a 6 metres.

FIGURA 2.2. Exemple d'embranchament aeri tensat sobre pals

Embranchament subterrani. Aquest tipus d'instal·lació s'ha de fer d'acord amb el que estableix la ITC-BT-07. Cal tenir en compte les separacions mínimes que indica la ITC-BT-07 als encreuaments i els paral·lelismes amb altres canalitzacions d'aigua, gas, línies de telecomunicació i amb altres conductors d'energia elèctrica.

Embranchament aerosubterrani. Aquest tipus de connexions de servei són els embrancaments que es fan una part en instal·lació aèria i una altra part en instal·lació subterrània.

En el pas dels embrancaments subterranis als aeris, el cable ha d'anar protegit des de la profunditat que estableix la ITC-BT-07 i fins a l'alçada mínima de 2,5 metres per sobre del nivell del terra, mitjançant un conducte rígid de les característiques de l'**embranchament aeri sobre façana**.

2.1.2 La instal·lació dels embrancaments

Amb caràcter general, els embrancaments han de complir el següent:

- S'han de fer seguint els traçats més curts.
- S'hi faran les connexions quan siguin necessàries i s'empraran els mètodes adequats.
- Tindran connexions que garanteixin l'aïllament fins a la CGP.
- Han de discórrer per terrenys de domini públic excepte en els aeris o subterranis en què s'hagin autoritzat les servituds de pas corresponents.
- Evitaran patis interiors, garatges, jardins privats, vials de conjunts privats tancats, etc.

Per tenir en compte!

En general es disposa d'un embrancament per edifici o finca, no obstant això, es poden establir connexions de servei independents per a subministraments complementaris que estableix el REBT o per als que tinguin unes característiques (potències elevades entre d'altres) que així ho aconsellin.

2.1.3 Característiques dels cables i els conductors

Els conductors o cables han de ser de coure o alumini aïllats i els materials utilitzats i les condicions d'instal·lació han de complir les prescripcions que estableix la ITC-BT-06 i la ITC-BT-07 per a xarxes aèries o subterrànies de distribució d'energia elèctrica respectivament.

Pel que fa referència a les seccions i al nombre de conductors s'han de calcular tenint en compte els aspectes següents:

- Màxima càrrega prevista d'acord amb la ITC-BT-10.
- Tensió de subministrament.
- Les intensitats màximes admissibles per al tipus de conductor i les condicions de la seva instal·lació.
- La caiguda de tensió màxima admissible establerta per l'empresa subministradora.

2.2 Normativa i reglamentació vigent aplicable

Aquesta normativa i reglamentació és fonamenta en el següent:

- El Reglament electrotècnic de baixa tensió (REBT), aprovat pel Reial decret 842/2002, de 2 d'agost del 2002.
- Les normes UNE (Una Norma Espanyola) i EN (Norma Europea) d'AENOR (Associació Espanyola de Normalització i Certificació), del CEI (Comissió Electrotècnica Internacional) i del CENELEC (Comitè Europeu de Normalització Electrotècnica).
- Les Normes tècniques particulars (NTP) de Fecsa-Endesa.
- Disposicions vigents publicades per l'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya.

2.2.1 Reglament electrotècnic per a baixa tensió

El REBT aprovat el 18 de setembre del 2002 en el BOE, el Butlletí Oficial de l'Estat, deroga l'anterior, el de l'any 1973. Està estructurat en les Instruccions tècniques complementàries (ITC), que tracten de donar solucions tècniques a l'ampli ventall de possibilitats que tenen les instal·lacions elèctriques, ja sigui a partir de les normes UNE o UNE-EN referents als materials o a partir de les Normes tècniques complementàries de les empreses subministradores.

A continuació descriurem breument les Instruccions tècniques complementàries que afecten les **instal·lacions d'enllaç**, i entrarem en detall en els punts que no siguin merament descriptius i que requereixin un exemple o interpretació.

Introducció. En els diferents formats de publicació del REBT podem observar, com a introducció, una referència als continguts que tenen els diferents articles en els quals s'estructura la publicació del BOE. Només cal comentar-ne alguns:

- Article 1: En aquest article es comenta l'**objecte del reglament**, com per exemple preservar la seguretat de les persones i dels béns, assegurar el funcionament normal de les instal·lacions i contribuir a la fiabilitat tècnica i a l'eficiència econòmica d'aquestes.
- Article 2: El **camp d'aplicació**, que, per exemple en el cas de corrent altern, és igual o inferior a 1.000 volts.
- Article 4: Es classifiquen els **nivells de tensió** i la **frequència de les xarxes**.

D'aquesta manera es van definint successivament els diferents camps d'aplicació i es desglossen les parts de què consta una instal·lació de baixa tensió.

Als annexos del web d'aquesta unitat hi ha l'adreça d'Internet en què es pot consultar aquest reglament.

ICT-BT-01. La terminologia. A la ITC-BT-01 hi podeu consultar, per exemple, les definicions d'*amovible*, *cable multiconductor*, *conductor CPN o PEN*, *connexió equipotencial*, *contacte indirecte*, *corrent diferencial o residual*, *factor de simultaneïtat*, *parts actives*, *poder de ruptura*, *tall onnipolar* i *tensió de defecte*. D'aquesta manera atansa a l'especialista un vocabulari tècnic útil per al REBT en conjunt i no només de manera específica per a una ITC en concret.

La ICT-BT-01 presenta un glossari dels termes generals no definits a les Instruccions tècniques complementàries específiques.

ICT-BT-02. Les Normes de referència al REBT. Per tal de normalitzar els protocols de seguretat i d'estandardització, hi ha una jerarquia d'entitats que elaboren normatives de compliment obligat pel que fa a la resistència dels materials i els protocols d'actuació.

La ICT-BT-02 fa un recull de les normes aplicables al Reglament amb l'any d'elaboració.

Aquests estàndards van encapçalats per organismes internacionals com el CEI o el CENELEC, que elaboren les normes UNE-EN, o bé per organismes estatals com l'AENOR, que elaboren normes UNE, en consonància amb les d'àmbit internacional. Quan la norma només porta les sigles UNE, és perquè encara no hi ha una norma internacional que la millori.

ICT-BT-03 Instal·ladors autoritzats en baixa tensió. La instrucció BT-03 estableix les condicions i els requisits que s'han d'observar per tal de certificar la competència i d'obtenir l'autorització administrativa corresponent dels instal·ladors autoritzats en l'àmbit d'aplicació del REBT.

En la ITC-BT-03 podeu consultar, per exemple, les atribucions que té un instal·lador autoritzat de categoria bàsica i un de categoria especialista. També s'hi pot consultar quins són els mitjans humans i tècnics dels quals ha de disposar un instal·lador autoritzat en baixa tensió.

Categories d'instal·ladors autoritzats segons la ITC BT-03

A més, la instrucció BT-03 classifica els instal·ladors autoritzats en les categories següents: bàsica (IBTB) i especialista (IBTE).

També defineix, la BT-03, el concepte, els requisits, la concessió i la validesa del Certificat de qualificació individual en baixa tensió, i els relatius a l'autorització com a instal·lador en baixa tensió.

Cal saber també que la ITC-BT-03 descriu quines han de ser les actuacions dels instal·ladors autoritzats en altres comunitats, quines obligacions tenen i els mitjans tècnics i humans que han de tenir necessàriament.

ICT-BT-04 Documentació i posada en servei de les instal·lacions. Aquesta instrucció detalla la documentació tècnica que s'ha de desenvolupar en aplicació del REBT, tant per a instal·lacions que necessitin projecte, com per a d'altres que, si bé estan exemptes de presentar-lo, han de redactar obligatòriament la Memòria

tècnica de disseny (MTD).

A l'apartat 3 de la ICT-BT-04 i mitjançant una taula es detallen les instal·lacions que necessiten projecte; les no incloses en l'apartat 3 n'estan exemptes, però necessiten una MTD.

Consulteu la taula del punt 3 de la ICT-BT-04 per saber quin tipus d'instal·lacions necessiten projecte i quines no.

En els punts 5 i 6 de la ICT-BT-04 es defineix tot allò relatiu a l'execució, la tramitació i la posada en servei de les instal·lacions.

ICT-BT-05 Verificacions i inspeccions. En aquesta instrucció s'especifiquen els defectes molt greus, greus i lleus que es poden detectar en una inspecció i, en concret, fan referència al següent:

- els agents que intervenen en una inspecció;
- les verificacions prèvies a la posada en servei;
- les inspeccions inicials i periòdiques;
- els procediments d'inspecció;
- la classificació de defectes a les instal·lacions.

ICT-BT-10 Previsió de càrregues per a subministraments en baixa tensió.

Aquesta instrucció defineix els paràmetres bàsics de càlcul d'una previsió de càrregues en edificis destinats a habitatges, comerços o oficines, indústries específiques o concentracions d'indústries.

Els paràmetres principals descrits són els següents:

- grau d'electrificació i previsió de potència;
- càrrega total d'un edifici destinat preferentment a habitatges;
- càrrega total corresponent a edificis destinats a una indústria o més.

ICT-BT-12 Instal·lacions d'enllaç. Esquemes. La ITC-BT-12 descriu quins són els elements que constitueixen les instal·lacions d'enllaç i les possibles configuracions existents, segons el nombre d'usuaris i l'existència o no de centralitzacions de comptadors.

ICT-BT-13 Instal·lacions d'enllaç. Caixes generals de protecció. Aquesta instrucció es descriu quan s'ha d'instal·lar una CGP o una CPM i també tot allò referent a les caixes generals de protecció (CGP), com per exemple:

- l'emplaçament i la instal·lació;
- el tipus i les característiques de les caixes generals de protecció (CGP);
- el tipus i les característiques de les caixes de protecció i mesura (CPM).

ICT-BT-14 Instal·lacions d'enllaç. Línia general d'alimentació. Es defineix la línia general d'alimentació (LGA), i també la seva instal·lació i les característiques dels seus conductors.

ICT-BT-15 Instal·lacions d'enllaç. Derivacions individuals. Com per a la LGA, en aquesta instrucció tècnica complementaria es defineix tot allò referent a les derivacions individuals.

ICT-BT-16 Instal·lacions d'enllaç. Comptadors: ubicació i sistemes d'instal·lació. Aquesta instrucció permet consultar la funció que ha de complir l'interruptor general de maniobra. A més, com que els equips de mesura, coneguts com a *comptadors*, estan subjectes a diferents mètodes d'instal·lació i han de complir unes especificacions, en aquesta ITC es detallen les formes de col·locació, individual o concentrada, i les especificacions de l'armari o local que els ha d'allotjar.

ICT-BT-17 Instal·lacions d'enllaç. Dispositius generals i individuals de comandament i protecció. Interruptor de control de potència. En aquesta instrucció es defineix tot allò referent als DGCP (dispositius generals de comandament i protecció), i la funció de l'ICP-M; la situació, les característiques principals i les normatives que han de complir aquests aparells.

ICT-BT-18 Instal·lacions de posada a terra. Aquesta ITC, a més de recordar les parts d'un circuit de posada a terra, n'assenyala la importància i en detalla les parts, com calcular-ne la resistència i altres aspectes de les instal·lacions de posada a terra.

2.2.2 Normes de referència: normes UNE i UNE-EN

Per tal de normalitzar els protocols de seguretat i d'estandardització, hi ha una jerarquia d'entitats que elaboren normatives de compliment obligat pel que fa a resistència de materials i protocols d'actuació.

L'elaboració d'aquests estàndards l'encapçalen els organismes internacionals, com per exemple:

- la Comissió Electrotècnica Internacional o CEI;
- el Comitè Europeu de Normalització Electrotècnica o CENELEC.

Aquestes institucions –l'equivalent de les quals a escala nacional és l'AENOR (Associació Espanyola de Normalització i Certificació)– posen a disposició de les parts interessades instruments tècnics avalats per una àmplia experiència i consensuats pels sectors directament implicats, fet que facilita l'execució homogènia de les instal·lacions i els intercanvis comercials.

Així, s'entén que la majoria d'**Instruccions tècniques complementaries** (ITC) estiguin acompanyades de normatives sobre **assajos de materials**, o de **solucions tècniques** per a cada cas que tenen una numeració encapçalada per les sigles UNE (Una Norma Espanyola) d'AENOR, o EN (Norma Europea en anglès) del CENELEC.

Aquestes normes s'actualitzen quan es troben millores, però amb la referència citada sempre és possible accedir a la nova versió i d'aquesta manera el text del REBT sempre es manté ben referenciat.

2.2.3 Normes tècniques particulars de les companyies subministradores

L'article 45 del **Reial Decret (RD) 1955/2000**, de l'1 de desembre, que regula les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica (BOE 310 de 27 de desembre de 2000), especifica els casos en què tercers han de fer instal·lacions de distribució i cedir-les a una empresa distribuïdora.

Especifica, a més, que aquestes instal·lacions han d'estar d'acord tant amb les condicions tècniques i de seguretat reglamentàries com amb les condicions tècniques i de seguretat establertes per l'empresa distribuïdora i aprovades per l'administració competent.

Les presents condicions tècniques i de seguretat tenen per objecte definir les característiques que han de complir les instal·lacions de distribució destinades a formar part de les xarxes de distribució de Fecsa-Endesa. Són vàlides per a les instal·lacions de distribució de nova construcció, tant les que seran fetes per l'empresa esmentada com les que executaran tercers i seran cedides a Fecsa-Endesa.

El contingut d'aquestes condicions tècniques i de seguretat s'estructura en el document *NTP Generalitats*, i en una sèrie de documents, les *Normes tècniques particulars* (NTP), sobre les diferents instal·lacions compreses en les xarxes de distribució.

Les instal·lacions compreses en les xarxes de distribució, són les següents i hi trobareu indicades de cadascuna la NTP corresponent que desenvolupa:

- línies aèries de mitjana tensió (NTP-LAMT);
- línies subterrànies de mitjana tensió (NTP-LSMT);
- centres de transformació en edifici (NTP-CT);
- centres de transformació rurals (NTP-CTR);

Com a resum de les NTP, que tenen a veure principalment amb el tema de les instal·lacions d'enllaç, podeu consultar el "Vademècum d'instal·lacions d'enllaç en BT".

- línies aèries de baixa tensió (NTP-LABT);
- línies subterrànies de baixa tensió (NTP-LSBT).

També com a part d'aquest conjunt normatiu es desenvolupen les normes particulars d'instal·lacions d'enllaç:

- Instal·lacions d'enllaç en mitjana tensió (NTP-IEMT)
- Instal·lacions d'enllaç en baixa tensió (NTP-IEBT).

2.2.4 Disposicions vigents a Catalunya

Pel que fa a les disposicions vigents publicades per l'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya, la llei 21/1992, de 16 de juliol, de la Conselleria d'Indústria, estableix el nou marc jurídic en el qual es desplega la reglamentació sobre seguretat industrial.

L'apartat 5 de l'article 12 assenyala que els reglaments de seguretat industrial d'àmbit estatal els aprovarà el Govern estatal, sense perjudici que les comunitats autònomes, amb competència legislativa sobre indústria, puguin introduir requisits addicionals sobre aquestes matèries, quan es tracti d'instal·lacions radicades en el seu territori.

3. Documentació tècnica d'instal·lacions d'enllaç

3.1 Representació gràfica i càlcul de les instal·lacions elèctriques d'enllaç

Per a la redacció d'una memòria tècnica de disseny (MTD), o d'un projecte, segons si la instal·lació ho requereix o no, en primer lloc cal dimensionar els elements de la instal·lació d'enllaç. Per fer aquest dimensionament primer s'han de preveure les càrregues de l'edifici o local, i també saber de quin tipus d'esquema d'instal·lació d'enllaç es tracta (d'un, dos o més usuaris) i quin tipus d'embranchament s'utilitza.

Posteriorment, amb la previsió de càrregues resultant, es calcula la caixa general de protecció (CGP) o de la caixa de protecció i mesura (CPM).

Un cop decidit si els comptadors estan centralitzats, en un punt o més, o si estan descentralitzats totalment, es calcula la línia general d'alimentació (LGA) i la derivació individual (DI), en funció de les caigudes de tensió estipulades segons el reglament i de la forma d'instal·lació i dels conductors emprats.

Amb l'elecció d'altres components com l'interruptor general de maniobra (IGM), si els comptadors estan centralitzats, dels fusibles de seguretat, del calibre de l'interruptor de control de potència (ICP) i del sistema de presa a terra, ja podem donar per configurada la instal·lació d'enllaç.

L'últim pas és, mitjançant programaris especialitzats, representar gràficament la instal·lació d'enllaç, cosa que sovint ens verificarà també si els nostres càlculs han estat correctes i que ens ajudarà a redactar-ne la memòria.

3.1.1 La previsió de càrregues

Les **previsions de càrregues** establertes són els valors teòrics mínims que cal considerar. Per tant, en cas de saber la demanda real dels usuaris, és necessari utilitzar aquests valors quan siguin superiors als mínims teòrics.

Les previsions de càrregues permeten, a més, dimensionar la *capacitat de subministrament* de les línies de distribució i la *potència dels centres de transformació*.

Els **valors mínims** de previsió que estableix la normativa garanteixen la connexió i la utilització segura de tots els aparells receptors utilitzats habitualment, i també

Les condicions de previsió de càrrega per a subministraments de BT les trobareu fixades a la ITC-BT-10.

els augments de potència futurs que puguin demanar els usuaris sense necessitat de modificar la instal·lació.

Càrrega total corresponent a un edifici dedicat de manera preferent a habitatges

La **càrrega màxima de potència** per habitatge depèn del grau d'electrificació, que pot variar entre el grau d'electrificació **bàsica** i el grau d'electrificació **elevada**.

El **grau d'electrificació bàsica** ha de permetre utilitzar aparells elèctrics d'ús comú en un habitatge, i el **grau d'electrificació elevada** és el corresponent a habitatges amb una previsió d'ús d'aparells electrodomèstics superior a l'electrificació bàsica o amb superfícies útils d'habitatge superiors a 160 m².

La ITC-BT-25 defineix les característiques dels circuits independents d'una instal·lació en un habitatge de grau d'electrificació elevada.

El **grau d'electrificació d'un habitatge** es considera “elevat” quan es compleix alguna de les condicions següents:

- La superfície útil de l'habitatge és superior a 160 m².
- Si s'ha previst instal·lar-hi aire condicionat, calefacció elèctrica, sistemes d'automatització o assecadora.
- Si el nombre de punts d'utilització d'enllumenat és superior a 30, si el nombre de preses de corrent d'ús general és superior a 20, i el de preses de corrent dels banys i auxiliars de cuina és superior a 6.
- Altres condicions indicades a la ITC-BT-25.

Les **condicions de previsió de potència** que fixa el REBT a la ITC-BT-10 són les següents:

- La potència que cal preveure per a construccions noves no ha de ser inferior a 5.750 W a 230 V (25 A) per cada habitatge.
- En habitatges amb un grau d'electrificació elevada, la potència que cal preveure ha de ser com a mínim de 9.200 W a 230 V (40 A).
- En tots els casos, la potència màxima de la instal·lació, la defineix la intensitat assignada de l'interruptor general automàtic (IGA), segons indica la ITC-BT-25.

