

Xarxes de distribució en baixa tensió

Àngel Sánchez Díaz, Enric Sorribes i Colell

Instal·lacions de distribució

Índex

Introducció	7
Resultats d'aprenentatge	9
1 Configuració de xarxes àeries de distribució en baixa tensió	11
1.1 Tipologia i estructura de les xarxes àeries de baixa tensió	12
1.1.1 Xarxes trenades posades	12
1.1.2 Xarxes trenades tibades	13
1.2 Representació simbòlica de xarxes àeries en plànols i esquemes	14
1.3 Tipus i característiques dels suports	16
1.3.1 Esforços en els suports	16
1.4 Tipus de suports segons el material	17
1.4.1 El suport de formigó armat	18
1.4.2 Els suports metàl·lics	19
1.4.3 Els suports o pals de fusta	19
1.4.4 Designació dels suports	20
1.5 Tipus i característiques dels conductors	21
1.5.1 Conductors nus	21
1.5.2 Conductors aïllats	22
1.5.3 Designació dels conductors de feix trenat	23
1.5.4 Elecció dels conductors	24
1.6 Elements accessoris de xarxes àeries	25
1.6.1 Elements de subjecció en façanes	25
1.6.2 Elements de subjecció en suports	26
1.6.3 Elements complementaris de xarxes àeries trenades	28
1.7 Aïlladors	32
1.8 Condicions generals i especials d'instal·lació de xarxes àeries de baixa tensió	34
1.8.1 Condicions en encreuaments, proximitats i paral·lelismes	35
1.9 Connexió a terra	37
2 Operacions de muntatge i manteniment de xarxes àeries de baixa tensió	39
2.1 Documentació administrativa associada	39
2.1.1 Documents del projecte	39
2.1.2 Documents per a la tramitació de les instal·lacions elèctriques BT	40
2.2 Posada en servei de les instal·lacions elèctriques de baixa tensió	41
2.3 Eines i instrumentació específica	41
2.3.1 Eines de mà bàsiques	42
2.3.2 Instrumentació específica	44
2.4 Muntatge d'instal·lació de xarxa àeria posada sobre façana	45
2.4.1 Encreuaments de carrers	46
2.5 Muntatge d'instal·lació de xarxa àeria en suports	47
2.5.1 Muntatge de suports de fusta	48
2.5.2 Muntatge de suports de formigó	49

2.5.3	Muntatge de suports de gelosia	50
2.5.4	Muntatge de suports xapa metàl·lica plegada	50
2.5.5	Procediments d'estesa de conductors	50
2.5.6	Tibament dels conductors	52
2.5.7	Conversió de línia aèria a línia subterrània	53
2.6	Tècniques de connexió i empalmament de conductors	54
2.6.1	Connexions amb connectors	54
2.6.2	Connexions de terminals	57
2.7	Posada a terra i continuïtat del conductor neutre	57
2.8	Plans de manteniment i avaries en xarxes aèries	59
2.8.1	Documents de revisió	59
2.8.2	Tipus d'avaries en xarxes aèries	60
2.8.3	Localització d'avaries en xarxes	62
2.8.4	Procediment d'identificació d'avaries amb un mesurador de resistència	62
2.9	Mesures característiques i paràmetres de control d'una xarxa aèria	63
2.10	Qualitat i prevenció de riscos laborals	66
2.10.1	Riscos derivats del treball	66
2.10.2	Equips i materials de protecció del treballador	67
3	Configuració de xarxes subterrànies de distribució en baixa tensió	69
3.1	Tipus i característiques de les instal·lacions de xarxes subterrànies	69
3.1.1	Instal·lacions subterrànies de cables aïllats	69
3.1.2	Galeries transitables	72
3.2	Els conductors de xarxes subterrànies de distribució: tipus i característiques	76
3.2.1	Intensitats màximes d'utilització en règim permanent en línies soterrades	76
3.2.2	Temperatures admissibles	76
3.2.3	Intensitats en funció de les condicions d'instal·lacions soterrades	77
3.2.4	Condicions especials d'instal·lació soterrada i factors de correcció d'intensitat admissible	79
3.2.5	Intensitats màximes admissibles per a conductors en instal·lació a l'aire en galeries o canals	81
3.2.6	Condicions especials d'instal·lació en galeries i factors de correcció d'intensitats admissibles	83
3.2.7	El conductor neutre	86
3.2.8	Instal·lacions subterrànies de cables aïllats	87
3.2.9	Instal·lacions soterrades	87
3.2.10	Pas de les instal·lacions a través d'elements de la construcció	91
3.2.11	Càlculs elèctrics: determinació de la secció	92
3.2.12	Proteccions de sobreintensitat	94
3.2.13	Encreuaments	95
3.2.14	Proximitats i paral·lelismes	96
3.3	Elements accessoris de connexió	97
3.4	Condicions d'instal·lació de xarxes subterrànies de BT	97
3.5	Connexió a terra	98
3.6	Sistemes de connexió del neutre i de les masses en xarxes de distribució	99
3.6.1	Esquema TN	100
3.6.2	Esquema TT	102
3.6.3	Esquema IT	103
3.6.4	Aplicació dels tipus d'esquemes TN, TT i IT	104

4	Operacions de muntatge i manteniment de xarxes subterrànies de baixa tensió	105
4.1	Documentació administrativa associada	105
4.1.1	Memòria	105
4.1.2	Plànols	106
4.1.3	Pressupost	106
4.2	Eines, equips de protecció i instrumentació específica	107
4.2.1	Equip de protecció individual (EPI)	107
4.2.2	Eines de mà bàsiques	110
4.2.3	Accessoris i equips	115
4.3	Procediments d'excavació, col·locació de tubs i condicionament de rases	117
4.3.1	Demolició de paviments	118
4.3.2	Obertura de rases	118
4.3.3	Construcció de canalitzacions en calçada	119
4.3.4	Canalitzacions entubades	120
4.3.5	Canalitzacions mixtes MT/BT	121
4.3.6	Canalitzacions per a serveis auxiliars	121
4.4	Fases de muntatge d'una instal·lació de xarxa subterrània de baixa tensió	122
4.5	Procediment d'estesa de cables i col·locació en safates	122
4.6	Tècniques de connexió i empalmament de conductors	125
4.7	Posada a terra i continuïtat del conductor neutre	126
4.7.1	Posada a terra del neutre	126
4.7.2	Continuïtat del conductor neutre	127
4.8	Marcatge de conductors	127
4.9	Plans de manteniment en xarxes subterrànies	127
4.10	Avaries tipus en xarxes subterrànies	129
4.10.1	Localització d'avaries	130

Introducció

Tot i que les xarxes aèries de baixa tensió (BT) són substituïdes cada vegada més, principalment en zones urbanes, per xarxes subterrànies, són encara fàcils de veure a les nostres poblacions i, de manera especial, a les zones rurals. La raó principal per instal·lar-les és que encara són econòmiques en alguns aspectes, com els materials, el muntatge i el manteniment; però cal tenir present que trenquen l'estètica dels carrers i dels edificis. Per això, les administracions locals procuren evitar instal·lar aquest tipus de xarxes a les zones urbanes.

Aquesta unitat forma part del mòdul *Instal·lacions de distribució* i té com a objectiu que l'alumne adquireixi els coneixements necessaris per muntar i mantenir les instal·lacions elèctriques aèries de baixa tensió (BT). La unitat s'estructura en dos apartats principals.

En l'apartat "Configuració de xarxes aèries de distribució" en baixa tensió s'estudia la tipologia de les xarxes aèries, ja siguin posades o tibades. En funció dels tipus de xarxa cal conèixer els elements que de què estan compostes. Es per això que en aquest apartat es descriu el material que configuren les xarxes aèries. Dels elements que les conformen entre d'altres estudiareu els *tipus de suports*, els *conductors* utilitzats i els *elements accessoris i de subjecció*. També veureu *condicions generals i especials d'instal·lació de xarxes aèries* de BT així com *connexió a terra*.