Pel que fa a aquestes tres condicions anteriors, cal tenir sempre en compte, en primer lloc, que les potències indicades corresponen a les **potències mínimes** que cal preveure per a cadascun dels graus d'electrificació. Quan se saben els valors reals i aquests són superiors als mínims, els càlculs s'han de fer amb els valors reals.

La previsió de càrrega en un *grau d'electrificació bàsica*, en conseqüència, comprèn teòricament el rang de 5.750 W a 9.199 W, encara que a la pràctica, com que aquesta previsió depèn del calibre de l'interruptor general automàtic (IGA), els dos valors possibles són 5.750 W (per a una intensitat de 25 A) i 7.360 W (per a una intensitat de 32 A).

En tots dos casos, per tant, la *potència que s'ha de contractar* per a cada usuari depèn de la utilització que faci de la instal·lació elèctrica i pot ser *inferior o igual* a la *potència prevista*.

La càrrega total corresponent a diversos habitatges o serveis s'ha de calcular d'acord amb les **càrregues corresponents** al conjunt d'habitatges, als serveis generals, als ascensors i muntacàrregues, als grups de pressió, a l'enllumenat de portal, la caixa d'escala i els espais comuns, i també a les càrregues corresponents a locals comercials i oficines, i a garatges.

Per **determinar la càrrega total** (P_T) d'un edifici dedicat principalment a habitatges cal sumar les potències corresponents al conjunt d'habitatges (P_H), serveis generals de l'edifici (P_{SG}), locals comercials (P_{LC}) i garatges que en formen part (P_G). Així l'expressió resultant és la següent:

$$P_T = P_H + P_{SG} + P_{LC} + P_G$$

La taula 3.1 mostra els diferents valors que assoleix el coeficient de simultaneïtat segons el nombre d'habitatges, i en aquest cas fins a un màxim de 21.

TAULA 3.1. Coeficient de simultaneïtat, segons el nombre d'habitatges

Nombre d'habitatges (N)																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Coeficient de simultaneïtat (Cs)																				
1	2	3	3,8	4,6	5,4	6,2	7	7,8	8,5	9,2	9,9	10,6	11,3	11,9	12,5	13,1	13,7	14,3	14,8	15,3

Quan el nombre d'habitatges n és superior a 21 ($n > 21$), el valor del factor de simultaneïtat es calcula amb aquesta expressió:

$$Cs = 15,3 + (n - 21) \cdot 0,5$$

Cal tenir en compte que si els habitatges disposen de calefacció i/o aigua calenta sanitària per acumulació nocturna, el **coeficient de simultaneïtat** que s'aplica és 1, ja que la càrrega de tots aquests aparells es connecta a la mateixa hora en tots els habitatges. ∴

Càrrega corresponent a un conjunt d'habitatges. Aquesta càrrega (P_V) és el producte que s'obté de multiplicar la *mitjana aritmètica* de les *potències màximes* previstes a cada habitatge, pel *coeficient de simultaneïtat* extret de la taula 3.1. Així l'expressió resultant és la següent:

$$P_V = C \cdot \left(\frac{N \cdot G_{elec}}{N} \right)$$

Un exemple del càlcul de la càrrega corresponent a un conjunt d'habitatges

Espai	Preses d'aigua freda	Preses d'aigua calenta	Total
Bany	4	3	7

TAULA 3.3 (continuació)

Espai	Preses d'aigua freda	Preses d'aigua calenta	Total
Lavabo	3	2	5
Cuina	4	1	5
Total	11	6	17

Per tal de conèixer la potència expressada en kW del grup de pressió de l'edifici es pot fer l'estimació que mostra la taula 3.4.

TAULA 3.4. Estimació de la potència per a grups de pressió

Preses d'aigua totals	Alçada de l'edifici 1 a 4	en plantes 5 a 10	11 a 15	16 a 20
150	1 kW	1 kW	1 kW	1 kW
300	1 kW	1 kW	2 kW	2 kW
450	1 kW	2 kW	4 kW	6 kW
900	2 kW	4 kW	6 kW	6 kW
1.800	2 kW	4 kW	6 kW	8 kW
3.500	4 kW	6 kW	9 kW	11 kW

Càrrega corresponent a enllumenat de portal, caixa d'escala i espais comuns.

Per aquests espais es pot fer una estimació –que trobareu reflectida a la taula 3.5– segons si l'enllumenat s'efectua amb làmpades d'incandescència o de fluorescència.

TAULA 3.5. Enllumenat d'espais comuns

Portal i espais comuns		Escala	
Incandescència	Fluorescència	Incandescència	Fluorescència
15 W/m ²	8 W/m ²	7 W/m ²	4 W/m ²

Per **determinar la càrrega dels serveis generals** (P_{SG}) d'un edifici destinat principalment a habitatges, cal sumar les potències corresponents als aparells elevadors (P_{ApEl}), als grups de pressió (P_{GrPr}) i als espais comuns (P_{EsCo}).

Així, es pot expressar la càrrega corresponent als serveis generals amb aquesta fórmula:

$$P_{SG} = P_{ApEl} + P_{GrPr} + P_{EsCo}$$

Càrrega corresponent a locals comercials i oficines. Aquesta càrrega es calcula considerant un mínim de 100 W/m² i planta, amb un mínim per local de 3.450 W a 230 V i un coeficient de simultaneïtat d'1. La taula 3.6 en mostra un exemple:

TAULA 3.6. Previsió de càrrega per a locals comercials i oficines (exemple)

Denominació	Superfície (m ²)	Previsió real (W)	Previsió amb 100 W/m ²	Previsió en W
Local 1	25	desconeguda	2.500	3.450
Local 2	50	desconeguda	5.000	5.000
.				

TAULA 3.6 (continuació)

Denominació	Superfície (m ²)	Previsió real (W)	Previsió amb 100 W/m ²	Previsió en W
Oficina 1	200	35.000	20.000	35.000
Oficina 2	150	13.500	15.000	15.000
Càrrega total (coeficient simultaneïtat 1)				58.450 W

Càrrega corresponent a garatges. La càrrega corresponent als garatges es calcula considerant un mínim de 10 W/m² i planta per a garatges amb ventilació natural, i de 20 W/m² per planta en cas que hi hagi ventilació forçada, amb un mínim de 3.450 W a 230 V i un factor de simultaneïtat d'1.

Càrrega total corresponent comerços, oficines o indústries

En general, la demanda de potència ha de determinar la càrrega que cal preveure en els edificis comercials, d'oficines i dedicat a la indústria. La càrrega total no pot ser mai inferior als valors següents:

- **Edificis comercials o d'oficines:** la demanda de potència es calcula considerant un mínim de 100 W/m² i planta, amb un mínim per local de 3.450 W a 230 V i un coeficient de simultaneïtat d'1.
- **Edificis amb concentració d'indústries:** la demanda de potència es calcula considerant un mínim de 125 W/m² i planta, amb un mínim per local de 10.350 W a 230 V i un coeficient de simultaneïtat d'1.

Subministraments monofàsics

Les empreses distribuïdores estan obligades, sempre que ho sol·liciti el client, a efectuar el subministrament de manera que permeti el funcionament de qualsevol receptor monofàsic de potència més baixa o igual a 5.750 W a 230 V, i fins a un subministrament de potència màxima de 14.490 W a 230 V. Per aquesta raó, a la taula 3.7 trobareu els *graus de potència* en subministraments monofàsics.

TAULA 3.7. Graus de potència segons el calibre de l'IGA

Grau d'electrificació	Potència contractada en W	Calibre de la IGA en A
Bàsic	5.750	25
Bàsic	7.360	32
Elevat	9.200	40
Elevat	11.500	50
Elevat	14.490	63

3.1.2 Càlculs a les instal·lacions d'enllaç

A l'hora de calcular els elements d'una instal·lació d'enllaç, cal tenir en compte:

- **L'esquema utilitzat**, ja que per a un usuari o dos d'alimentats des del mateix punt, no hi ha LGA, i la CGP és substituïda pel conjunt de protecció i mesura (CPM). La derivació individual (DI) pot tenir una caiguda de tensió màxima de l'1,5%.
- **La centralització dels comptadors**, que fa variar la caiguda de tensió màxima de la LGA i la DI.

Càlcul del nombre de caixes generals de protecció

En el càlcul del nombre de caixes generals de protecció (CGP), cal tenir en compte els aspectes següents:

- **Potència prevista** en cada centralització.
- **Estructura** més adient per millorar el nivell de qualitat dels subministraments.
- **Potència punta** prevista en cada LGA.
- **Secció i traçat** de les LGA.

En general, el **nombre de caixes generals de protecció (CGP)** ha de ser igual a la *potència que es contracta* de l'edifici dividida per la *potència admissible* del tipus de CGP.

L'expressió que permet calcular-ho és la següent:

$$N_{CGP} = \frac{P_T}{S_{CGP}}$$

En aquesta expressió la *potència admissible* segons el tipus de CGP s'expressa en kVA, és a dir en valors de *potència aparent*.

Quan el nombre de caixes generals de protecció (CGP) és **superior** a 2, es poden instal·lar BTV, les quals redueixen l'espai d'instal·lació de les CGP.

A la taula 3.8 hi ha indicades les intensitats màximes admissibles de les caixes generals de protecció, segons les normes tècniques particulars de Fecsa-Endesa, i també els esquemes d'execució.

Compte!

Cal tenir present que l'esquema 9 de CGP és el preferent d'una companyia subministradora com Fecsa-Endesa, i que l'esquema 7 de CGP s'ha d'utilitzar només amb l'autorització prèvia de Fecsa-Endesa, com també en els casos en què sigui impossible instal·lar les CGP

del tipus esquema 9 per les condicions del subministrament, la configuració constructiva de l'edifici o altres circumstàncies.

TAULA 3.8. Intensitats màximes de les CGP en A

Esquema 9	160	250	400	630
Esquema 7	100	160	250	400

El càlcul de les caigudes de tensió es detalla a l'annex 2 de la Guia BT del REBT; i el càlcul dels corrents de curtcircuit, a l'annex 3.

Criteris per calcular la línia general d'alimentació (LGA)

Per determinar de manera reglamentària la secció d'un cable, cal calcular la **secció mínima** que compleix alhora els tres criteris següents:

- **Criteri de la intensitat màxima admissible o d'escalfament.** La temperatura del conductor del cable, treballant a plena càrrega i en règim permanent, *no ha de superar en cap moment* la temperatura màxima assignada a l'aïllament del cable. Aquesta temperatura sol ser la següent:
 - 70°C en el cas de cables d'aïllament termoplàstic;
 - 90°C en el cas de cables amb aïllament termostable.
- **Criteri de la caiguda de tensió.** La circulació de corrent pels conductors ocasiona una *pèrdua de potència* transportada pel cable, i una *caiguda de tensió* o diferència entre les tensions a l'origen i al final de la canalització. Aquesta caiguda de tensió (*cdt*) ha de ser inferior als límits que marca el REBT en cada part de la instal·lació, amb la finalitat de garantir el funcionament dels receptors alimentats pel cable. Aquest criteri sol ser determinant quan les línies són molt llargues.
- **Criteri de la intensitat de curtcircuit.** La temperatura a la qual pot arribar el conductor d'un cable, com a conseqüència d'un curtcircuit o sobreintensitat de curta durada, no ha de superar la *temperatura màxima admissible* de curta durada (menys de 5 segons) assignada a l'aïllament del cable. Aquesta temperatura sol ser la següent:
 - 160°C en els cables amb aïllament termoplàstic;
 - 250°C en els cables amb aïllament termostable.

Passos que cal seguir a l'hora de calcular la línia general d'alimentació (LGA)

A l'hora de calcular podem optar per dos mètodes, i en cadascun cal seguir un procediment determinat:

- Càlcul mitjançant **valors unitaris de caiguda de tensió**:
 - Calcular el corrent absorbit segons la previsió de càrregues. Cal recordar que la LGA sempre és trifàsica.

Consulteu les activitats al web d'aquest mòdul.

- Calcular la *caiguda de tensió* mitjançant valors unitaris –taula 3.11 i taula 3.12– segons tensió assignada. En el cas de les LGA, la taula 3.12 (tensió assignada de 0,6/1 kV).
- Comprovar la intensitat admissible. Consulteu la taula 3.13 o taula 3.14, segons si el conductor és de coure o d'alumini.
- Verificar la secció inferior mitjançant una segona iteració.

• **Mètode simplificat:**

- Calcular del corrent absorbit.
- Determinar la secció per caiguda de tensió, tot considerant el cas més desfavorable, és a dir, que el cable estigui a la seva temperatura màxima en servei permanent.
- Comprovar la intensitat admissible segons agrupament i tipus d'instal·lació (taula 3.1 de la ITC-BT-19).

Nota: Cal tenir en compte que les taula 3.13, taula 3.14 i taula 3.15 pertanyen a la ITC-BT-14. I que la taula 3.11 i taula 3.12 apareixen a l'Annex 2 de la Guia BT.

Tant en el cas del mètode mitjançant valors unitaris de *cdt*, com en el cas del mètode simplificat cal tenir present el següent:

- el tipus de conductor emprat, és a dir, si és de coure o d'alumini, i la tensió assignada (0,6/1 kV per a LGA);
- el sistema d'instal·lació i d'agrupament (si els cables són unipolars o multipolars);
- la secció del conductor neutre (vegeu la taula 3.15);
- la secció del tub o conducció, la taula 3.15 o les taules 2 (canalitzacions en superfície), 5 i 9 (canalitzacions encastades) de la ITC-BT-21.

La taula 3.9 indica, per a algunes temperatures, els valors de la conductivitat segons el material del conductor.

TAULA 3.9. Conductivitat en funció de la temperatura segons el material de què està fet el conductor

Material	20°C	70°C	90°C
Coure (Cu)	56	48	44
Alumini (Al)	35	30	28

Els valors de la conductivitat s'expressen en siemens partit metre (S/m)

A l'hora de calcular la *línia general d'alimentació* (LGA) i la *derivació individual* (DI) podem fer servir les fórmules que recull la taula 3.10.

TAULA 3.10. Formulari per al càlcul de línia general d'alimentació (LGA) i la derivació individual (DI)

Subministraments		Unitats
monofàsics	trifàsics	
$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$	A
$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e}$	$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e}$	mm ²
$S = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$	$S = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$	mm ²

$\cos \varphi$: desfasament entre tensió i corrent en tant per 1 (factor de potència); γ : conductivitat en siemens per metre (Sm); P: potència en watts (W); L: longitud en metres (m); e: caiguda de tensió en volts (V); U: tensió nominal de la línia en volts (V).

Caigudes de tensió en valors unitaris

Es defineix la caiguda de tensió unitària, com la caiguda de tensió per unitat de longitud del cable i per unitat d'intensitat que circula pel cable. És calcula amb l'expressió següent:

$$e_u = \frac{e}{L \cdot I}$$

a on:

- e_u és la caiguda de tensió unitària expressada en volts (V)
- e és la caiguda de tensió expressada en volts (V)
- L és la longitud del conductor expressada en km
- I és la intensitat de servei màxima prevista pel conductor expressada en amperes (A)

La taula 3.11 i taula 3.12 indiquen les caigudes de tensió unitàries calculades tot tenint en compte tant la resistència com la inductància dels cables, per a factors de potència diferents i sota diferents temperatures de servei dels conductors. La taula 3.11 tracta dels cables que tenen una tensió assignada de 450/750 V, i, en canvi, la taula 3.12 tracta dels cables de 0,6/1 kV.

TAULA 3.11. Caigudes de tensió unitàries per A i km en el cas de cables de tensió assignada de 450/750 V

S	FP = 0,8			FP = 1			FP = 0,9		
mm ²	40 °C	60 °C	70 °C	40 °C	60 °C	70 °C	40 °C	60 °C	70 °C
0,5	53,906	57,827	59,787	67,253	72,154	74,604	60,603	65,014	67,219
0,75	36,722	39,391	40,725	45,769	49,105	50,722	41,270	44,272	45,773
1	27,150	29,121	30,107	33,813	36,277	37,509	30,504	32,722	33,831
1,5	18,217	19,535	20,194	22,604	24,252	25,075	20,441	21,923	22,665
2,5	11,185	11,992	12,395	13,843	14,852	15,356	12,539	13,447	13,901
4	6,994	7,496	7,747	8,612	9,240	9,553	7,826	8,391	8,674
6	4,702	5,038	5,205	5,754	6,173	6,383	5,251	5,628	5,817
10	2,826	3,026	3,125	3,419	3,668	3,792	3,143	3,367	3,479

TAULA 3.11 (continuació)

S	FP = 0,8			FP = 1			FP = 0,9		
16	1,803	1,929	1,991	2,148	2,305	2,383	1,995	2,136	2,206
25	1,169	1,249	1,288	1,358	1,457	1,507	1,283	1,372	1,416
35	0,866	0,923	0,952	0,979	1,050	1,086	0,941	1,005	1,038
50	0,664	0,707	0,728	0,723	0,776	0,802	0,713	0,761	0,784
70	0,485	0,514	0,529	0,501	0,537	0,555	0,512	0,545	0,561
95	0,372	0,393	0,403	0,361	0,387	0,400	0,385	0,409	0,420
120	0,310	0,327	0,335	0,286	0,307	0,317	0,316	0,335	0,345
150	0,268	0,281	0,288	0,232	0,249	0,257	0,268	0,283	0,291
185	0,230	0,241	0,246	0,185	0,199	0,205	0,226	0,238	0,245
240	0,194	0,202	0,206	0,141	0,151	0,156	0,186	0,195	0,200

S: secció del cable en mm². FP: Factor de Potència.

TAULA 3.12. Caigudes de tensió unitàries per A i km per a cables de tensió assignada de 0,6/1 kV

S	FP = 0.8				FP = 1				FP = 0.9			
mm ²	40 °C	60 °C	70 °C	90 °C	40 °C	60 °C	70 °C	90 °C	40 °C	60 °C	70 °C	90 °C
1,5	18.255	19.573	20.891	21.550	22.604	24.252	25.899	26.723	20.469	21.951	23.434	24.175
2,5	11.216	12.023	12.830	13.234	13.843	14.852	15.860	16.365	12.562	13.469	14.377	14.831
4	7,024	7,526	8,028	8,279	8,612	9,240	9,867	10,181	7,848	8,413	8,978	9,261
6	4,732	5,068	5,403	5,571	5,754	6,173	6,592	6,802	5,272	5,650	6,027	6,216
10	2,846	3,045	3,244	3,344	3,419	3,668	3,917	4,042	3,157	3,382	3,606	3,718
16	1,820	1,945	2,070	2,133	2,148	2,305	2,461	2,540	2,007	2,148	2,289	2,359
25	1,184	1,263	1,342	1,382	1,358	1,457	1,556	1,606	1,293	1,382	1,471	1,516
35	0,878	0,935	0,992	1,020	0,979	1,050	1,122	1,157	0,950	1,014	1,078	1,110
50	0,672	0,714	0,757	0,778	0,723	0,776	0,828	0,855	0,719	0,376	0,814	0,837
70	0,491	0,520	0,549	0,564	0,501	0,537	0,547	0,592	0,516	0,549	0,582	0,598
95	0,378	0,399	0,420	0,431	0,361	0,387	0,413	0,426	0,390	0,413	0,437	0,449
120	0,315	0,332	0,349	0,357	0,286	0,307	0,327	0,338	0,320	0,339	0,358	0,367
150	0,271	0,284	0,298	0,304	0,232	0,249	0,265	0,274	0,271	0,286	0,301	0,309
185	0,234	0,244	0,255	0,261	0,185	0,199	0,212	0,219	0,229	0,241	0,253	0,259
240	0,197	0,205	0,213	0,217	0,141	0,151	0,161	0,167	0,188	0,197	0,206	0,211

S: secció del cable en mm². FP: Factor de Potència.

Càlcul de les seccions amb el mètode de caigudes de tensió unitàries

El procediment de càlcul de la secció del conductor, a partir de la taula 3.11 i taula 3.12 és molt senzill, ja que només cal seguir els passos següents:

- Calcular la *caiguda de tensió unitària* reglamentària màxima admissible en unitats (V/A km).
- Per raó de la *temperatura de servei màxima admissible* del conductor i del

Per exercitar els conceptes, feu les activitats del web.

factor de potència de la instal·lació, escollir la *secció del conductor*, la caiguda de tensió unitària del qual, segons les taules, sigui inferior al valor reglamentari calculat.

- Comprovar que, amb la secció triada, el conductor és capaç de suportar la intensitat prevista segons les seves condicions d'instal·lació.

Si es vol efectuar el càlcul amb una segona iteració i apliquem la *temperatura real* del conductor, podem continuar el procés de la manera següent:

- Comprovar si la *secció normalitzada* inferior és capaç també de suportar la intensitat prevista segons les seves condicions d'instal·lació.
- Calcular la *temperatura real* del conductor de secció menor amb la fórmula:

$$T = T_0 + (T_{mx} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{mx}} \right)^2$$

a on:

- T és la temperatura real estimada del conductor
- $T_{m\grave{a}x}$ és la temperatura admissible del conductor segons el tipus d'aïllament
- T_0 és la temperatura ambient del conductor
- I és la intensitat prevista per al conductor
- $I_{m\grave{a}x}$ és la intensitat màxima admissible en el conductor segons el tipus d'instal·lació.
- Comprovar segons la taula 3.11 i taula 3.12 si, a temperatura real, un conductor d'aquesta mida de secció té una caiguda de tensió unitària més baixa respecte a la reglamentària. En cas contrari, cal utilitzar la secció superior determinada en la primera iteració.

La ITC-BT-10 defineix la previsió de càrregues per a subministraments en baixa tensió.

Caigudes de tensió màximes segons centralització de comptadors. La caiguda de tensió màxima permesa és del 0,5 % en el cas de les LGA destinades a *comptadors totalment centralitzats* i de l'1% en el cas de les LGA destinades a *centralitzacions parcials* de comptadors.

Verificació del corrent màxim admissible. Tot seguit hi ha indicats els valors de la *intensitat màxima admissible* expressada en amperes (A) segons la secció del cable i el tipus de la instal·lació. A la taula 3.13, el conductor és de coure de 0,6/1 kV (cable unipolar RZ1-K).

TAULA 3.13. Intensitat màxima admissible en el conductor de coure

Secció nominal del conductor (Cu) ø (mm²)										
10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Tubs encastats en paret d'obra o en muntatge superficial										
Canals protectores										
Conductes tancats d'obra de fàbrica										

TAULA 3.13 (continuació)

Secció nominal del conductor (Cu) ϕ (mm ²)										
60	80	106	131	159	202	245	284	338	386	455
Tubs soterrats										
77	100	128	152	184	224	268	304	340	384	440

Valors segons la taula 1 de la ITC-BT-19, mètode B, columna 8, i la ITC-BT-07 apartat 3.1.2.1. Factor de correcció 0,8, segons l'apartat 3.1.3. Els valors de la intensitat són els que fixa la norma UNE 20.460-5-523.

Els valors de la intensitat màxima admissible de la taula 3.13 es refereixen a tres conductors unipolars carregats que, en el cas de les instal·lacions soterrades, assoleixen una temperatura ambient de 25°C, i, en la resta de casos, una temperatura ambient de 40°C. Sempre que sigui necessari, cal aplicar els factors de correcció per agrupament o temperatura que donen la norma UNE 20.460-5-523 i la ITC-BT-07.

La taula 3.14 fa referència a la intensitat màxima admissible (A) en el conductor d'alumini de 0,6/1 kV (cable unipolar RZ1-Al), segons la secció del cable i del tipus d'instal·lació.

TAULA 3.14. Intensitat màxima admissible en el conductor d'alumini

Secció nominal del conductor (Al) (ϕ mm ²)									
16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Tubs encastats en la paret d'obra o en muntatge superficial Canals protectores Conductes tancats d'obra de fàbrica									
65	82	102	124	158	192	223	258	294	372
Tubs soterrats									
78	100	120	144	186	208	236	264	300	344

Valors segons la taula 1 de la ITC-BT-19, mètode B, columna 8, temperatura ambient 40°C. Vegeu ITC-BT-07 apartat 3.1.2.1 i factor de correcció 0,8 segons l'apartat 3.1.3. Els valors de la intensitat són els fixats a la norma UNE 20.460-5-523.

Secció del conductor neutre i diàmetre del tub. Per a la secció del conductor neutre s'ha de tenir en compte el màxim desequilibri que es pot preveure, els corrents harmònics i el seu comportament, segons les proteccions establertes davant de les sobrecàrregues i els curtcircuits que puguin presentar-se.

El conductor neutre ha de tenir una secció que sigui aproximadament el 50% de la corresponent al conductor de fase, i no pot ser inferior als valors especificats a la taula 3.15, la qual detalla també els diàmetres dels tubs i les seccions dels cables que s'han d'instal·lar. Les dimensions d'altres tipus de canalitzacions han de permetre ampliar en un 100% la secció dels conductors.

TAULA 3.15. Secció del conductor neutre i diàmetre exterior dels tubs

Secció ϕ mm ²	Diàmetre exterior dels tubs	
Fase	Neutre	
10 (Cu)	10	75
16 (Cu)	10	75
16 (Al)	16	75
25	16	110
35	16	110

Les ITC-BT 07 i 14

Les instal·lacions de cables aïllats i conductors de protecció a l'interior de tubs soterrats han de complir el que especifica la ITC-BT-07, la qual detalla tot el que fa referència a les xarxes subterrànies de distribució en baixa tensió, excepte pel que fa a la LGA, cas en què cal seguir la ITC-BT-14.

TAULA 3.15 (continuació)

Secció ϕ mm ² Fase	Neutre	Diàmetre exterior dels tubs
50	25	125
70	35	140
95	50	140
120	70	160
150	70	160
185	95	180
240	120	200

Compte!

Quan hagin de ser instal·lats a l'interior dels tubs, els diàmetres d'aquests segons la secció del cable que s'ha d'instal·lar han de ser els valors que hi ha indicats a la taula 3.15. En el cas d'altres agrupacions, cal consultar les taules 2, 5 i 9 de la ITC-BT-21.

Calcular la derivació individual (DI)

En el càlcul de la *secció dels conductors* es té en compte la *demanda prevista* per a cada usuari, que ha de ser com a mínim la que fixa la ITC-BT-10, i la *intensitat* de la qual ha d'estar controlada pels dispositius de comandament i protecció.

Compte!

A efectes de les intensitats admissibles per cada secció heu de tenir en compte tot el que indica la ITC-BT-19, i en el cas de cables aïllats a l'interior de tubs soterrats, el que estableix la ITC-BT-07.

La **caiguda de tensió** és el paràmetre crític per a l'elecció de la secció dels conductors de la derivació individual.

La **caiguda de tensió màxima** admissible ha de ser la següent:

- del 0,5% en el cas de comptadors centralitzats en més d'un lloc;
- de l'1% en el cas de comptadors totalment concentrats;
- de l'1,5% en el cas de derivacions individuals en subministraments per a un únic usuari en què no hi ha LGA.

El càlcul de les derivacions individuals es pot fer, tal com passava en el cas de la LGA, amb el *mètode de caigudes de tensió unitàries* o amb el *mètode simplificat*. El càlcul, però, ha de dur a terme els passos següents:

- Calcular la intensitat segons la previsió de càrregues.
- Seleccionar el sistema de canalització, el sistema d'instal·lació i el tipus de conductor.

- Calcular inicialment la secció per caiguda de tensió i per intensitat admissible del conductor.
- Determinar les dimensions de la canalització.

Hi ha un parell d'observacions sobre el procés de càlcul de les derivacions individuals a fi d'optimitzar el resultat:

- **Cal minimitzar la caiguda de tensió a la DI**, ja que segons la ITC-BT-19 és possible compensar les caigudes de tensió (*cdt*) entre la instal·lació interior i la derivació individual. D'aquí que sigui recomanable, en la majoria de casos, minimitzar la caiguda de tensió a la derivació individual i així limitar la secció dels conductors a les instal·lacions interiors.
- **Prendre com a temperatura la màxima del conductor**. En determinades instal·lacions (oficines, locals comercials, petites indústries, etc.) en les quals és previsible un augment futur de la potència instal·lada i, per tant, un increment de la temperatura de servei del conductor, es recomana fer els càlculs de manera que es pregui en consideració d'entrada la temperatura màxima de servei del conductor.

Exemple de procediment per determinar la secció de les derivacions individuals

D'entrada, cal establir el càlcul per a un habitatge amb subministrament monofàsic a 230 V i una temperatura estimada del conductor de 40°C.

1. Calcular la caiguda de tensió. Tot seguit hi ha un recull dels valors de la caiguda de tensió (*cdt*) de la derivació individual (DI). Si la temperatura, per exemple, fos 70°C, els valors de la *cdt* s'haurien de multiplicar per un *factor de correcció* de l'1,12.

La taula 3.16 recull els valors de caiguda de tensió expressats en volts (V), segons la secció i la longitud del cable per a una electrificació bàsica de 5.750 W.

TAULA 3.16. Valors de la caiguda de tensió (en volts) per a una electrificació bàsica

Secció ($\varnothing$ mm ²)	Longitud de la derivació individual (m)							
	10	20	25	30	35	40	45	50
6	1,60	3,20						
10	0,96	1,92	2,40	2,88	3,36			
16	0,60	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00
25	0,38	0,77	0,96	1,15	1,34	1,54	1,73	1,92
35	0,28	0,55	0,68	0,83	0,96	1,09	1,24	1,37
50	0,19	0,38	0,48	0,58	0,67	0,77	0,86	0,96

La taula 3.17 mostra els valors de caiguda de tensió expressats en volts (V), de la derivació individual segons la secció i la longitud del cable, per a una electrificació

elevada de 9.200 W.

TAULA 3.17. Valors de caiguda de tensió en volts per a una electrificació elevada

Secció ($\varnothing$ mm ²)	Longitud de la derivació individual (m)							
	10	20	25	30	35	40	45	50
6	2,58							
10	1,54	3,08						
16	0,97	1,93	2,41	2,90	3,38			
25	0,62	1,23	1,54	1,85	2,16	2,47	2,78	3,08
35	0,45	0,88	1,09	1,33	1,54	1,76	1,99	2,21
50	0,31	0,62	0,77	0,93	1,08	1,23	1,39	1,54

A l'exemple que recullen la taula 3.16 i taula 3.17, la secció dels conductors depèn de la *caiguda de tensió màxima admesa*, que en el cas de subministraments monofàsics varia segons si són:

- **comptadors centralitzats en més d'un lloc**, cas en el qual el màxim admès és del 0,5% de 230 V = 1,65 V;
- **comptadors totalment concentrats**, cas en el qual el màxim admès és de l'1% de 230 V = 2,3 V;
- **habitatges unifamiliars sense LGA**, cas en el qual el màxim admès és de l'1,5% de 230 V = 3,45 V.

2. Comprovar la intensitat màxima admissible. A la taula 3.18 i taula 3.19 hi ha indicats per a cada tipus de cable, la *intensitat màxima admissible* segons la secció del cable i el tipus d'instal·lació, sempre el més habituals, ja que han estat descartats el que tenen un interès pràctic menor.

Compte!

Si s'escau, cal aplicar els factors de correcció per agrupament de circuits o per temperatura ambient.

A la taula 3.18 hi ha els valors de la intensitat màxima admissible per a conductors unipolars ES07Z1-K (450/750V).

TAULA 3.18. Intensitat màxima admissible en A per a conductors unipolars ES07Z1-K (450/750V), segons el tipus d'instal·lació

	Secció nominal del conductor (Cu) $\varnothing$ (mm ²)											
	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Tubs encastrats												
Tubs en muntatge superficial <i>sm</i>												
36	50	66	84	104								
Tubs encastrats												
Tubs en muntatge superficial <i>st</i>												
32	44	59	77	96	117	149	180	208	236	268	315	

Valors conformes a la taula 1 de la ITC-BT-19, mètode B, a una temperatura ambient de 40°C. *sm* és el subministrament monofàsic i *st* és el subministrament trifàsic.

La taula 3.19 mostra els valors de la intensitat màxima admissible per a conductors unipolars RZ1-K (0,6/1 kV).

TAULA 3.19. Intensitat màxima admissible en A per a conductors unipolars ES07Z1-K (0,6/1 kV) segons el tipus d'instal·lació

Secció nominal del conductor (Cu) s (mm ²)											
6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Tubs soterrats <i>sm</i>											
71	94	122	157	186							
Tubs soterrats <i>st</i>											
58	77	100	128	152	184	224	268	304	340	384	440
Tubs encastats Tubs en muntatge superficial Canals protectores i conductes tancats d'obra de fàbrica <i>sm</i>											
49	68	91	116	144							
Tubs encastats Tubs en muntatge superficial Canals protectores i conductes tancats d'obra de fàbrica <i>st</i>											
44	60	80	106	131	159	202	245	284	338	386	455

Les dades es basen en la ITC-BT-07, 3.1.3, amb una temperatura del terreny de 25 °C, i en la taula 1 de la ITC-BT-19 mètode B, columna 8, per a una temperatura ambient de 40 °C. L'abreviatura *sm* significa 'subministrament monofàsic' i *st* 'subministrament trifàsic'.

A la taula 3.20 hi ha els valors de la intensitat màxima admissible per a cables multiconductors RZ1-K (0,6/1 kV).

TAULA 3.20. Intensitat màxima admissible en A per a cables multiconductors RZ1-K (0,6/1 kV) en funció del tipus d'instal·lació

Secció nominal del conductor (Cu) s (mm ²)											
6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Tubs soterrats <i>sm</i>											
65	86	113	147	176							
Tubs soterrats <i>st</i>											
53	70	92	120	144	172	208	248	284	320	360	416
Tubs encastats Tubs en muntatge superficial Canals protectores i conductes tancats d'obra de fàbrica <i>sm</i>											
49	68	91	116	144							
Tubs encastats Tubs en muntatge superficial Canals protectores i conductes tancats d'obra de fàbrica <i>st</i>											
44	60	80	106	131	159	202	245	284	338	386	455

Els valors estan basats en la ITC-BT-07, 3.1.3, per a una temperatura del terreny de 25 °C i la taula 1 de la ITC-BT-19 mètode B, columna 8, per a una temperatura ambient de 40 °C. L'abreviatura *sm* significa 'subministrament monofàsic' i *st* 'subministrament trifàsic'.

3. Dimensions de tubs i canals protectores. Un cop coneguda la secció dels conductors, se selecciona la secció del sistema de canalització (tub o canal protectora), d'acord amb els criteris que indiquen la taula 3.21 i taula 3.22.

La taula 3.21, en particular, indica el *diàmetre* dels tubs i la *secció eficaç mínima* de les canals protectores segons la secció del conductor per a un subministrament monofàsic.

TAULA 3.21. Diàmetre dels tubs i secció eficaç mínima de les canals protectores per a un subministrament monofàsic

Diàmetre exterior dels tubs (mm)											
Secció nom. cond.	Secció eficaç mínima canals protectores (mm ²)			Muntatge superficial			Encastat			Soterrat	
(mm ²)	ES07Z1- RZ1-K K			ES07Z1- RZ1-K K			ES07Z1- RZ1-K K			RZ1-K	
	3U	3U	1T ¹	3U	3U	1T	3U	1U	1T	3U	1T
6	236	560	618	32	32	32	32	40	40	40	40
10	388	744	789	32	40	40	32	40	40	40	50
16	551	975	789	32	40	40	32	40	40	50	50
25	874	1283	1558	50	50	50	50	50	63	63	63
35	1150	1581	2005	63	50	63	50	63	63	63	75

En el cas d'aquest sistema particular (1T1) d'instal·lació, per coincidència en el seu traçat, es poden col·locar diverses derivacions individuals a dins de la mateixa canal protectora; en aquest cas es multiplica la secció eficaç pel nombre de derivacions individuals. U és el cable unipolar i T és el cable de tres conductors.

La taula 3.22 indica els diferents diàmetres dels tubs i secció eficaç mínima de les canals protectores segons la secció del conductor per a un subministrament trifàsic.

TAULA 3.22. Diàmetre dels tubs i secció eficaç mínima de canals protectores per a un subministrament trifàsic

Diàmetre exterior dels tubs (mm)											
Secció nom. cond.	Secció eficaç mínima canals protectores (mm ²)			Muntatge superficial			Encastat			Soterrat	
(mm ²)	ES07Z1- RZ1-K K			ES07Z1- RZ1-K K			ES07Z1- RZ1-K K			RZ1-K	
	5U	5U	1P ¹	5U	5U	1P	5U	5U	1P	5U	1P
6	393	933	865	32	40	40	32	50	40	50	50
10	647	1240	1128	40	50	50	40	50	50	63	63
16	919	1625	1695	50	63	50	63	63	63	63	63
25	1457	2139	2304	63	63	75	63	63	75	75	90
35	1916	2635	3007	63	75		75	75	75	90	90
50	2705	3478	4211	75						110	110
70	3584	4724								125	
95	4637	5639								125	
120		7272								140	
150		9275								160	
185		10893								180	
240		13514								200	

En el cas d'aquest sistema d'instal·lació, (1P1), per coincidència en el seu traçat, es poden col·locar diverses derivacions individuals a l'interior de la mateixa canal protectora, en aquest cas es multiplica la secció eficaç pel nombre de derivacions individuals. U és el cable unipolar i T és el cable de tres conductors.

Els valors corresponents a la *secció eficaç mínima* de les canals protectores i al diàmetre exterior dels tubs de les dues taules anteriors s'han considerat

Per a un càlcul més exacte es poden utilitzar les fórmules de la ITC-BT-15, apartat 3 sobre els cables.

menyspreables les seccions ocupades per l'agulla de comandament (1,5 mm²).