En l'apartat "Operacions de muntatge i manteniment de xarxes aèries de baixa tensió" obtindreu els coneixements de la "documentació administrativa associada" que és necessària per a l'execució de les xarxes aèries de BT en base a la normativa del REBT. També estudiareu la part més tècnica de procediments pel muntatge i manteniment de les xarxes aèries de baixa tensió (BT). En aquest apartat s'especifiquen les *eines i instrumentació específica* que l'instal·lador de xarxes aèries ha de fer servir per la seva seguretat. Igualment es dedica una detallada redacció del *muntatge d'instal·lació de xarxa aèria posada sobre façana o en aèria en suports* per adquirir els coneixement i les tècniques emprades. Un cop adquirits els coneixement pel muntatge de les xarxes aèries no menys important serà l'estudi dels *plans de manteniment i avaries en xarxes aèries i les mesures característiques i paràmetres de control*, els quals estudiareu. També s'hi tracta el tema tan rellevant de la *qualitat i la prevenció dels riscos laborals*.

Durant la lectura dels apartats trobareu referències al REBT com guia normativa aplicable, el qual heu de disposar i consultar. És important recordar la importància que tenen la part gràfica que trobareu en aquest mòdul per consolidar els conceptes que es donen i de la que disposareu a les adreces web que s'indiquen.

El desenvolupament de les instal·lacions elèctriques de xarxes soterrades per alimentar edificis restaurats -d'habitatge, comercials, d'oficines o destinats a una indústria- obliga els instal·ladors autoritzats en baixa tensió a consultar els

reglaments, les normes de referència, els decrets i els manuals pel que fa a les operacions necessàries de muntatge i manteniment, així com pel que fa als materials, les eines i els aparells de mesura i verificació més indicats.

En l'apartat "Configuració de xarxes soterrades de distribució en baixa tensió" es descriuen els tipus i les característiques de les instal·lacions de xarxes soterrades, com ara les directament soterrades, sota tub o en galeries, entre d'altres; així com els conductors de xarxes soterrades de distribució. D'altra banda, es descriuen els components -i les seves característiques- dels diversos espais d'instal·lacions soterrades i els càlculs necessaris segons la normativa actual per tal de dotar de seguretat una instal·lació soterrada de baixa tensió.

L'apartat "Operacions de muntatge i manteniment de xarxes soterrades de baixa tensió" descriu les tècniques que s'han d'aplicar en aquest tipus d'operacions i mostra els procediments i les diferents eines i mesures de seguretat per tal de dur-les a terme. En aquest apartat podreu treballar i veure els diferents documents, eines, equips amb protecció i instruments que un electricista ha de conèixer per desenvolupar bé la feina. D'altra banda, podreu observar els diferents procediments habituals d'excavació, col·locació de tubs i condicionament de rases segons la normativa actual; en el seu procedir es donen les pautes mínimes de muntatge d'una instal·lació de baixa tensió en xarxes soterrades, així com els procediments en l'estesa dels cables, col·locació de sabates, tècniques de connexió i empalmaments de conductors. No oblidem, també, la posada a terra i la continuïtat del conductor del neutre. Així mateix, veurem els diferents plans de manteniment i les avaries que es poden presentar.

Per tal treballar els continguts d'aquesta unitat és convenient, fer les activitats i els exercicis d'autoavaluació que es proposen.

Resultats d'aprenentatge

En finalitzar aquesta unitat l'alumne:

1. Identifica la configuració d'una xarxa de distribució en baixa tensió, reconeixent els seus components i descrivint les seves característiques.
 - Selecciona el tipus de xarxa i el sistema d'instal·lació adequat per a un supòsit de distribució d'energia elèctrica en baixa tensió.
 - Classifica els tipus d'elements d'una xarxa aèria (suports, conductors, accessoris de subjecció, entre d'altres) d'acord amb la seva funció i el sistema d'instal·lació (cables aïllats posats o tensats i cables nus).
 - Classifica els tipus d'elements d'una xarxa subterrània (conductors, rases, registres, galeries, accessoris de senyalització, entre d'altres) d'acord amb la seva funció.
 - Identifica els tipus de conductors emprats en xarxes de distribució.
 - Identifica els elements de la xarxa amb la seva representació simbòlica en els plànols i esquemes que caracteritzen la instal·lació.
 - Reconeix la normativa en el traçat de la xarxa i respecte a les distàncies reglamentàries.
 - Verifica el compliment de la normativa sobre encreuaments, proximitats i paral·lelismes a les instal·lacions que afecten a la xarxa.
 - Demostra coneixement suficient de la ITC-BT-08.
2. Realitza operacions de muntatge i manteniment d'una xarxa aèria de baixa tensió descrivint-les i aplicant les tècniques corresponents.
 - Descriu les fases i procediments de muntatge dels suports.
 - Descriu les fases i procediments d'estesa i tensat dels cables.
 - Munta els accessoris (suports per a fixació de cables, abraçadores, pinces, bressols, entre d'altres) i cables en una instal·lació a escala sobre paret o façana.
 - Realitza empalmaments utilitzant peces metàl·liques de connexió.
 - Amarra un conductor sobre un aïllador.
 - Realitza derivacions amb caixa d'empalmament i amb peces de connexió.
 - Diagnostica les causes d'avaries en una línia de xarxa trenada sobre suports i façana interpretant els símptomes.
 - Efectua les mesures de paràmetres característics.
 - Elabora un informe de les activitats realitzades i els resultats obtinguts.
 - Compleix les normes de prevenció de riscos laborals (incloses les de seguretat enfront el risc elèctric) i de protecció ambiental.

- Respecta els criteris de qualitat.
 - Actua amb responsabilitat.
3. Realitza operacions de muntatge i manteniment d'una xarxa subterrània de baixa tensió descrivint-les i aplicant les tècniques corresponents.
- Descriu les fases i procediments d'obertura i condicionat de rases.
 - Descriu les fases i procediments de l'estesa dels cables directament soterrats, sota tub i a l'aire, allotjats en galeries .
 - Realitza un empalmament d'unió aèria -subterrània amb maniguet preaïllat.
 - Realitza derivacions amb connector a pressió recobert per cinta o maniguet.
 - Diagnostica les causes d'avaries en línies de xarxes subterrànies.
 - Efectua les mesures de paràmetres característics.
 - Compleix les normes de prevenció de riscos laborals (incloses les de seguretat enfront el risc elèctric) i de protecció ambiental
 - Elabora un informe de les activitats realitzades i resultats obtinguts.
 - Respecta els criteris de qualitat.
 - Actua amb responsabilitat.
4. Aplica les normes de prevenció de riscos laborals i de protecció ambiental en el muntatge i manteniment d'instal·lacions elèctriques de distribució, identificant els riscos associats, les mesures i equips per prevenir-los.
- Identifica els riscos laborals en les tasques de manteniment de centres de transformació i en les de muntatge i manteniment de línies aèries i subterrànies de baixa tensió i instal·lacions d'enllaç (manipulació de materials, equips, eines, utensilis, màquines, realització de maniobres, verificació d'instal·lacions, reparació i substitució d'elements, treballs en altura, treballs en rases i galeries, entre d'altres).
 - Determina les mesures de seguretat i de protecció personal que s'han d'adoptar en cada cas.
 - Identifica les possibles fonts de contaminació de l'entorn ambiental.
 - Valora l'ordre i la netedat d'instal·lacions i equips com a primer factor de prevenció de riscos.

1. Configuració de xarxes aèries de distribució en baixa tensió

Les **xarxes aèries de distribució** en baixa tensió (BT) són el conjunt de línies, equips i aparellatge que subministren energia elèctrica a les instal·lacions receptores i punts de consum.

Les xarxes aèries de distribució en baixa tensió són dissenyades en forma radial i ramificada o, en alguns casos, per necessitats de les companyies elèctriques, en forma d'anell.

Les xarxes aèries de distribució en baixa tensió s'estructuren des dels centres de transformació (CT) i fan el seu recorregut per la zona d'influència fins a acabar a l'embranchament del subministrament.

Els *conductors* de les xarxes aèries de distribució poden ser *nus* o *aïllats*. La **xarxa aèria de BT nua** (figura 1.1) s'instal·la amb els cables separats per una distància de seguretat de tal manera que les derivacions i els empalmaments necessaris s'hi fan directament a sobre. Aquests tipus de xarxes actualment ja no es munten i només es poden trobar a les instal·lacions més antigues.