4. Aplicació en edificis d'habitatges amb subministrament monofàsic. Com a resum de l'aplicació per a edificis d'habitatges amb subministrament monofàsic i comptadors centralitzats en un únic lloc, hi ha la taula 3.23 i taula 3.24, que, segons la derivació individual i el grau d'electrificació, calculen la secció del conductor, el diàmetre exterior del tub i la secció efectiva de la canal protectora que cal utilitzar. La taula 3.23, en particular, mostra aquests valors per a una electrificació bàsica de 5.750 W.

TAULA 3.23. Secció del conductor, diàmetre exterior del tub i secció efectiva de la canal, segons el tipus de DI per a una electrificació bàsica

Cable		450/750 V		0,6/1 kV 3 unipolars		0,6/1 kV (1 tripolar)	
Longitud de la DI (m)	Secció (mm ²)	Diàmetre tub (mm)	Secció efectiva canal (mm ²)	Diàmetre tub (mm)	Secció efectiva canal (mm ²)	Diàmetre tub (mm)	Secció efectiva canal (mm ²)
fins a 14	6	40	236	40	560	40	618
fins a 23	10	40	388	40	744	40	789
fins a 38	16	40	551	40	975	50	1179
fins a 59	25	50	874	50	1283	50	1558

La taula 3.24 presenta els valors de la secció del conductor, el diàmetre exterior del tub i la secció efectiva de la canal protectora per a una electrificació elevada 9.200 W.

TAULA 3.24. Secció del conductor, diàmetre exterior del tub i secció efectiva de la canal, segons el tipus de DI per a una electrificació elevada

Cable		450/750 V		0,6/1 kV 3 unipolars		0,6/1 kV (1 tripolar)	
Longitud DI (m)	Secció (mm ²)	Diàmetre tub (mm)	Secció efectiva canal (mm ²)	Diàmetre tub (mm)	Secció efectiva canal (mm ²)	Diàmetre tub (mm)	Secció efectiva canal (mm ²)
fins a 8	6	40	236	40	560	40	618
fins a 14	10	40	388	40	744	40	789
fins a 23	16	40	551	40	975	50	1179
fins a 37	25	50	874	50	1283	50	1558
fins a 50	35	50	1150	50	1581	63	2005

A la taula 3.25 hi ha els tipus de cables, amb la seva tensió assignada segons el tipus d'instal·lació i de canalització.

TAULA 3.25. Tensió assignada i tipus de cables segons el tipus d'instal·lació

Sistema instal·lació i canalització	Cable
Superficial amb tub no propagador de la flama	ES07Z1-K, RZ1-K (AS) i DZ1-K (AS)
Superficial amb canal no propagadora de la flama	ES07Z1-K, RZ1-K (AS) i DZ1-K (AS)
Encastat amb tub no propagador de la flama	ES07Z1-K, RZ1-K (AS) i DZ1-K (AS)
Encastat amb canal no propagadora de la flama	ES07Z1-K, RZ1-K (AS) i DZ1-K (AS)

Els colors dels aïllants

Els cables porten aïllants de colors diferents. Els cables neutres són de color blau, mentre que els de fase són marrons, negres o grisos (grisos utilitzats en el cas d'un sistema trifàsic) i els cables de protecció són verd-grocs.

TAULA 3.25 (continuació)

Sistema instal·lació i canalització	Cable
Soterrat amb tub no propagador de la flama	RZ1-K (AS) i DZ1-K (AS) (sempre multiconductors)
Canal d'obra amb tub no propagador de la flama	ES07Z1-K, RZ1-K (AS) i DZ1-K (AS)
Canal d'obra amb canal no propagadora de la flama	ES07Z1-K, RZ1-K (AS) i DZ1-K (AS)
Canal d'obra amb safates	RZ1-K (AS) i DZ1-K (AS)
Canal d'obra amb cables instal·lats a dins	RZ1-K (AS) i DZ1-K (AS)

Nota: canalització prefabricada segons UNE-EN 60439-2

Respecte a les dades de la taula 3.25, **ES07Z1-K (AS)** és un cable unipolar de tensió assignada 450/750 V amb conductor de coure de classe 5 (flexible) i aïllament de compost termoplàstic. **RZ1-K (AS)** és un cable de tensió assignada 0,6/1 kV amb conductor de coure de classe 5, aïllament de polietilè reticulat i coberta amb compost termoplàstic. **DZ1-K (AS)** és un cable de tensió assignada 0,6/1 kV amb conductor de coure de classe 5, aïllament d'etilè-propilè i coberta amb compost termoplàstic.

La taula 3.26 recull les dimensions que ha de tenir com a mínim la canaleta o el conducte fet d'obra de fàbrica.

TAULA 3.26. Dimensions mínimes en m de la canaleta o conducte d'obra de fàbrica

Nombre de derivacions	L (m)	
	una fila	dues files
Fins a 12	0,65	0,5
13-24	1,25	0,65
25-36	1,85	0,95
37-48	2,45	1,35

L és l'amplada per a una profunditat (P) de 0,15 m; totes dues expressades en metres.

A les activitats del web del mòdul 6 hi ha diverses propostes per aplicar aquests conceptes.

5. Formulari utilitzat. La taula 3.27 resumeix les fórmules principals que s'han d'aplicar a l'hora de fer els càlculs de les derivacions individuals.

TAULA 3.27. Formulari per calcular la derivació individual (DI)

Subministraments	Unitats	
Monofàsics	Trifàsics	
$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$	A
$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e}$	$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e}$	mm ²
$S = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$	$S = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$	mm ²

$\cos \varphi$: desfasament entre tensió i corrent en tant per 1 (factor de potència). γ : conductivitat en siemens per metre (S/m). P: potència expressada en watts (W). L: longitud expressada en metres (m). e: caiguda de tensió en volts (V). U: és la tensió nominal de la línia en volts (V).

3.1.3 Dimensionament de la instal·lació de posada a terra

La instal·lació de **posada a terra** té com a finalitat aconseguir que en el conjunt d'instal·lacions, en els edificis i en les superfícies de terreny properes no apareguin **diferències de potencial perilloses** i, alhora, ha de permetre el pas a terra dels corrents de defecte o dels de descàrrega que s'originen a l'atmosfera.

La normativa ITC-BT-18

Quan altres instruccions tècniques del REBT prescrivin l'obligatorietat de posar a terra algun element o part de la instal·lació, les posades a terra en qüestió s'han de regir pel contingut de la ITC-BT-18.

Les unions a terra

Per a la **presa de terra** es poden utilitzar **elèctrodes** formats pel següent:

- barres o tubs;
- platines o conductors nus;
- plaques;
- anells o malles metàl·liques constituïts pels elements anteriors o les seves combinacions;
- armadures de formigó enterrades, exceptuant-ne les armadures pretensades;
- altres estructures enterrades que es demostrï que són apropiades.

La secció dels conductors de terra. La secció dels conductors de terra ha de satisfer les mateixes prescripcions que es compleixen en el cas dels conductors de protecció.

La secció dels **conductors de terra** no ha de ser mai inferior a la que s'exigeix en el cas dels **conductors de protecció**.

Extremeu la cura!

Durant l'execució de les unions entre conductors de terra i elèctrodes de terra heu d'**extremar la cura** perquè les unions resultin elèctricament correctes. Cal cuidar de manera especial que les connexions no danyin ni els conductors ni els elèctrodes de terra.

Bornes de posada a terra. En totes les instal·lacions de posada a terra s'ha de preveure una **borna principal de terra**, al qual s'hi han d'unir:

- els conductors de terra;

- els conductors de protecció;
- els conductors d'unió equipotencial principal;
- els conductors de posada a terra funcional, si n'hi ha.

Conductors de protecció. Els conductors de protecció serveixen per unir elèctricament les masses d'una instal·lació a alguns elements a fi d'assegurar la protecció contra contactes indirectes.

En tots els casos, els **conductors de protecció** que no formen part de la canalització d'alimentació han de ser de **coure** i han de tenir una **secció** com a mínim de $2,5 \text{ mm}^2$, si els conductors de protecció disposen d'una **protecció mecànica**, i de 4 mm^2 , si els conductors de protecció no disposen d'aquesta protecció mecànica.

La taula 3.28 indica quines han de ser les seccions dels conductors de protecció.

TAULA 3.28. Secció dels conductors de protecció

Secció dels conductors de fase de la instal·lació	Secció mínima dels conductors de protecció
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Compte!

Si l'aplicació de la taula 3.28 condueix a valors no normalitzats, aleshores heu d'utilitzar conductors que tinguin la secció normalitzada superior més propera.

Els valors de la taula 3.28 només són vàlids si els conductors de protecció han estat fabricats amb el mateix material que els conductors actius. Si no és així, les seccions dels conductors de protecció s'han de determinar de manera que presentin una conductivitat equivalent a la que resulta en aplicar aquesta taula.

Quan el conductor de protecció és comú a diferents circuits, cal dimensionar la secció del conductor segons la secció dels conductors de fase que sigui més gran.

Com a **conductors de protecció** es poden utilitzar:

- els conductors amb cables multiconductors;
- els conductors aïllats o nus que tinguin un embolcall comú amb els conductors actius;
- els conductors separats nus o aïllats.

Pel que fa als conductors de protecció, cal tenir en compte les següents característiques de caràcter prescriptiu:

- els conductors de protecció han d'estar convenientment protegits contra deterioraments mecànics, químics i electroquímics i contra els esforços electrodinàmics;
- les connexions han de ser accessibles per a la verificació i els assajos, excepte en les efectuades en caixes estanques;
- cap aparell ha d'estar intercalat al conductor de protecció.

La resistència de les preses de terra

L'**elèctrode** s'ha de dimensionar de manera que la seva **resistència de terra**, en qualsevol circumstància previsible, no sigui superior al valor que, en cada cas, aquesta té especificat.

El valor de resistència de terra ha de ser tal que qualsevol massa no pugui donar lloc a tensions de contacte superiors a les següents:

- 24 V en local o emplaçament conductor;
- 50 V en la resta de casos.

Compte!

Si les condicions de la instal·lació poden donar lloc a tensions de contacte superiors als valors de 24 V i 50 V, cal garantir l'eliminació ràpida de la falta, amb dispositius de tall adequats al corrent de servei.

La **resistència d'un elèctrode** depèn de les seves dimensions i forma i de la resistivitat del terreny en què s'estableix. Aquesta resistivitat varia sovint d'un punt a un altre del terreny, i també varia amb la profunditat.

La **resistivitat** varia notablement a causa de l'estratigrafia del terreny, les baixes temperatures, la sequedat o la humitat, la salinitat, les quals varien al llarg de l'any. La humitat està condicionada per la porositat i la granulometria del terreny.

Tot i que la sequedat és desfavorable per a la conductivitat del terreny, es desaconsella instal·lar elèctrodes en zones inundades o que poden quedar negades, com són, per exemple, els terrenys propers a un riu o a una torrentera.

Per tal d'obtenir una primera aproximació a la resistivitat del terreny, els càlculs es poden efectuar utilitzant els **valors mitjans** que recull la taula 3.29.

TAULA 3.29. Valors mitjans de la resistivitat, expressats en ohms per metre ($\Omega \cdot m$)

Naturalitat del terreny	Valor mitjà en $\Omega \cdot m$ de la resistivitat
Terrenys cultivables i fèrtils Terraplens compactes i humits	50
Terraplens cultivables poc fèrtils Altres terraplens	500
Terres pedregoses nus Sorres seques permeables	3.000

La Guia BT-18 d'instal·lacions de preses de terra indica els valors de la resistivitat en els diferents tipus de terrenys.

TAULA 3.29 (continuació)

Naturalesa del terreny	Valor mitjà en $\Omega \cdot m$ de la resistivitat
Aquests valors mitjans permeten calcular de manera aproximada la resistència a terra d'un elèctrode.	

Tipus d'elèctrodes. Els tipus d'elèctrodes més utilitzats en les instal·lacions de posada a terra són els de *placa* (figura 3.1), els de *pica* (figura 3.2) i els *conductors enterrats* (figura 3.3).

FIGURA 3.1. Elèctrode placa

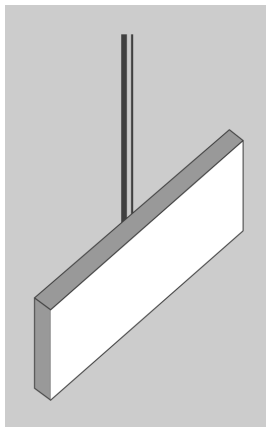


FIGURA 3.2. Elèctrode de pica

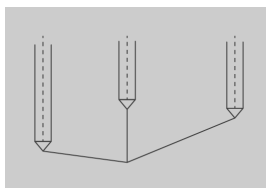
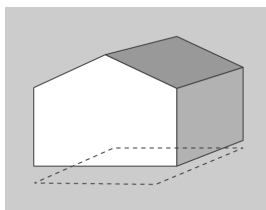


FIGURA 3.3. Elèctrode amb conductor enterrat



Un **elèctrode** és qualsevol massa metàl·lica que, introduïda en el terreny i en permanent contacte amb aquest, facilita el pas a terra de qualsevol càrrega elèctrica.

La taula 3.30 mostra aquests tres tipus d'elèctrodes, amb les seves característiques i fórmules de càlcul.

TAULA 3.30. Característiques i expressions de càlcul segons l'elèctrode utilitzat

Tipus d'elèctrode	Característiques	Resistència de pas (Ω)	
Placa enterrada	S'instal·la en posició vertical per millorar el contacte amb el terreny.	Posició vertical: $R = 0,8 \cdot \frac{\rho_a}{P}$	Posició horitzontal: $R = 1,6 \cdot \frac{\rho_a}{P}$
	Ofereix una gran superfície de contacte.		
	Acostuma a ser de coure o ferro galvanitzat.		
Pica vertical	No pot tenir una superfície útil inferior a 0,5 m ² .		
	Les piques de gran longitud poden penetrar en estrats amb resistivitats menors.	Pica individual: $R = \frac{\rho_a}{L}$	En paral·lel: $R_T = \frac{R_1}{n}$
	Poden disposar-se en paral·lel tot mantenint una distància mínima entre si igual al doble de la seva longitud.		
Conductor enterrat (horitzontal)	Els conductors es col·loquen <i>embeguts</i> en els fonaments de l'edifici tot formant un bucle al seu voltant; o <i>en rases</i> , a una profunditat aproximada de 0,8 m, cobertes de terra perquè mantinguin la humitat.	$R = \frac{2 \cdot \rho_a}{L}$	

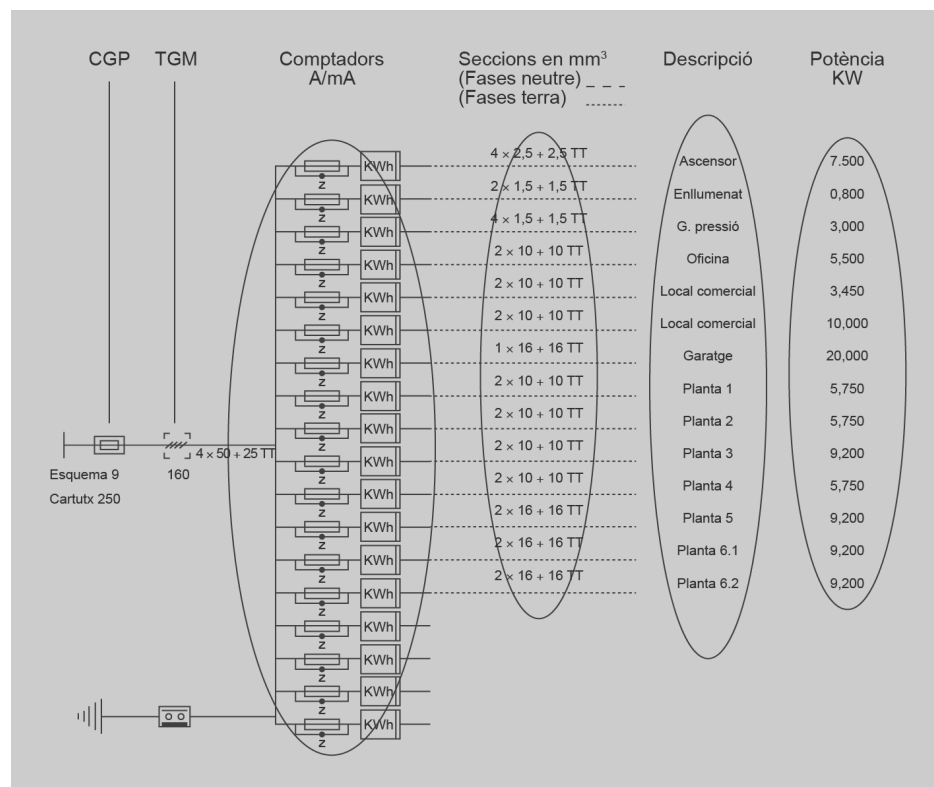
ρ_a : resistivitat aparent del terreny en ohms per metre ($\Omega \cdot m$). P: perímetre de la placa en metres (m). L: longitud de la pica o del conductor en metres (m). R1: resistència de pas d'una sola pica en ohms (Ω). n: nombre de piques.

L'apartat 2 de les activitats al web del mòdul 6 presenta els resultats d'un esquema unifilar d'instal·lació d'enllaç.

3.1.4 Representació gràfica d'instal·lacions d'enllaç

La representació gràfica és a l'**esquema unifilar** i detalla tot el que fa referència a les característiques bàsiques dels elements, és a dir, corrents màxims pel que fa a CGP, fusibles i dispositius de protecció, com també les seccions dels cables i la quantitat de conductors per línia tot comptabilitzant el conductor de protecció.

La figura 3.4 mostra un exemple de representació gràfica amb simbologia normalitzada.

FIGURA 3.4. Representació gràfica mitjançant simbologia normalitzada d'una instal·lació d'enllaç

A les adreces d'interès del web del mòdul 6 hi ha un seguit de referències a les pàgines d'Internet dels fabricants de programari útil per al càlcul i la representació gràfica de les instal·lacions d'enllaç.

Eines informàtiques. Actualment hi ha un ventall molt ampli d'eines informàtiques que ens faciliten calcular els elements d'una instal·lació d'enllaç, com també elaborar documentació, ja sigui la memòria tècnica de disseny (MTD), l'esquema unifilar o els diferents documents que cal presentar per legalitzar-la.

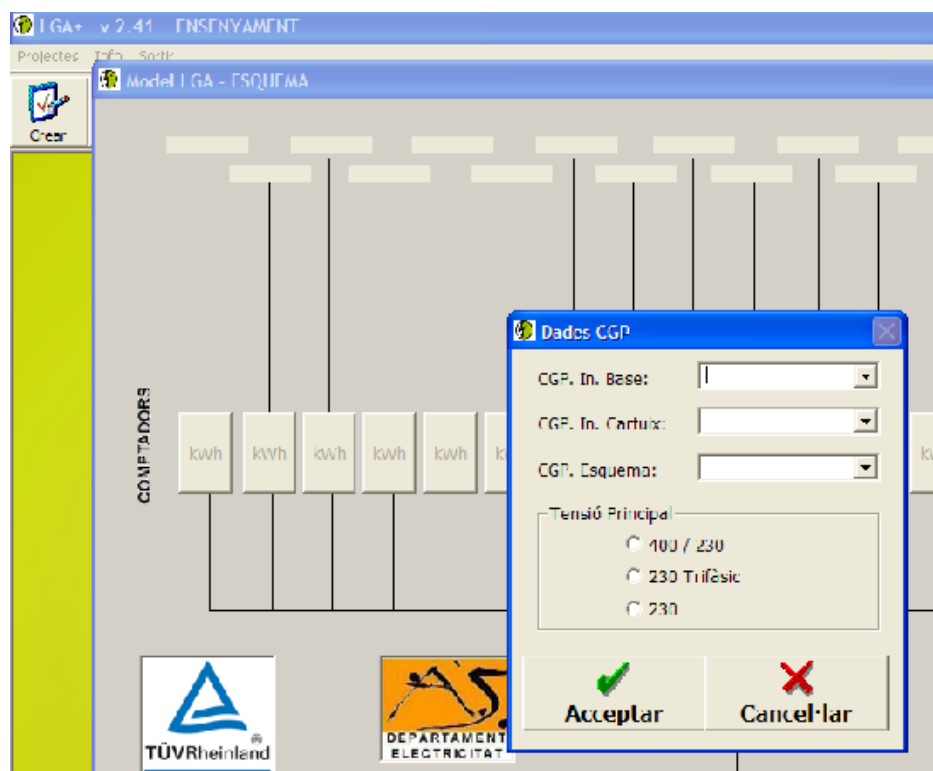
Per tal de tenir una perspectiva de diferents programaris n'esmentarem alguns i en descriurem breument les característiques més representatives.

ElecPro i LGA+

El fabricant AGIT SL ofereix, entre d'altres, dues aplicacions molt senzilles de fer anar que us poden ser d'utilitat:

- **ElecPro** per elaborar la memòria tècnica de disseny (MTD);
- **LGA+** per elaborar memòries tècniques i esquemes unifilars.

La figura 3.5 mostra un pas del procés per definir les característiques d'una instal·lació d'enllaç amb la finalitat d'elaborar la memòria tècnica i l'esquema unifilar.

FIGURA 3.5. Procés d'introducció de dades en el programari LGA+

CIEBT

Per al **càlcul d'instal·lacions electrotècniques de baixa tensió** hi ha al mercat l'aplicació CIEBT, força completa, del fabricant **dmELECT**, la qual permet elaborar també documentació per a instal·lacions que requereixen projecte, amb la generació d'una memòria descriptiva detallada amb tots els apartats i subapartats que requereix la llei.

CYPE

L'empresa **Cype Ingenieros** ofereix un entorn de treball en el qual també és possible fer càlculs elèctrics, entre moltes altres coses, i representar gràficament una instal·lació elèctrica.

CYPE És un programa que requereix més formació per emprar-lo, però té el gran avantatge que en podem descarregar una versió d'avaluació o descarregar el mateix fitxer i activar-lo per a un ús restringit a un horari (de 22 h a les 8 del matí); l'arxiu que s'ha de descarregar és de més d'1 GB i cal una connexió a Internet permanent.

PrismyTool

El programari **PrismyTool** de càlcul de conductors és especialment didàctic i fàcil d'utilitzar, ja que guia a l'hora d'omplir els paràmetres i permet en qualsevol moment consultar les instruccions tècniques complementaries aplicables en cada cas.

PrismyTool és un programari de descàrrega gratuïta en un arxiu únic de 18 MB.

La figura 3.6 mostra una pàgina d'exemple del càlcul d'una LGA.

FIGURA 3.6. Informe de càlcul d'una línia general d'alimentació

Resumen características cálculo Baja Tensión (aéreo)

Tipo de instalación: ITC-BT 14 Línea general de alimentación
 Tipo de Instalación II: Bajo tubo, canal o conducto de sección no circular
 Tipo de Instalación III: En montaje superficial

Selección cable
 Nombre del cable seleccionado: Afumex 1000 V InsTech (AS) (Cable de 1000 V AS)

Características instalación

Intensidad de corriente: 100.00 A	Tipo de corriente utilizada: Alterna Trifásica
Potencia activa: 62.35 kW	Tensión utilizada: 400 V
Potencia aparente: 69.28 kVA	Composición de cable: Conductores aislados o cables unipolares
Cos φ: 0.9	Intensidad de cortocircuito: --
Rendimiento (motores): --	Tiempo disparo protecciones: --
Coefficiente por tipo de instalación: 1 (otros)	% Caída de tensión: 1.0
Coefficiente por tipo de receptor: 1 (otros)	Caída de tensión: 4.0 V
Otro coeficiente: 1.00	Longitud de la línea: 30 m
Temperatura ambiente: 40 °C (1.00)	Reactancia: 0.00 Ω/km
Cable expuesto al sol directamente: NO (1.00)	Tipo de instalación bandejas: --
nº de circuitos adicionales: 0 (1.00)*	Numero de bandejas: --
	nº de circuitos adicionales: -- Separación circuitos: --
	Factor Corrección por circuitos en 1 capa (bandejas): --
	nº de capas: -- Factor corrección capas: --

* Ver el valor final de aplicación en el cuadro de Resultado

Resultado

Sección por intensidad: 35 mm²	Sección por cortocircuito: No calculado	Sección por caída de tensión: 35 mm²
Número de conductores por fase: 1	Número de conductores por fase: No calculado	Número de conductores por fase: 1
Intensidad máxima admisible del circuito: 119.00 A	Solución	
	Sección: 35 mm²	
	nº conductores por fase: 1	

NOTA: factor de corrección por agrupación final (nº cond por fase + circuitos ad.): 1.00

Informar Salvar Cálculo Ver Formulario << Atrás Calcular Cancelar (X)

3.2 Documentació tècnica i posada en servei de les instal·lacions elèctriques d'enllaç

Quan un usuari necessita un subministrament d'energia elèctrica per al seu nou habitatge, local comercial, d'oficines o indústria, l'instal·lador autoritzat en baixa tensió ha d'iniciar una sèrie de procediments administratius i comercials amb la companyia subministradora i amb els òrgans competents de la Generalitat de Catalunya, que és necessari conèixer per tal d'evitar retards en la posada en marxa de la nova instal·lació.

La tramitació amb l'empresa subministradora s'inicia amb una sol·licitud de subministrament, després continua amb la tramitació de l'informe tècnic d'instal·lació d'enllaç, després es fan les instal·lacions necessàries per connectar la xarxa de distribució de l'empresa elèctrica amb el nou usuari i acaba amb la contractació.

Tots aquests procediments estan regulats per la llei del sector elèctric que té com a finalitat bàsica establir la regulació del sector i el real decret que regula les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.

La llei, el REBT i els reials decrets són les bases fonamentals d'aquests procediments administratius, sense oblidar les competències de la Generalitat de Catalunya en l'aplicació de decrets i instruccions que concreten i desenvolupen aspectes d'aquesta tramitació.

3.2.1 Documentació de les instal·lacions

La ITC-BT-04 (Documentació i posada en servei de les instal·lacions) té com a objecte desenvolupar les prescripcions de l'article 18 del REBT, i determinar la documentació tècnica que han de tenir les instal·lacions per ser legalment posades en servei, com també la seva tramitació davant de l'òrgan competent de l'Administració.

Les instal·lacions en l'àmbit d'aplicació d'aquest REBT s'han d'executar sobre la base d'una documentació tècnica que, depenent de la seva importància, ha d'adoptar una de les modalitats següents:

- Projecte
- Memòria tècnica de disseny (MTD)

Projecte

Si cal presentar un projecte com a documentació, l'ha de redactar i signar un tècnic titulat competent, el qual és la persona directament responsable que l'execució del projecte s'ajusti a les disposicions reglamentàries.

El **projecte d'instal·lació** es desenvolupa com a part del projecte general de l'edifici o en forma d'un projecte específic o més. En la memòria del projecte s'expressen especialment:

- Les dades relatives al propietari.
- L'emplaçament, les característiques bàsiques i l'ús al qual es dedicarà, com també les característiques i les seccions dels conductors que es faran servir.
- Les característiques i els diàmetres dels tubs per a les canalitzacions.
- La relació nominal dels receptors que es preveu instal·lar i la seva potència, sistemes i dispositius de seguretat adoptats i tots els detalls que calguin d'acord amb la importància de la instal·lació projectada i a fi i efecte de posar de manifest el compliment de les prescripcions del REBT i les seves instruccions tècniques complementàries.
- L'esquema unifilar de la instal·lació i les característiques dels dispositius de tall i protecció adoptats, els punts d'utilització i les seccions dels conductors.
- Els croquis del traçat.
- Els càlculs justificatius de disseny.

Els **plànols** han de ser suficients en nombre i detall, tant per donar una idea clara de les disposicions que es pretenen adoptar a les instal·lacions, com perquè l'empresa

instal·ladora que executi la instal·lació disposi de totes les dades necessàries per realitzar-la.

Instal·lacions que necessiten projecte

Per executar-les, necessiten l'elaboració de projecte les instal·lacions noves següents que s'indiquen a la taula 3.31.

TAULA 3.31. Instal·lacions que requereixen projecte

Grup	Tipus d'instal·lació	Límits
a	· Indústries, en general	P > 20 kW
b	· Locals humits, pulverulents o amb risc de corrosió · Bombes d'extracció o elevació d'aigua, siguin industrials o no	P > 10 kW
c	· Locals mullats · Generadors i convertidors · Conductors aïllats per escalfar, excloent les d'habitatges	P > 10 kW
d	· De caràcter temporal per a l'alimentació de maquinària d'obres en construcció · De caràcter temporal en locals o emplaçaments oberts	P > 50 kW
e	· Instal·lació d'enllaç i serveis comuns a edificis dedicats preferentment: a habitatges, locals comercials i d'oficines, que no tinguin la consideració de locals de concurrència pública en edificació vertical o horitzontal	P > 100 kW per caixa general de protecció (CGP)
f	· Habitatges unifamiliars	P > 50 kW
g	· Garatges que requereixen ventilació forçosa	Sigui quina sigui la seva ocupació
h	· Garatges que disposen de ventilació natural	De més de 5 places d'estacionament
i	· Locals de concurrència pública	Sense límit
j	· Línies de baixa tensió amb suports comuns amb les d'alta tensió · Màquines elevadores i de transport · Les que utilitzin tensions especials · Les destinades a rètols lluminosos tret que es considerin instal·lacions de baixa tensió segons el que estableix la ITC-BT-44 · Tanques elèctriques · Xarxes aèries o subterrànies de distribució	Sense límit de potència
k	· Instal·lacions d'enllumenat exterior	P > 5 kW
l	· Locals amb risc d'incendi o d'explosió, excepte garatges	Sense límit
m	· Quiròfans i sales d'intervenció	Sense límit
n	· Piscines i fonts	P > 5 kW

TAULA 3.31 (continuació)

Grup	Tipus d'instal·lació	Límits
0	· Totes les que, sense estar compreses en els grups anteriors, així ho determini el Ministeri de Ciència i Tecnologia, mitjançant la disposició oportuna	Segons correspongui

P és la potència prevista a la instal·lació, tenint en compte el que estipula la ITC-BT-10.

Compte!

Si una instal·lació s'encabeix en més d'un grup dels que assenyalava la taula 3.31, se li ha d'aplicar el criteri més exigent dels establerts per als grups esmentats.

Així mateix, requereixen **elaboració de projecte** les ampliacions i modificacions d'aquestes instal·lacions següents:

- Les ampliacions de les instal·lacions dels tipus (b, c, g, i, j, l, m) i modificacions d'importància de les instal·lacions assenyalades a la taula 3.31.
- Les ampliacions de les instal·lacions que, tot i ser del tipus assenyalat a la taula 3.31, no arribin als límits de potència prevista establerts per a aquestes, però que els superen quan es produeix l'ampliació.
- Les ampliacions d'instal·lacions que originalment ja havien requerit projecte, si en una de les ampliacions o en més se supera el 50% de la potència prevista en el projecte anterior.

Memòria tècnica de disseny (MTD)

La **memòria tècnica de disseny** (MTD) s'ha de redactar sobre impresos, segons model determinat per l'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya, amb l'objectiu de proporcionar les dades i característiques de disseny principals de les instal·lacions.

L'instal·lador autoritzat per a la categoria de la instal·lació corresponent o el tècnic titulat competent que signa la memòria tècnica de disseny ha de ser directament responsable que s'adapti a les exigències reglamentàries.

Han de tenir MTD totes les instal·lacions, siguin noves, ampliacions o modificacions, no incloses en els grups indicats a la taula 3.31 i que necessiten projecte.

Aquesta memòria tècnica de disseny ha d'incloure, en especial, les dades següents:

- Les dades relatives al propietari.
- Identificació de la persona que signa la MTD, i justificant que n'acrediti la competència.
- Emplaçament de la instal·lació.

- Ús a què es dedicarà.
- Relació nominal dels receptors que hi ha previst instal·lar i la potència que tenen.
- Càlculs justificatius de les característiques de la línia general d'alimentació (LGA), derivacions individuals (DI) i línies secundàries, els seus elements de protecció i punts d'utilització.
- Petita memòria descriptiva.
- Esquema unifilar de la instal·lació i característiques dels dispositius de tall i protecció adoptats, punts d'utilització i seccions dels conductors.
- Croquis del traçat.

3.2.2 Execució i tramitació de les instal·lacions

ITC-BT-05

Aquesta instrucció tècnica complementària té com a finalitat desenvolupar el que preveuen els articles 18 i 20 del REBT pel que fa a les verificacions prèvies a la posada en servei i inspeccions de les instal·lacions elèctriques incloses en el seu camp d'aplicació. Les instal·lacions que s'especifiquen a la ITC-BT-05 han de ser objecte també de la inspecció inicial corresponent per part d'una entitat d'inspecció i control (EIC), que, a Catalunya, són l'ECA i l'ICICT.

Per executar instal·lacions que han requerit projecte cal la direcció d'un tècnic titulat competent.

Totes les instal·lacions en l'àmbit d'aplicació del REBT les han d'efectuar els instal·ladors autoritzats en baixa tensió.

L'instal·lador autoritzat és un tècnic especialitzat amb prou coneixements acadèmics i pràctics per garantir el funcionament perfecte de la instal·lació elèctrica.

En acabar l'execució de la instal·lació, l'instal·lador autoritzat ha de fer les verificacions oportunes, depenent de les característiques de la instal·lació, segons ho especifica la ITC-BT-05, i, si escau, totes les que determini la direcció d'obra.

I en cas de discrepàncies?

Si, en el curs de l'execució de la instal·lació, l'instal·lador autoritzat considera que el projecte o la MTD no s'ajusta al que estableix el REBT, ha de posar –per escrit– la circumstància en coneixement de l'autor i el propietari, del projecte o de la memòria tècnica de disseny esmentats.

Si no hi ha acord entre les parts, s'ha de sotmetre la qüestió a l'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya, perquè resolgui en el termini més breu possible.

Un cop finalitzades les obres i fetes les verificacions i la inspecció inicial, l'instal·lador autoritzat ha d'emetre un **certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió**, el qual ha d'incloure, almenys, el següent:

- Les dades referents a les característiques principals de la instal·lació.
- La potència prevista de la instal·lació.
- Si escau, la referència del certificat de l'EIC que s'hi hagi fet, amb la qualificació de resultat favorable, la inspecció inicial.

Consulteu als annexos del web de la unitat 6, apartat 2, l'annex 1 els documents, "Certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió" i "Certificat de direcció i acabament d'obra ELEC-4".

- Identificació de l'instal·lador autoritzat responsable de la instal·lació.
- Declaració expressa que la instal·lació ha estat executada d'acord amb les prescripcions del REBT i, si escau, amb les especificacions particulars aprovades a la companyia elèctrica, com també, segons correspongui, amb el projecte o la memòria tècnica de disseny (MDT).

Abans de la **posada en servei** de les instal·lacions, l'instal·lador autoritzat ha de presentar –per quintuplicat– davant l'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya, amb l'objecte de la seva inscripció en el registre corresponent, el **certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió** amb el seu **annex d'informació a l'usuari** corresponent, als quals acompanya, si escau, el **projecte** o la **memòria tècnica de disseny (MTD)**, com també el **certificat de direcció i acabament d'obra ELEC-4** signat pel tècnic titulat competent corresponent, i, si escau, el **certificat d'inspecció inicial**, amb la qualificació de **resultat favorable**, de l'EIC.

L'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya ha de diligenciar les còpies del certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió i, si escau, del certificat d'inspecció inicial, i tornar-ne quatre a l'instal·lador autoritzat, el qual se n'ha de quedar dues per a ell, i les altres dues les ha de lliurar a la propietat, per tal que aquesta també pugui quedar-se'n una còpia i lliurar l'altra a la companyia del subministrament elèctric, requisit sense el qual aquesta darrera no pot subministrar energia a la instal·lació tal com ho indica l'article 18.3 del REBT.

"L'empresa subministradora no pot connectar la instal·lació receptora a la xarxa de distribució si no li és lliurada la còpia corresponent del certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió degudament diligenciat per l'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya."

Article 18.3 REBT. 2002.

L'esquema de la figura 3.7 mostra com l'instal·lador autoritzat ha de distribuir les quatre còpies de la documentació de la instal·lació que rep de l'òrgan competent de la comunitat autònoma, una vegada han estat diligenciades.

De les cinc còpies inicials l'òrgan competent de la comunitat autònoma se n'ha de quedar una per al seu arxiu i registre propi.

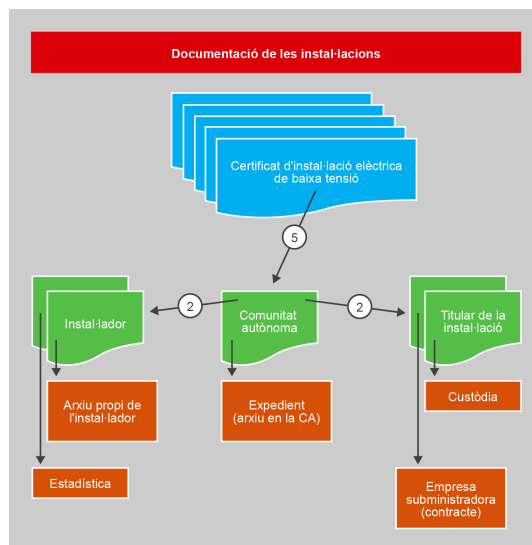
Instal·lacions temporals a fires, exposicions i similars. Quan en aquesta mena d'esdeveniments hi hagi per a tota la instal·lació de la fira o exposició una direcció d'obra comuna, es poden agrupar totes les documentacions de les instal·lacions parcials d'alimentació als diferents estands o elements de la fira, exposició, etc., i es pot presentar alhora davant l'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya, amb una certificació d'instal·lació global signada pel responsable tècnic de la direcció esmentada.