Les tensions nominals d'alimentació de les xarxes aèries de distribució en BT són de 230 V i 400 V en corrent altern (CA).

FIGURA 1.1. Línia aèria nua



A la **xarxa aèria de baixa tensió aïllada** (figura 1.2) s'instal·len els conductors aïllats cablejats en feix, que habitualment són coneguts com a *cables trenats*; el fet que estiguin aïllats fa que sigui més fàcil i còmode manipular-los, i cal menys espai per instal·lar-los.

FIGURA 1.2. Línia de distribució aèria trenada sobre suports de fusta

Heu de saber que les xarxes aèries de distribució han de complir la normativa següent:

- Reglament electrotècnic de baixa tensió (REBT).
- Instrucció tècnica complementaria, ITC-BT-06 del REBT. Xarxes aèries per a distribució en baixa tensió.
- Normes UNE.
- Normes tècniques particulars de les empreses elèctriques.
- Reglamentacions i disposicions administratives nacionals, autonòmiques i locals.

1.1 Tipologia i estructura de les xarxes aèries de baixa tensió

Les xarxes aèries de baixa tensió van instal·lades per sobre de la superfície del terra, muntades en suports o en façanes d'edificacions mitjançant elements de subjecció per assegurar la correcta instal·lació. Generalment els conductors utilitzats solen ser aïllats en feix trenat per la qual cosa les anomenen *xarxes aèries trenades*. Aquests tipus de xarxes segons la seva ubicació en zones urbanes o rurals i la configuració del traçat les poden classificar-les de dos maneres diferents:

- xarxes trenades *posades*
- xarxes trenades *tibades*

Als apartats següents veurem detalladament aquests dos tipus de xarxes.

1.1.1 Xarxes trenades posades

Les xarxes trenades posades s'utilitzen preferentment a les zones urbanes amb cables directament posats sobre les façanes i els murs de les edificacions. Al llarg

del recorregut, aquestes xarxes es configuren en alineacions horitzontals i verticals de manera que el feix trenat es va adaptant als accidents del traçat quan passa sota cornises, voladissos o altres elements constructius de les façanes (figura 1.3).

FIGURA 1.3. Xarxa trenada posada



Les xarxes trenades i posades són ideals, en particular, quan el traçat passa per espais reduïts, quan es tracta de recorreguts complicats i la línia ha de quedar dissimulada sense trencar l'estètica de l'edifici.

Les **xarxes trenades posades** tenen un cost superior al de la xarxa tibada ja que cal més longitud de **feix trenat** que en el cas de la xarxa tibada, i exigeix també més laboriositat.

Compte!

Al llarg del traçat de la línia hi poden haver buits situats en la separació dels edificis o als encreuaments dels carrers, una situació que fa que els cables no estiguin posats a la façana o el mur.

En aquesta situació, els conductors tenen un altre sistema de suspensió, ja sigui posats sobre un cable fiador o tibats pel conductor mateix. En aquesta darrera situació, per tant, la instal·lació s'ha de regir per les normes que s'apliquen a les xarxes tibades.

1.1.2 Xarxes trenades tibades

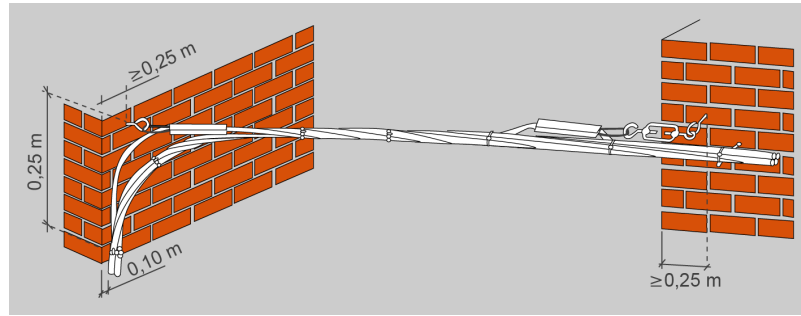
Les xarxes trenades tibades es munten preferentment en zones rurals o en habitatges aïllats i dispersos. Els cables de les xarxes tibades es munten generalment en suports de formigó, de fusta o metàl·lics, tal com es veu a la figura 1.4, mitjançant elements d'amarratge (pines, tensor i ganxos). De totes maneres, cal recordar que es poden instal·lar en espais buits entre edificacions, com mostra la figura 1.5.

FIGURA 1.4. Xarxa trenada tibant en suport de formigó



Consulteu les figures de la fixació de cables de la xarxa tibada per tracció i de la xarxa tibada per suspensió a l'adreça:
<http://goo.gl/edtUH>

FIGURA 1.5. Xarxa trenada tibant entre edificis



La fixació dels cables de la xarxa tibada es pot fer de dues maneres diferents. Una és fent servir el conductor neutre com a element portador del feix trenat. El conductor de neutre portador es pot subjectar al feix per tracció i, en aquest cas, el cable portador queda sotmès a l'esforç del tibament del feix. Si la fixació es fa per suspensió, el cable portador queda sotmès al pes del feix.

Un altre sistema per instal·lar els conductors és tibant un cable fiador d'acer de 22 mm² de secció entre uns punts d'ancoratge. Aleshores el cable trenat es fixa al cable d'acer amb uns collarets o bé uns tubs flexibles (figura 1.6).

FIGURA 1.6. Cable trenat suspès amb un cable fiador d'acer



El sistema emprat –aquesta manera de sostenir el feix– es pot considerar com si fos una xarxa posada, ja que recolza en el cable d'acer.

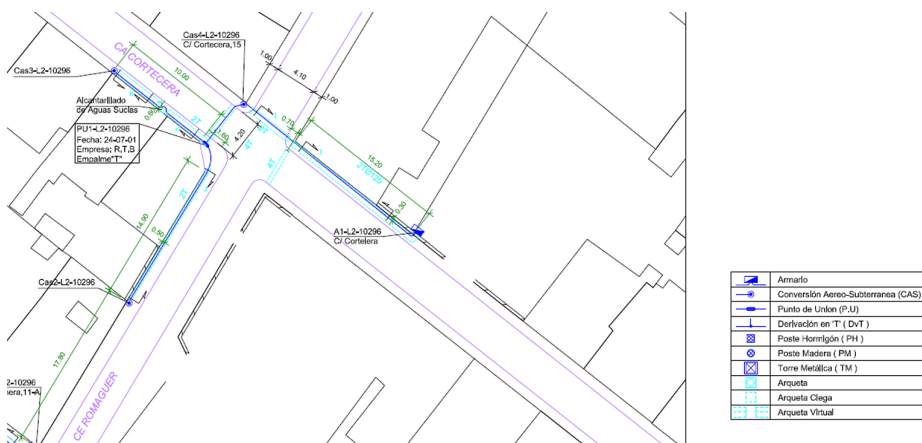
1.2 Representació simbòlica de xarxes aèries en plànols i esquemes

Els plànols que es fan servir principalment en la representació de les xarxes aèries són els següents:

- **Plànols de situació i emplaçament.** Es tracta de plànols que mostren la ubicació de les obres que defineix el projecte en relació amb l'entorn i a escala molt reduïda, per tal que l'emplaçament de la línia elèctrica projectada sigui perfectament identificable i localitzable (figura 1.7).

FIGURA 1.7. Plànol de situació i emplaçament

- **Plànol de planta.** Aquest tipus de plànols són una representació de la planta de la línia elèctrica feta a una escala reduïda de valors compresos entre 1:2.000 i 1:500. En els plànols de planta hi ha tots els cultius, les zones arbrades i els serveis (carreteres, ferrocarrils, cursos d'aigua, línies elèctriques i de telecomunicació, edificis, conduccions de gas, etc.), i tot el que es considera d'interès. La figura 1.8 mostra un plànol de planta amb la representació d'una xarxa de distribució i la llegenda amb l'explicació dels símbols utilitzats.