Què cal presentar en casos de muntatges idèntics i repetits?

Quan es tracta de muntatges repetits idèntics, es pot prescindir de la documentació relativa al disseny, després del *registre de la primera instal·lació*, tot fent constar al certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió aquesta circumstància, i que té una validesa d'un

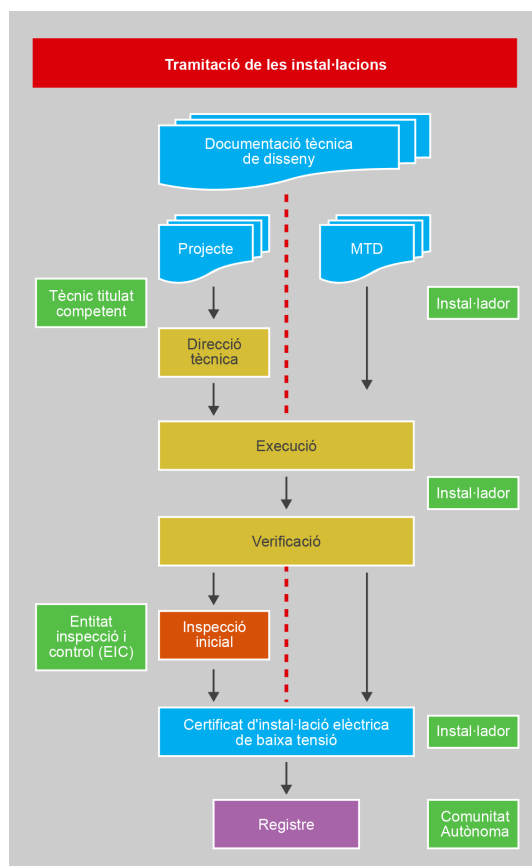
any, sempre que no es produeixin modificacions significatives, entenent com a tals les que afectin la *potència prevista*, *tensions de servei* i *utilització* i els *elements de protecció* contra contactes directes i indirectes i contra *sobreintensitats* i *sobretensions*.

FIGURA 3.7. Documentació de les instal·lacions elèctriques



A continuació, la figura 3.8 mostra un esquema en el qual es resumeixen els passos per a la tramitació de les instal·lacions,

FIGURA 3.8. Tramitació de les instal·lacions elèctriques



3.2.3 Posada en servei de les instal·lacions

El **titular de la instal·lació** ha de sol·licitar el subministrament d'energia a l'empresa subministradora mitjançant el lliurament de l'exemplar corresponent del **certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió**.

L'empresa subministradora pot fer, al seu càrrec, les verificacions que consideri oportunes, pel que fa referència al compliment de les prescripcions d'aquest REBT.

Quan els valors obtinguts de la verificació esmentada siguin inferiors o superiors als que assenyalava respectivament per a la resistència d'aïllament i corrents de fuga indicats en la taula 3.32, les empreses subministradores no poden connectar a les seves xarxes les instal·lacions receptores.

En aquests casos, han d'estendre una acta en la qual consti el resultat de les comprovacions, i que ha d'estar signada igualment pel titular de la instal·lació, que se'n dona per assabentat. L'acta, en el termini més breu possible, ha de ser posada en coneixement de l'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya, el qual ha de determinar el que procedeixi.

Consulteu la taula 3.32 del subapartat "Mesurament de la resistència d'aïllament de la instal·lació elèctrica" d'aquest apartat.

La informació als usuaris segons l'article 19 del REBT

Com a annex al certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió que es lliura al titular de qualsevol instal·lació elèctrica, l'empresa instal·ladora o l'instal·lador autoritzat ha de confeccionar unes instruccions per a l'ús i manteniment correctes d'aquesta instal·lació.

Les instruccions han d'incloure, com a mínim, un **esquema unifilar** de la instal·lació amb les característiques tècniques fonamentals dels equips i els materials elèctrics instal·lats, i un croquis del traçat.

Qualsevol modificació o ampliació requereixen, en la mesura que sigui necessari, l'elaboració d'un complement d'aquestes instruccions.

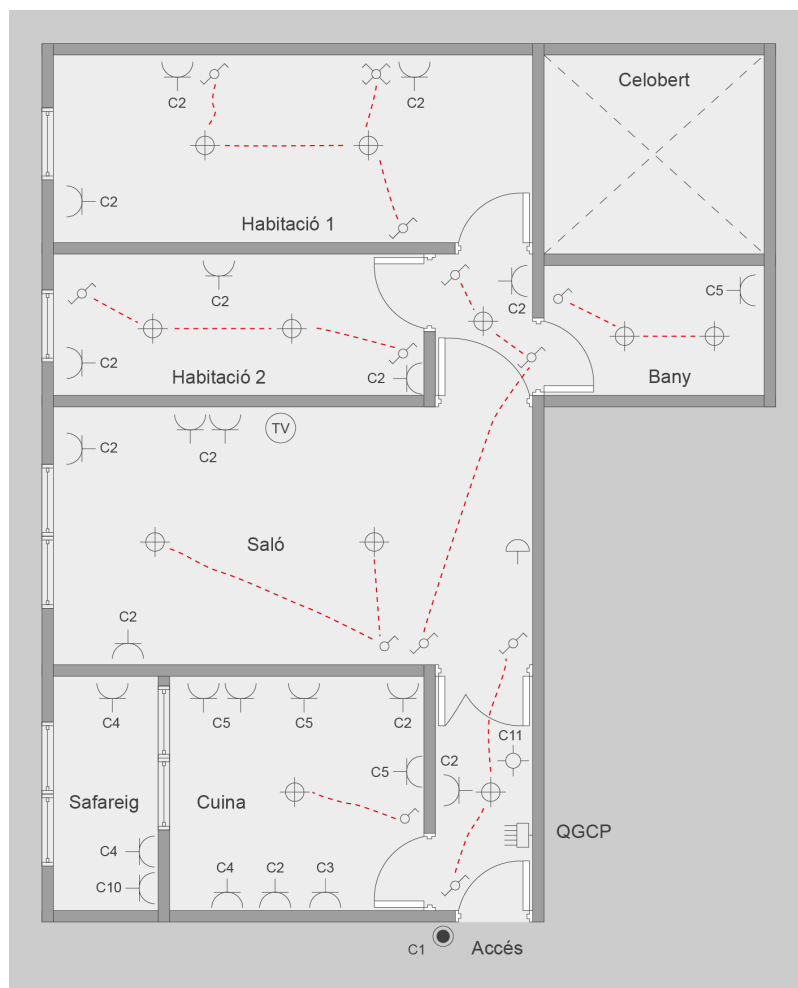
Tota instal·lació elèctrica ha d'anar acompanyada d'unes instruccions generals d'ús i manteniment, i dels documents propis de la instal·lació. Per tant, ha de tenir els documents següents:

- Instruccions generals d'ús i manteniment.
- Documents propis de la instal·lació:
 - Esquema unifilar de la instal·lació;
 - Croquis o plànols de traçat de les canalitzacions, de les xarxes de terra i la ubicació dels materials instal·lats (dispositius de protecció, interrup-

tors, bases de presa de corrent, punts de llum, aparells d'enllumenat d'emergència, etc.).

La figura 3.9 mostra un exemple de croquis de traçat d'una instal·lació elèctrica.

FIGURA 3.9. Croquis de traçat d'una instal·lació elèctrica encastada



© Juan Carlos Suárez

Un dels annexos que cal lliurar al titular de la instal·lació (dins les instruccions generals d'ús i manteniment per als casos d'instal·lacions domèstiques) pot consistir en les recomanacions contingudes en el títol “Consells per a una millor utilització de la seva instal·lació” que trobareu tot seguit.

Consells per a una millor utilització de la seva instal·lació

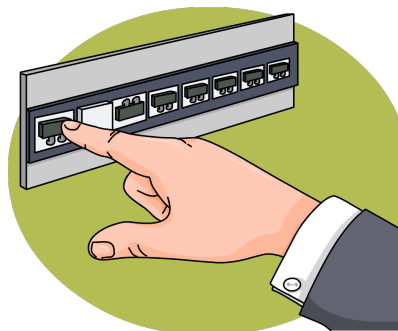
Tota instal·lació elèctrica ha d'anar acompanyada d'unes instruccions generals d'ús i de manteniment, i dels documents propis de la instal·lació.

Un dels annexos que cal lliurar al titular de la instal·lació (dins les instruccions generals d'ús i manteniment per als casos d'instal·lacions domèstiques) pot consistir en les recomanacions següents:

- Abans d'efectuar la pòlissa d'abonament (contracte) amb la companyia sub-

Consulteu a les adreces d'interès del web d'aquesta unitat l'adreça **ferca-catalunya.com**, de la Federació Catalana d'Associacions Empresariales (FERCA), gremi d'instal·ladors d'electricitat, lampisteria i climatització.

FIGURA 3.11. Quadre general de comandament i protecció



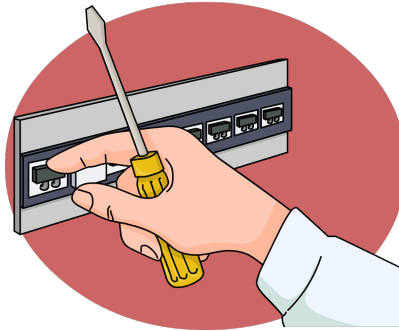
- Comproveu amb certa periodicitat (un cop l'any almenys) per mitjà de l'instal·lador autoritzat la xarxa de terra de l'habitatge o local.
- Comproveu amb certa periodicitat (un cop cada mes almenys) l'interruptor automàtic diferencial. Polseu el botó de prova i si no es dispara, és que està avariats; per tant, no esteu protegits contra derivacions. Aviseu l'instal·lador autoritzat.
- Manipuleu tots els aparells elèctrics, fins i tot el telèfon, **sempre** amb les mans seques, i eviteu anar descalços o tenir els peus humits. **Mai** els manipuleu quan sigueu al bany o sota la dutxa. L'aigua és conductora de l'electricitat! Si hi ha una fallada elèctrica a la instal·lació o a l'aparell utilitzat, us exposeu a electrocutar-vos. Compte amb els aparells de ràdio, eixugadors de cabells, aparells de calor a prop de la banyera, ja que poden caure a l'aigua i electrocutar-vos.
- Comproveu les canalitzacions elèctriques encastades abans de foradar una paret o el sostre (figura 3.12). Podeu electrocutar-vos en travessar una canalització amb el trepant.

FIGURA 3.12. Canalitzacions elèctriques encastades



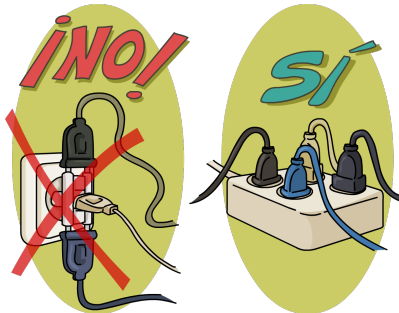
- En el cas de manipular un aparell elèctric, desconnecteu prèviament l'interruptor automàtic diferencial (figura 3.13) del quadre general de comandament i protecció i comproveu **sempre** que no hi hagi tensió.

FIGURA 3.13. Desconnexió de l'interruptor automàtic diferencial



- No useu mai aparells elèctrics amb cables pelats, clavilles i endolls trencats, etc.
- No connecteu diversos aparells en el mateix endoll (figura 3.14). No utilitzeu lladres o clavilles múltiples.

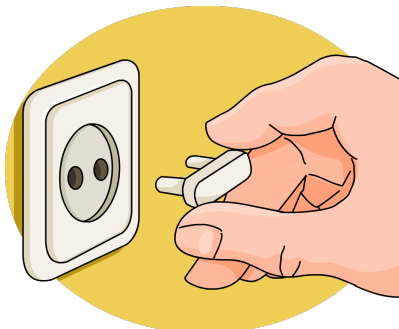
FIGURA 3.14. Connexió correcta dels endolls



© MCiT

- No deixeu aparells elèctrics connectats a l'abast dels nens, i procureu tapar els endolls (figura 3.15) als quals tinguin accés.

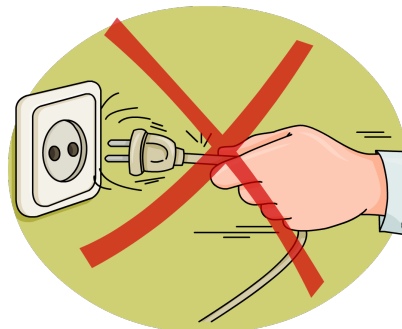
FIGURA 3.15. Tapar endolls per a protecció de nens



- No intervingueu en la instal·lació per modificar-la. Si cal fer modificacions, se n'ha d'encarregar un instal·lador autoritzat.

- Quan un receptor (electrodomèstic, maquinària, etc.) us “enrampi” és perquè hi ha derivació de corrent dels fils conductors o en algun element metàl·lic de l'electrodomèstic. Normalment es dispara l'IAD. Cal localitzar l'aparell o la part de la instal·lació en la qual es produeix i aïllar degudament el contacte amb la part metàl·lica. Heu de cridar l'instal·lador autoritzat perquè localitzi la fuga.
- En desconnectar els aparells (figura 3.16) no s'ha d'estirar el cordó o el fil, sinó la clavilla.

FIGURA 3.16. Evitar estirar del cable per desendollar



© MCiT

- No es pot endollar qualsevol aparell en qualsevol presa de corrent. Cada aparell té una potència, com cada presa de corrent té la seva. Vegeu l'apartat “Instal·lació interior del vostre habitatge o local” d'aquesta guia i adequieu els aparells amb les preses. Si la potència de l'aparell és superior als amperes que permet endollar la presa de corrent, es pot cremar la base de l'endoll, la clavilla i fins i tot la instal·lació.

3.2.4 Documents i impresos normalitzats requerits per a la posada en servei d'instal·lacions d'enllaç

El Decret 363/2004, de 24 d'agost, pel qual es regula el procediment administratiu per a l'aplicació del REBT (DOGC núm. 4205, de 26/08/2004, pàg. 15.996), en l'**article 4, “Procediment administratiu”**, prescriu en els punts 4.1 i 4.2 que cal presentar, abans de posar en servei les noves instal·lacions, ampliacions i modificacions que requereixen projecte o MTD, els diferents documents i impresos requerits per posar en servei les instal·lacions elèctriques en baixa tensió davant d'una entitat d'inspecció i control (EIC) concessionària de l'administració de la Generalitat de Catalunya.

Documents i impresos necessaris en instal·lacions elèctriques en baixa tensió

- Model ELEC-1 (2008_Imprès-instància)
- Model ELEC-2 (2003_Esquema unifilar)
- Model ELEC-3 (2003_Memòria Tècnica)

A l'Oficina de Gestió Empresarial (OGE) de la Direcció General d'Energia, Mines i Seguretat Industrial hi torbareu els certificats i documentació de BT per a les MTD. Vegeu també els annexos del web d'aquesta unitat.

- Model ELEC-4 (2010_Certificat de direcció i acabament d'obra de la instal·lació elèctrica de baixa tensió)
- Model ELEC-5 (2003_Llista d'instal·lacions auxiliars i aparells subjectes als reglaments específics de seguretat industrial).
- Certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió (2006)
- Certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió (2008_Atraccions de fira ambulants amb instal·lació elèctrica pròpia).
- Butlletí de reconeixement d'instal·lacions elèctriques de baixa tensió (2007)

3.2.5 Verificació i mesures dels paràmetres característics d'una instal·lació d'enllaç

Les instal·lacions elèctriques d'enllaç en baixa tensió han de ser verificades, segons correspongui, depenent de les seves característiques, que es detallen a les ITC-BT-18 i ITC-BT-19, i seguint la metodologia de la norma UNE 20.460-6-61.

L'instal·lador autoritzat ha de fer les verificacions i mesures dels paràmetres característics previs a la posada en servei de les instal·lacions d'enllaç en baixa tensió.

La verificació de les instal·lacions elèctriques prèvia a la seva posada en servei comprèn dues fases: una primera fase que no requereix efectuar mesures i que es denomina *verificació per examen*, i una segona fase que requereix la utilització d'equips de mesura per als assajos.

Consulteu als annexos del web d'aquest apartat la "Guia-BT-Annex 4" i la "Guia-BT-05".

Verificació per examen

La **verificació** s'ha de fer abans dels assajos i mesuraments, els quals s'han d'efectuar, normalment, per a tot el conjunt de la instal·lació mentre no té tensió.

La **verificació per examen** té per objectiu comprovar:

- Si el material elèctric instal·lat permanentment és conforme a les prescripcions que estableix el projecte o memòria tècnica de disseny (MTD).
- Si el material ha estat escollit i instal·lat correctament segons les prescripcions del REBT i del fabricant del material.
- Que el material no presenta cap dany visible que pugui afectar la seguretat.

En concret, els **aspectes qualitatius** que aquest tipus de verificació ha de tenir en compte són els següents:

- L'existència de mesures de protecció contra xocs elèctrics per contacte de parts sota tensió o contactes directes, com, per exemple: l'aïllament de les parts actives, l'ocupació d'embolcalls, barreres, obstacles o allunyament de les parts en tensió.
- L'existència de mesures de protecció contra xocs elèctrics derivats de la fallada d'aïllament de les parts actives de la instal·lació, és a dir, contactes indirectes.
- L'existència i el calibratge dels dispositius de protecció i senyalització
- La presència de barreres tallafocs i altres disposicions que impedeixin la propagació del foc, com també proteccions contra efectes externs.
- La utilització de materials i mesures de protecció apropiades a les influències externes.
- L'existència i disponibilitat d'esquemes, advertències i informacions similars.
- La identificació de circuits, fusibles, interruptors, born, etc.
- L'execució correcta de les connexions dels conductors.
- L'accessibilitat que facilita la comoditat de funcionament i manteniment.

Verificació mitjançant mesurament o assajos

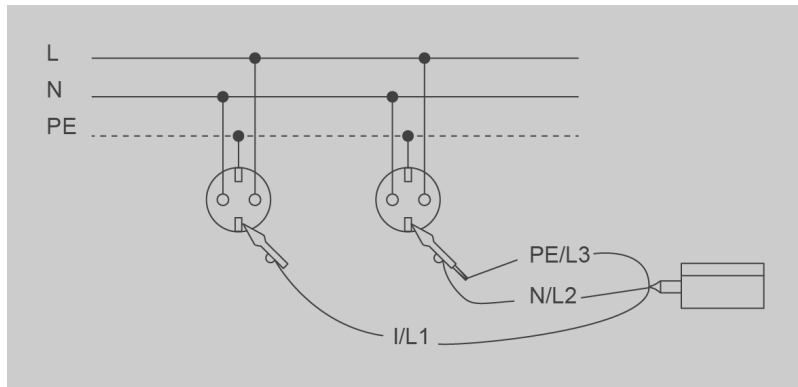
Les verificacions per mitjà de mesuraments o assajos que descriuen les ITC-BT-18 i ITC-BT-19 (s/UNE 20460-6-61:2003) són, entre d'altres, les següents:

- Mesurament de continuïtat dels conductors de protecció (PE).
- Mesurament de la resistència de posada a terra (RE).
- Mesurament de la resistència d'aïllament dels conductors de la instal·lació
- Comprovació de la seqüència de fases.