FIGURA 1.8. Plànol de planta

- **Plànol de perfil.** Als projectes d'instal·lació de xarxes aèries ubicades en zones rurals és convenient afegir-hi plànols de perfil, que utilitzen, com fan els de planta, escales reduïdes amb valors compresos entre 1:2.000 i 1:500. En el plànol de perfil hi ha representades la situació i la numeració dels suports, com també els seus tipus i el sistema de fixació dels conductors, l'escala quilomètrica, les longituds de les obertures i els angles del traçat entre altres coses.
- **Plànols d'altres tipus.** També es fan servir plànols d'elements constructius

(suports, aparellatge, etc.).

1.3 Tipus i característiques dels suports

La ferramenta...

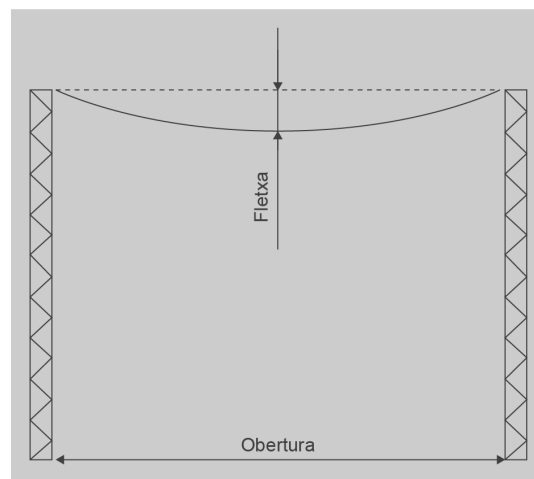
... és el conjunt d'elements que es fan servir per fixar aïlladors, fils de terra, elements de protecció elèctrica dels aïlladors i accessoris dels conductors.

Els suports tenen com a missió suportar els conductors i la ferramenta —els accessoris de subjecció de la xarxa—, la qual ha de ser de materials prou resistents per suportar les exigències mecàniques i fer front a les atmosfèriques.

D'acord amb el REBT, els **suports** poden estar sotmesos a una sèrie d'**esforços**, els quals determinen el tipus de suport per a cada condició de treball.

L'**obertura** és la distància que separa dos suports consecutius, i la **fletxa** és la distància entre el punt més baix del conductor i la línia imaginària que uneix els dos punts de fixació del conductor als suports. La figura 1.9 mostra gràficament aquests dos conceptes.

FIGURA 1.9. Conceptes d'obertura i fletxa



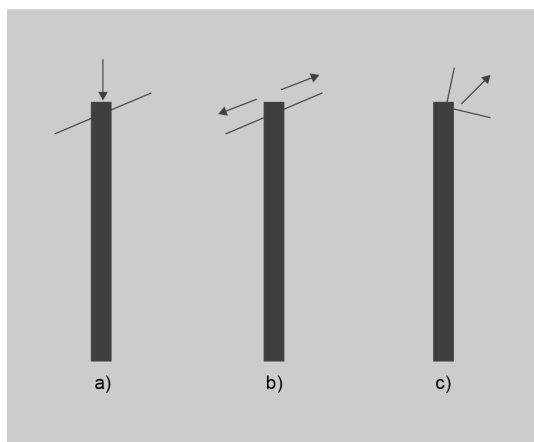
1.3.1 Esforços en els suports

Els esforços que poden produir-se sobre els suports (figura 1.10) es poden classificar en els següents:

- **Verticals**, els quals exerceixen compressió sobre el suport pel pes dels conductors, de la ferramenta, pel pes dels suports mateix i del gel en condicions climatològiques especials (figura 1.10 a).
- **Longitudinals**, els quals exerceixen tracció sobre el suport pel tibament dels conductors (figura 1.10 b).

- **Transversals**, els quals exerceixen flexió sobre el suport pel canvi de direcció de la línia i l'acció del vent (figura 1.10 c).

FIGURA 1.10. Esforços en suports: a) verticals; b) longitudinals i c) transversals



D'acord amb el que estipula el REBT, els suports poden estar sotmesos a una sèrie d'esforços, els quals determinen la classe de suport adient per a cada condició de treball (taula 1.1).