Mesurament de continuïtat dels conductors de protecció (PE)

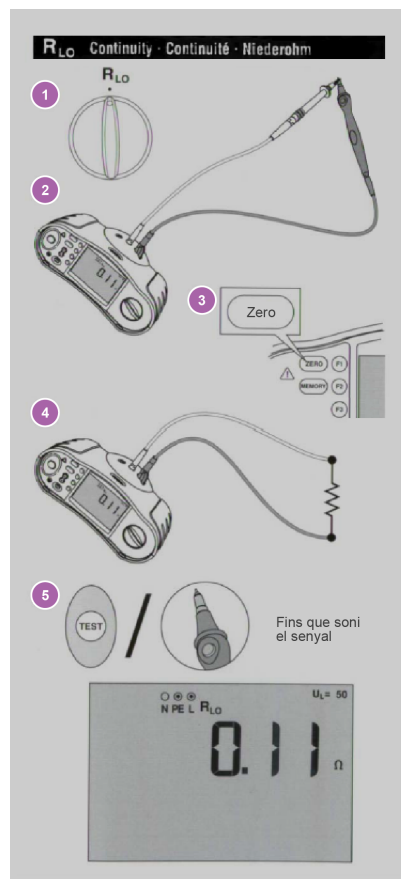
El mesurament de continuïtat dels conductors de protecció i de les unions equipotencials principals i suplementàries s'efectua mitjançant un òhmmetre que aplica una intensitat contínua, de l'ordre de 200 mA, amb canvi de polaritat, i que està equipat amb una font de tensió contínua capaç de generar de 4 a 24 V de tensió contínua en buit.

La figura 3.17 mostra el mesurament del valor de la resistència òhmica del conductor de protecció (PE) que uneix dues bases d'endoll, mitjançant un comprovador de baixa tensió multifunció.

FIGURA 3.17. Mesurament de la resistència d'un conductor de protecció (PE)

© MCiT

Assaig amb el comprovador multifunció Fluke 1653. Els objectius d'aquest assaig amb el comprovador de baixa tensió multifunció Fluke 1653 (figura 3.18 i figura 3.19) són els següents:

FIGURA 3.18. Mesurament de la continuïtat de conductors

© Fluke

- Mesurar la continuïtat del conductor de protecció PE.
- Mesurar la continuïtat de l'embarrat d'equipotencialitat principal i secundari.
- Garantir que no s'han produït desperfectes o talls en el cablatge durant la

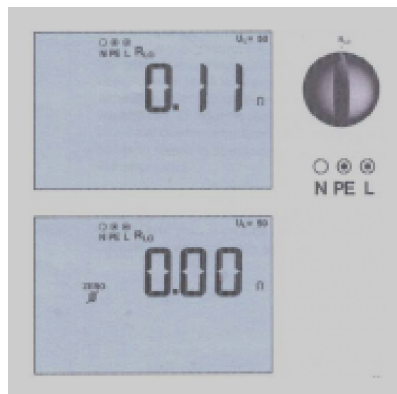
instal·lació, tant en el cas dels conductors actius com en el dels conductors de protecció.

L'instrument amb el qual es fa el mesurament ha de ser capaç de compensar la resistència de les puntes de prova.

Abans de **fer** l'assaig cal comprovar que:

- els circuits provats estan lliures de tensió;
- tots els receptors estan desconnectats.

FIGURA 3.19. Pantalla amb els resultats del mesurament de la continuïtat



© Fluke

Un cop comprovada la desconexió i que els circuits no tenen tensió cal seguir aquesta sèrie de passos:

- Pas 1. Seleccionar la posició del commutador RLO (continuïtat).
- Pas 2. Connectar els terminals dels cables a L i PE.
- Pas 3. Calibrar puntes de prova. Creuar puntes i prémer **Zero**.
- Pas 4. Prémer **Test** fins a sentir senyal.
- Pas 5. Connectar els terminals de l'instrument al conductor, al qual es vol fer la prova de continuïtat
- Pas 6. Prémer la tecla **test**. L'instrument fa el mesurament.
- Pas 7. Visualització dels resultats a la pantalla principal. Si hi hagués tensió, inhibiria l'aparell i donaria el valor de tensió (figura 19).

Si se sap la longitud dels conductors, amb la **lectura de l'òhmmetre** és possible deduir la secció mitjançant la fórmula següent:

$$RPE = \rho \cdot \frac{l}{s}$$

a on:

- RPE = Resistència del conductor, mesurada (Ω)
- ρ = Coeficient de resistivitat del conductor ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
- l = Longitud (m)
- s = Secció (mm^2)

Mesurament de la resistència de posada a terra

Per la importància que té, des del punt de vista de la seguretat, qualsevol instal·lació de presa de terra, l'instal·lador autoritzat l'ha de comprovar obligatòriament en el moment de donar d'alta la instal·lació per posar-la en marxa o en funcionament.

Personal tècnicament competent ha de fer la comprovació de la instal·lació de posada a terra, almenys anualment, en l'època en la qual el terreny estigui més sec. Per això, s'ha de mesurar la resistència de terra, i s'han d'adobar amb caràcter urgent els defectes que es trobin.

Compte!

Als llocs en què el terreny no sigui favorable a la bona conservació dels elèctrodes, aquests i els conductors d'enllaç entre si, almenys un cop cada cinc anys, s'han de posar al descobert fins al punt de posada a terra, per fer-ne l'examen.

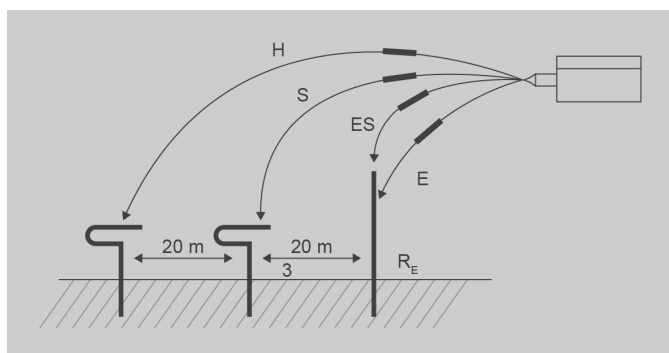
Els mesuraments es fan amb un **tel·luròmetre**, que injecta una intensitat de corrent altern coneguda, a una freqüència superior a 50 Hz, i mesura la caiguda de tensió, de manera que el quocient entre la *tensió mesurada* i el *corrent injectat* ($R = U/I$) ens dóna el valor de la resistència de posada a terra (figura 3.20).

Mesura de la resistivitat del terreny

Mitjançant els tel·luròmetres que permeten una connexió a quatre terminals es pot mesurar també la resistivitat del terreny.

La forma més adequada de realitzar aquesta prova és realitzar mesuraments en el terreny col·locant els elèctrodes en diferents posicions (de forma vertical i de forma horitzontal) i a diferents distàncies de separació entre elles per a que d'aquesta manera valorar quin és el punt idoni per instal·lar el sistema de terra.

FIGURA 3.20. Mesurament de la resistència de posada a terra R_E



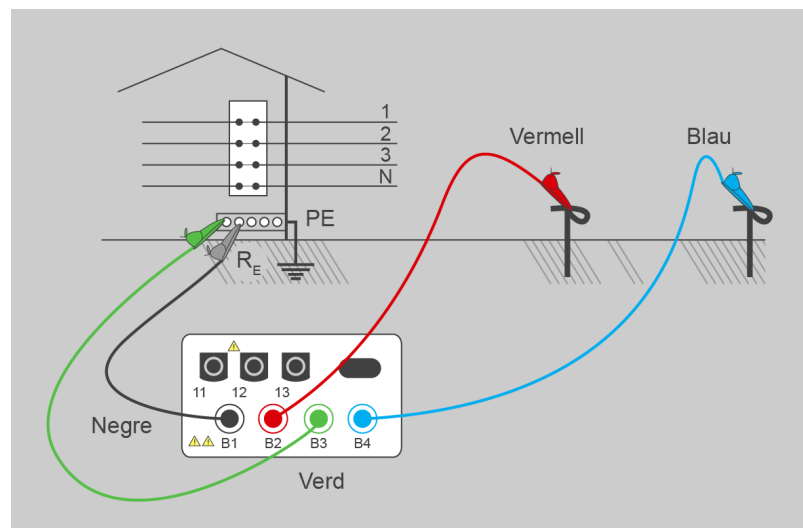
Assaig amb el comprovador multifunció HT GSC53. Els objectius d'aquest assaig són els següents:

- Mesurar la resistència del terra amb piques fent servir el *mètode voltiamperimètric* a 2 o 3 punts.
- Garantir la protecció de les persones i dels equips connectats a la instal·lació.

Un cop s'ha comprovat que *és obert el seccionador* que desconnecta l'elèctrode de terra de la resta de la instal·lació, el **procediment** ha de seguir els passos següents:

- Pas 1. Seleccionar la posició del commutador **Earth**.
- Pas 2. La tecla **F1** permet seleccionar la modalitat “3-H”. L'instrument fa la mesura de la resistència utilitzant tres punts de mesura
- Pas 3. Clavar les piques auxiliars a terra.
- Pas 4. Connectar els terminals dels cables negre, vermell, verd i blau als terminals d'entrada B1, B2, B3, B4 respectius com s'indica a la figura 3.21.

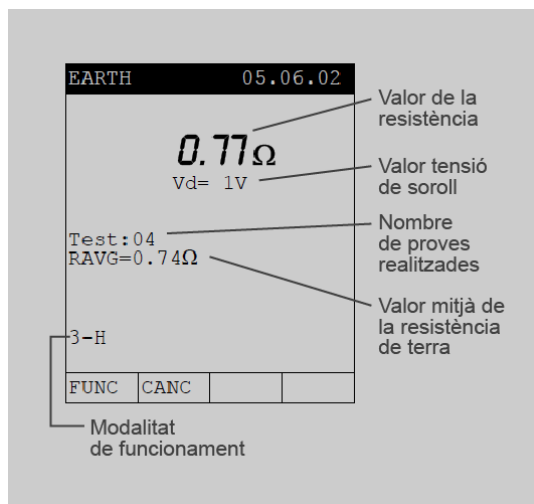
FIGURA 3.21. Connexió per a la mesura de terra a tres punts



La connexió dels cables s'ha de fer entre les entrades de l'instrument i les piques de prova

- Pas 5. Prémer la tecla **Start**. L'instrument posa en marxa la prova.
- Pas 6. L'instrument al final de la prova emet un senyal acústic doble per indicar que la prova s'ha fet correctament i mostra una pantalla similar a la de la figura 3.22.

FIGURA 3.22. Pantalla amb els resultats del mesurament de posada a terra



- Pas 7. Els resultats visualitzats es memoritzen prement dues vegades la tecla **Save**.

Quan és correcte el mesurament?

El mesurament efectuat es pot considerar correcte si, quan es desplaça la pica auxiliar (S) del seu lloc d'enclavament (figura 3.20), el valor de resistència mesurat no experimenta variació un parell de metres a l'esquerra i a la dreta de la línia recta formada pels tres elèctrodes.

En cas contrari cal ampliar la distància entre els tres elèctrodes de mesurament fins que la condició anterior es compleixi.

Mesurament de la resistència d'aïllament de la instal·lació elèctrica

Una **resistència d'aïllament** apropiada entre parts actives de la instal·lació i altres accessibles de l'entorn és un paràmetre bàsic de seguretat que protegeix el cos humà de contactes directes i indirectes. També és molt important un **aïllament correcte** entre les parts actives de la instal·lació, per evitar possibles curtcircuits.

Els mesuraments de **resistència d'aïllament** s'han de fer abans de connectar l'alimentació general a la instal·lació. Tots els interruptors han d'estar tancats i les càrregues desconnectades, perquè cap càrrega no influènci el resultat final de la verificació.

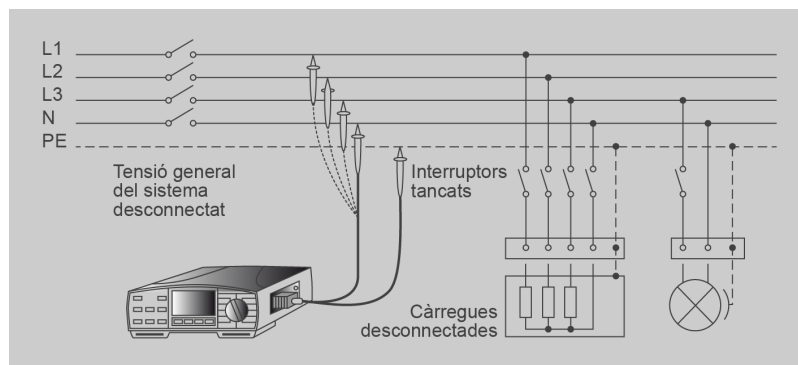
Mesurar la resistència d'aïllament entre conductors. Per mesurar la resistència d'aïllament es fa servir un **megòhmetre**, que és un generador de corrent continu capaç de subministrar les tensions d'assaig especificades a la taula 3.32, amb un corrent d'1 mA per a una càrrega igual a la mínima resistència d'aïllament especificada per a cada tensió.

Els mesuraments s'han de fer entre tots els conductors tal com mostra la figura 3.23 d'aquesta manera:

- Cada conductor de fase L1, L2 i L3 contra el neutre N.

- Cada conductor de fase L1, L2 i L3 contra el conductor de protecció PE.
- El conductor de fase L1 contra L2 i L3 per separat.
- El conductor de fase L2 contra L3.
- El conductor neutre N contra el conductor de protecció PE.

FIGURA 3.23. Exemple de mesurament de la resistència d'aïllament



La taula 3.32 mostra els valors de la resistència d'aïllament que, com a mínim, han de complir les instal·lacions.

TAULA 3.32. Valors mínims de resistència d'aïllament d'una instal·lació

Tensió nominal de la instal·lació	Tensió d'assaig en corrent continu (V)	Resistència d'aïllament (MΩ)
Molt baixa tensió de seguretat (MBTS) Molt baixa tensió de protecció (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepte cas anterior	500	≥ 0,50
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0

Aquest aïllament s'entén per a una instal·lació en la qual la longitud del conjunt de canalitzacions, sigui quin sigui el nombre de conductors que les componen, no passi de 100 metres.

Assaig amb el comprovador multifunció Metrel KMI 3102. Els objectius d'aquesta mena d'assajos són els següents:

- Mesurar la resistència d'aïllament (MΩ) de tots els conductors de la instal·lació.
- Garantir la seguretat elèctrica dels usuaris de la instal·lació elèctrica en habitatges, instal·lacions industrials, edificis comercials i d'oficines, etc.

Totes les càrregues han d'estar desconnectades durant la prova de resistència d'aïllament.

Un cop desconnectada la tensió del sistema, cal mantenir tancats tots els interruptors mentre duri la prova. Els passos que cal tenir en compte per fer la prova són els següents:

- Pas 1. Seleccionar a l'instrument la funció aïllament (RISO) amb el selector.
- Pas 2. Connectar el cable de prova a l'instrument.
- Pas 3. Ajustar els paràmetres de mesura i els valors límits. Tensió de prova nominal i valor del límit inferior de la resistència.
- Pas 4 Connectar el cable de prova als conductors o objectes a comprovar. Prémer el menú **Ajut** en cas de necessitar informació.
- Pas 5. Comprovar els avisos, si fos el cas, en pantalla, i la tensió de línia. Si tot és correcte, prémer i mantenir pressionat el botó **Test** fins que el resultat s'estabilitza (figura 3.24). Un cop es deixa anar aquest botó, el resultat de la mesura apareix a la pantalla, juntament amb la indicació **Passa/No passa** (si escau).
- Pas 6. Prémer el botó **Mem**, i guardar en memòria.

FIGURA 3.24. Resultats de la mesura de la resistència d'aïllament amb un mesurador multifunció Metrel KMI 3102

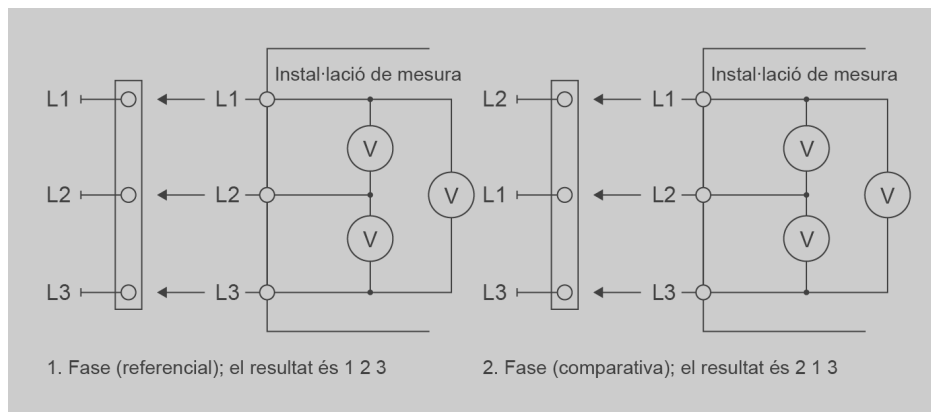


Comprovació de la seqüència de fases

La comprovació de la seqüència de fases s'efectua mitjançant un equip específic o utilitzant un comprovador multifunció de baixa tensió que tingui aquesta capacitat.

En la pràctica, molt sovint, treballem amb càrregues trifàsiques (motors i altres màquines electromecàniques) connectades a l'alimentació trifàsica principal (figura 3.25).

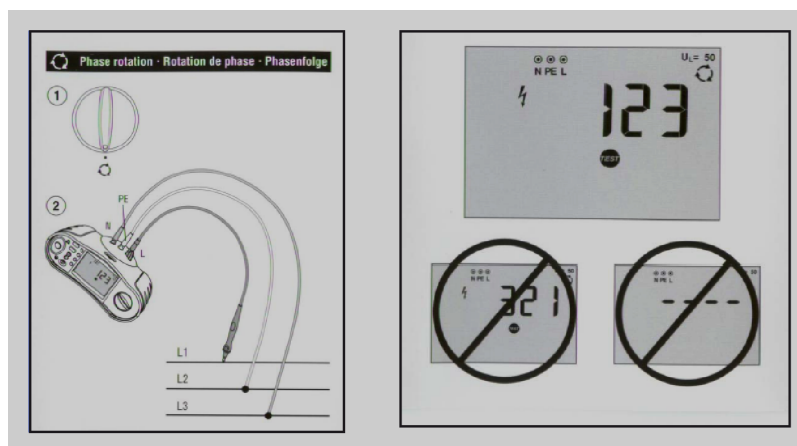
El mesurament de la seqüència de fases és necessari, per exemple, si es vol connectar motors trifàsics; així es garanteix que la **seqüència de fases** és directa abans de connectar el motor.

FIGURA 3.25. Principi del mesurament de la seqüència de fases**Per què s'ha de comprovar la rotació de fases?**

Algunes càrregues –ventiladors, extractors, motors i màquines electromecàniques, entre d'altres– necessiten unes rotacions de fases específiques i algunes fins i tot es poden fer malbé si la rotació s'inverteix. Per això s'ha de comprovar la rotació de fases abans de la connexió.

Assaig amb el comprovador multifunció Fluke 1653. L'objectiu d'aquest assaig és mesurar la seqüència de fases. Per fer-ho cal seguir un procediment que consisteix en el següent:

- Mesurar la seqüència en una presa o punt de la instal·lació en què es necessiti una seqüència determinada, la qual és coneguda, ja que és la seqüència que requereix la màquina que es vol connectar. Cal verificar aquesta seqüència.
- Repetir el mesurament en la resta de preses desconegudes i comparar els resultats.
- Si en algun cas la seqüència obtinguda és la inversa, s'han d'intercanviar dos conductors de fase.

FIGURA 3.26. Comprovació de la seqüència de fases

A l'hora d'utilitzar l'aparell de mesurament, un comprovador multifunció Fluke 1653, cal seguir els passos següents:

- Pas 1. Seleccionar la posició del commutador selector de fases.
- Pas 2. Connectar els terminals dels cables a L (L1 vermell), PE (L2 verd) i N (L3 blau).
- Pas 3. Llegir els resultats a la part superior i inferior de la pantalla: 123 seqüència de fases correcta, apareix a la pantalla superior principal. 321 seqüència de fases invertida, apareix a les pantalles inferiors. Apareixen uns guions (—) si l'aparell detecta que no hi ha prou tensió (figura 3.26).

3.2.6 Verificacions i inspeccions prèvies a la posada en servei de les instal·lacions

L'instal·lador autoritzat que ha realitzat una instal·lació elèctrica l'ha de verificar abans de posar-la en servei, amb la supervisió, si escau, del director d'obra.

La diferència entre verificació i inspecció radica principalment en l'agent encarregat de l'execució.

La verificació de l'execució correcta de la instal·lació i de la seva seguretat és responsabilitat de l'instal·lador autoritzat.

compte!

Els titulars de les instal·lacions són responsables de mantenir-les en bon estat de funcionament. Si cal fer modificacions, les ha de fer un instal·lador autoritzat.

En resum, totes les instal·lacions elèctriques han de ser objecte de la verificació corresponent després que s'hagin realitzat o modificat.

Les inspeccions, en canvi, les fan les entitats d'inspecció i control (EIC). A Catalunya, les EIC contractades pels instal·ladors autoritzats en baixa tensió poden ser les següents:

- ICICT o Institut Català d'Inspecció i Control Tècnic.
- ECA o Entitat Col·laboradora de l'Administració.

Podeu consultar, a les adreces d'interès del web d'aquesta unitat, les adreces de les EIC de Catalunya (ICIT i ECA).

Verificacions prèvies a la posada en servei

La verificació de les instal·lacions elèctriques abans de posar-les en servei comprèn dues fases:

- La primera fase, la qual no requereix efectuar mesuraments, rep el nom de **verificació per examen**.
- La segona fase, en canvi, requereix la utilització d'equips de mesurament específics.

Consulteu als annexos del web d'aquest apartat, a l'annex 2, la GUIA-BT-ANNEX4. Verificació de les instal·lacions elèctriques (Edició: setembre 2003; Revisió 1).

Cal tenir present que els instal·ladors poden fer servir els fulls dels documents de control de verificació com a guia de referència dels punts principals en el cas dels habitatges.

Inspeccions

Les instal·lacions elèctriques en baixa tensió d'especial rellevància que s'esmenten a continuació han de ser objecte d'inspecció per part d'una EIC a fi d'assegurar que aquestes instal·lacions satisfan els requeriments reglamentaris al llarg de tota la seva vida útil. Les inspeccions poden ser les següents:

- **Inspeccions inicials** o abans de posar en servei les instal·lacions. Cal saber que han de ser objecte d'inspecció inicial, un cop fetes les instal·lacions, i també les seves ampliacions o modificacions d'importància, i abans de ser posades en servei, les instal·lacions que s'esmenten tot seguit:
 1. Les instal·lacions industrials que han de tenir projecte, amb potència instal·lada superior a 100 kW.
 2. Els locals de concurrència pública.
 3. Els locals amb risc d'incendi o d'explosió, de classe I, excepte els garatges de menys de 25 places.
 4. Locals mullats amb potència instal·lada superior a 25 kW.
 5. Piscines amb potència instal·lada superior a 10 kW.
 6. Quiròfans i sales d'intervenció.
 7. Instal·lacions d'enllumenat exterior amb potència instal·lada superior a 5 kW.
- **Inspeccions periòdiques.** Són objecte d'inspeccions periòdiques, cada **cinc anys**, les instal·lacions següents:
 1. Totes les instal·lacions elèctriques de baixa tensió que van requerir inspecció inicial
 2. Les instal·lacions d'enllumenat exterior amb **potència màxima admissible** inferior o igual a 5 kW.
 3. També són objecte d'inspeccions periòdiques, però cada **deu anys**, les instal·lacions elèctriques de baixa tensió comunes a edificis d'habitatges de potència màxima admissible superior a 100 kW.

Consulteu als annexos del web d'aquest apartat, l'annex 2 de la GUIA-BT-05. Verificacions i inspeccions (Edició: setembre 2003; Revisió 1).

Per tenir en compte

Cal tenir present la Instrucció 10/2005, de 16 de desembre, de la Direcció General d'Energia i Mines, la qual fixava un **termini provisional** per a la inscripció d'instal·lacions d'energia elèctrica de baixa tensió ja existents, sotmeses al règim d'inspecció periòdica, a fi de poder-los aplicar l'antic REBT-73.

Un cop finalitzat aquest termini provisional i les seves pròrrogues, les inspeccions periòdiques es regeixen pel REBT-2002, la qual cosa comporta fer, entre d'altres, les actuacions següents:

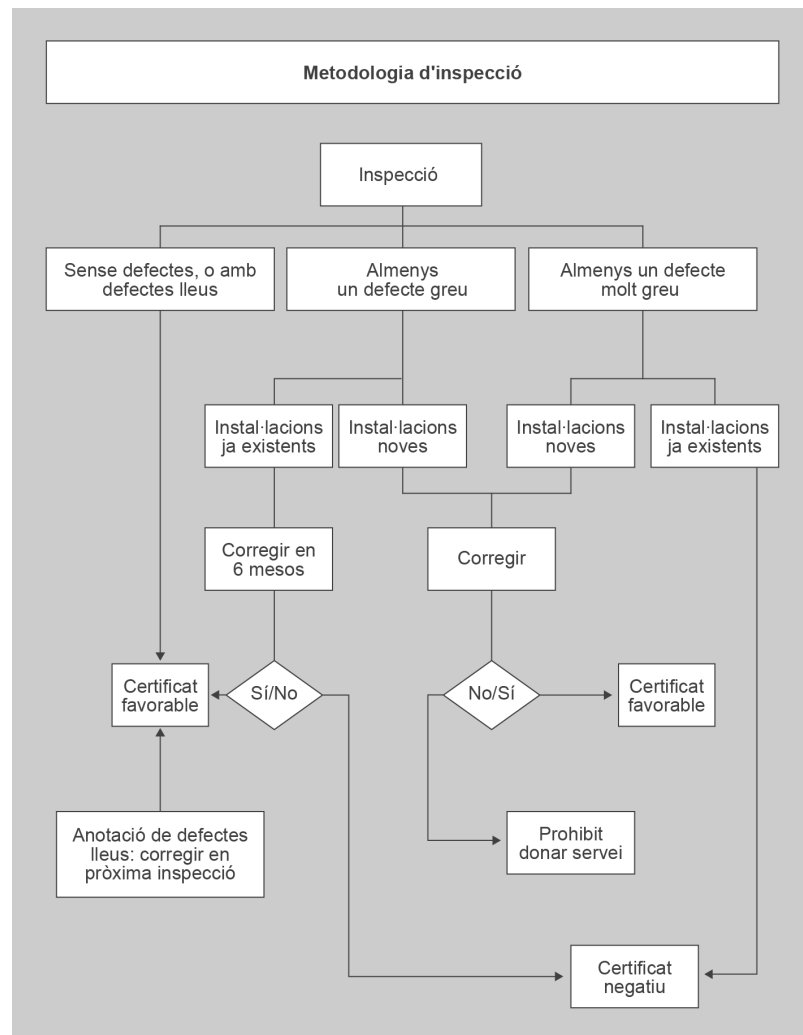
- Canvi obligatori de conductors lliures d'halògens
- Instal·lació d'IGA amb protecció contra sobretensions
- Desplaçament de la caixa general de protecció (CGP) a nivell del carrer
- Centralització dels comptadors a la planta baixa
- etc.

Procediment

Les EIC han de fer les inspeccions de les instal·lacions sobre la base de les prescripcions que estableix el REBT i que han de seguir el procediment que detalla l'esquema de la figura [3.27](#).

Com a resultat de la inspecció, l'EIC ha d'emetre un **certificat d'inspecció** en el qual han de figurar les dades d'identificació de la instal·lació i la llista de possibles defectes, amb la seva classificació, com també la qualificació de la instal·lació, que pot ser:

- **Favorable:** quan no es determini l'existència de cap defecte molt greu o greu.
- **Condicionada:** quan es detecti l'existència, com a mínim, d'un defecte greu o defecte lleu procedent d'una altra inspecció anterior que hagi estat corregit. En aquest cas:
 - Les instal·lacions noves que siguin objecte d'una qualificació “condicionada” no poden ser subministrades d'energia elèctrica.
 - A les instal·lacions ja en servei se'ls fixa un termini per tal de fer la correcció, que no pot superar els **sis mesos**.
- **Negativa:** quan s'observi, almenys, un defecte molt greu. En aquest cas:
 - Les instal·lacions que siguin noves no poden entrar en servei, mentre no s'hagin corregit els defectes indicats i fins que es pugui obtenir la qualificació de “favorable”.
 - A les instal·lacions que ja es troben en servei, l'òrgan competent de la Generalitat de Catalunya els ha d'emetre un certificat negatiu immediatament.

FIGURA 3.27. Esquema del procediment d'inspecció

Classificació dels defectes

Els defectes a les instal·lacions es classifiquen en els següents:

- Defectes molt greus.
- Defectes greus.
- Defectes lleus.

Defecte molt greu. Qualsevol defecte que la raó o l'experiència determinin que constitueix un perill immediat per a la seguretat de les persones o dels béns.

Es consideren **defectes molt greus** els incompliments de les mesures de seguretat que poden provocar el desencadenament dels perills que es pretenen evitar amb aquestes mesures de seguretat, en relació amb el següent:

- Contactes directes, en qualsevol tipus d'instal·lació.
- Locals de concurrència pública.
- Locals amb risc d'incendi o explosió.

- Locals de característiques especials.
- Instal·lacions amb finalitats especials.
- Quiròfans i sales d'intervenció.

Defecte greu. Un defecte greu és el que no suposa un perill immediat per a la seguretat de les persones o dels béns, però que pot ser-ho en el moment en què la instal·lació falli. Dins d'aquest grup de defectes i amb caràcter no exhaustiu, es consideren que són **defectes greus** els següents:

- La manca de connexions equipotencials, quan aquestes siguin requerides.
- Inexistència de mesures adequades de seguretat contra contactes indirectes.
- La manca d'aïllament de la instal·lació.
- La manca de protecció adequada contra curtcircuits i sobrecàrregues als conductors, segons la seva intensitat màxima admissible, d'acord amb les característiques i condicions d'instal·lació.
- La manca de continuïtat dels conductors de protecció.
- Els valors elevats de resistència de terra en relació amb les mesures de seguretat adoptades.
- Els defectes en la connexió dels conductors de protecció a les masses, quan aquestes connexions siguin preceptives.
- La secció insuficient dels conductors de protecció.
- L'existència de parts o punts de la instal·lació, en què la seva execució defectuosa pugui ser origen d'avaries o danys.
- La naturalesa o les característiques no adequades dels conductors utilitzats.
- La manca de secció dels conductors, en relació amb les caigudes de tensió admissibles per a les càrregues previstes.
- La manca d'identificació dels conductors "neutre" i "de protecció".
- L'ús de materials, aparells o receptors que no s'ajustin a les especificacions vigents.
- Les ampliacions o modificacions d'una instal·lació que no s'hagin tramitat segons el que estableix la ITC-BT-04 sobre "Documentació i posada en servei de les instal·lacions".
- El fet de no tenir el nombre mínim estipulat de circuits.
- La reiteració o l'acumulació successiva de defectes lleus.

Defecte lleu. Un defecte és lleu quan no suposa un perill per a les persones o els béns, no pertorba el funcionament de la instal·lació i en el qual la desviació respecte del que està reglamentat no té valor significatiu per a l'ús efectiu o el funcionament de la instal·lació.

3.2.7 Normativa general del sector elèctric

El **subministrament d'energia elèctrica** és essencial per al funcionament de la nostra societat. El seu preu és un factor decisiu de la competitivitat d'una bona part de la nostra economia. El desenvolupament tecnològic de la indústria elèctrica i la seva estructura d'aprovisionament de primeres matèries determinen l'evolució d'altres sectors de la indústria.

D'altra banda, el **transport i la distribució** d'electricitat constitueix un monopoli natural: es tracta d'una activitat intensiva en capital, que requereix connexions directes amb els consumidors, en la qual la demanda d'un producte que no es pot emmagatzemar, com és l'energia elèctrica, varia en períodes relativament curts de temps.

La **impossibilitat d'emmagatzemar** l'electricitat requereix que l'oferta sigui igual a la demanda en cada instant de temps, la qual cosa suposa necessàriament una **coordinació de la producció** d'energia elèctrica, com també la coordinació entre les decisions d'inversió en la generació i transport d'energia elèctrica.

Totes aquestes característiques tècniques i econòmiques fan del sector elèctric **un sector necessàriament regulat**.

La **normativa vigent** està formada principalment pels decrets, lleis, instruccions i normes següents:

- **Llei 54/1997**, de 27 de novembre, del sector elèctric, publicada al BOE núm. 285, de 28 de novembre de 1997.
- **Reial decret 1955/2000**, d'1 de desembre, pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'energia elèctrica, publicat al BOE el 27 de desembre de 2000.
- **Decret 329/2001**, DOGC 3536 de 4 de setembre, (d'àmbit català) pel qual s'aprova el subministrament elèctric.
- **Reial decret 842/2002**, de 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament electrotècnic per a baixa tensió (REBT) i les seves Instruccions tècniques complementàries (ITC-BT).
- **Instrucció 7/2003**, de 9 de setembre de la Direcció General d'Energia i Mines sobre procediment administratiu per a l'aplicació del REBT.
- **Decret 363/2004**, de 24 d'agost (DOGC 4205, de 26 d'agost de 2004), pel qual es regula el procediment administratiu per a l'aplicació del REBT.
- **Instrucció 10/2005**, de 16 de desembre, de la Direcció General d'Energia i Mines, per la qual es fixa un termini provisional per a la inscripció

A les adreces d'interès del web de la unitat 6, hi ha indicacions per aprofundir en aquesta llista de normatives.

d'instal·lacions d'energia elèctrica de baixa tensió ja existents, sotmeses al règim d'inspecció periòdica.

- **Instrucció 3/2010**, de 9 de setembre, de la Direcció General d'Energia i Mines, per la qual es prorroguen els terminis establerts a la Instrucció 10/2005, de 16 de desembre, relativa a la inscripció d'instal·lacions d'energia elèctrica de baixa tensió ja existents, sotmeses al règim d'inspecció periòdica.
- **Normes tecnològiques de l'edificació NTE-IPT i NTE-IPP**. Directrius de la normativa de posada a terra VDE i de posada a terra en cimentacions VDEW.

Llei del sector elèctric 54/1997, de 27 de novembre

La Llei del sector elèctric 54/1997 té com a finalitat bàsica establir la regulació del sector elèctric, amb el triple i tradicional objectiu de garantir el subministrament elèctric, garantir la qualitat d'aquest subministrament i també que es fa amb el cost més baix possible, tot això sense oblidar la protecció del medi ambient, aspecte que adquireix una rellevància especial ateses les característiques d'aquest sector econòmic.

Per aprofundir en la Llei del sector elèctric 54/1997, podeu consultar a les adreces d'interès del web de la unitat 6 i també a l'annex 3 de l'apartat 2, on hi han els primers dos títols de la Llei.

Els dos primers títols de la Llei del sector elèctric 54/1997 són els següents:

- **Títol I. Disposicions generals. Competències administratives i planificació elèctrica.**
 - Article 1. Objecte.
 - Article 2. Règim de les activitats.
 - Article 3. Competències de les autoritats reguladores.
- **Títol II. Ordenació del subministrament.**
 - Article 9. Subjectes.
 - Article 10. Garantia del subministrament.
 - Article 11. Funcionament del sistema.

Reial decret 1955/2000, d'1 de desembre, BOE de 27 de desembre de 2000

Pel Reial decret 1955/2000 es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.

El Reial Decret 1955/2000 té per objecte establir el marc normatiu en què s'han de desenvolupar les activitats relacionades amb el sector elèctric, sota el nou model que estableix la Llei del sector elèctric 54/1997, de 27 de novembre.

En el títol III del Reial decret 1955/2000 es desenvolupa el marc normatiu en què s'ha de desenvolupar l'activitat de distribució d'energia elèctrica, d'acord amb el que estableix el títol VII de la Llei del sector elèctric 54/1997.

Per aprofundir en el Reial decret 1955/2000, podeu consultar la referència al BOE del 27 de desembre del 2000, a les adreces d'interès del web de la unitat 6 i també a l'annex 3 de l'apartat 2 de la mateixa unitat.

Així mateix, el capítol II del títol III, desenvolupa el règim econòmic dels drets de connexió de serveis i altres actuacions necessàries per tal d'atendre els requeriments de subministrament dels usuaris, mitjançant els articles següents:

- Article 43. Objecte i àmbit d'aplicació.
- Article 44. Drets de connexió de servei.
- Article 45. Criteris per a la determinació dels drets d'extensió.
- Article 46. Potència i tensió del subministrament.
- Article 47. Quotes d'extensió i d'accés.
- Article 48. Subministraments especials.
- Article 49. Vigència dels drets de connexió de servei.
- Article 50. Drets de connexió i verificació.
- Article 51. Actualització d'imports.

D'altra banda, a la secció III del capítol I en el títol VI d'aquest reial decret, es desenvolupen els contractes de subministrament a tarifa i d'accés a les xarxes, com també la suspensió del subministrament per mitjà de l'article 83 sobre el "Traspàs i subrogació dels contractes de subministrament a tarifa i d'accés a les xarxes".