TAULA 1.1. Funcions dels suports segons els tipus d'esforç

Esforços	Funció del suport
Verticals i transversals per l'acció del vent	Alineació
Verticals i transversals	Angle
Verticals, longitudinals i transversals	Ancoratge
Verticals, longitudinals i transversals	Fi de línia
Esforç resultant de diferents línies confluents al suport	Estellament

1.4 Tipus de suports segons el material

Ateses les característiques físiques i el material de què estan fets els suports, els suports poden ser del següent:

- Formigó armat
- Metàl·lics
- Fusta

Trobareu plànols de suports de formigó armat i taules de característiques a les adreça: <http://goo.gl/d8yY5>

1.4.1 El suport de formigó armat

El **suport de formigó armat** està format per una estructura interna de barres d'acer i de formigó. Es tracta d'un tipus de suport que no necessita conservació, la qual cosa és un avantatge respecte als altres suports, però en canvi té un pes superior.

Hi ha tipus diferents de suports de formigó pel que fa a la fabricació:

- **Formigó armat buit** és un tipus de suport que es pot trobar en forma prismàtica buida o de cilindres buits, que reben el nom de **suports centrífugats**.
- **Formigó armat vibrat compacte**. Com que els suports de formigó vibrat compacte són els més utilitzats, val la pena descriure'ls més detalladament. En el procés de fabricació d'aquests suports, el formigó és sotmès a vibracions per tal d'aconseguir eliminar les bombolles d'aire que conté. Els suports de formigó armat vibrat compacte tenen les característiques generals i mecàniques següents:

– **Característiques generals:**

- * Tenen la forma exterior d'un tronc de piràmide.
- * Treballen davant de la compressió i la flexió, en les direccions de les dues cares perpendiculars: la cara ampla i la cara estreta.
- * Els suports de formigó compacte poden ser normals i reforçats.
- * La part superior del suport de formigó compacte té les cares planes amb forats que serveixen per fixar els elements d'amarratge.
- * La part intermèdia té concavitats o alvèols, la finalitat dels quals és reduir el pes en el suport sense disminuir-ne la resistència.
- * Disposen de dos borns per facilitar la posada a terra: un a la part superior i l'altre a la part inferior.
- * El cap dels suports està pintat d'un color que indica l'esforç nominal.
- * Porten dues plaques adossades i situades a 4 m d'alçada:
 - en una s'hi especifiquen les característiques i s'hi indica el nom del fabricant, la data fabricació, el número sèrie i el taller, i la designació UNESA;
 - en l'altra s'hi assenyalen el risc elèctric a què està exposat.

– **Característiques mecàniques:**

- * **Esforç nominal (F)**. És l'esforç, expressat en decanewtons (daN), amb què el fabricant el designa i representa segons la direcció principal, cara estreta, a una distància de 0,25 m per sota del cap.
- * **Esforç secundari (F_s)**. És l'esforç màxim, expressat en decanewtons (daN), que és capaç de suportar en direcció secundària, cara ampla i aplicat a 0,25 m per sota del cap, amb un coeficient

de seguretat igual al que s'aplica en el cas de l'esforç nominal i sense cap consideració de vent sobre el suport.

- * **Esforços de trencament.** Són els esforços, expressats en decanewtons per metre (daN·m) que fan arribar el suport al trencament del formigó o de l'armadura.
- * **Moment de ruptura per torsió.** És el moment que produeix el trencament del suport per torsió en qualsevol de les seccions.
- * **Coefficient de seguretat al trencament.** És la relació entre el *moment de ruptura* i el *moment de servei* (moment de l'esforç útil més el vent, si s'escau) en una secció determinada.

1.4.2 Els suports metàl·lics

Una de les característiques dels suports metàl·lics és la robustesa per suportar grans esforços de tracció, la qual cosa fa que sigui més adient utilitzar-los quan s'han d'instal·lar línies elèctriques en zones rurals amb distàncies considerables entre els suports. Els suports metàl·lics es poden classificar en els següents tipus:

- **Suports de gelosia.** Es tracta de suports amb una estructura formada per perfils laminats d'acer galvanitzat. Els perfils es munten aplicant-hi diferents sistemes d'unió, ja sigui soldadura, cargols o reblons. En els suports de gelosia es distingeixen dues parts:
 - El **cap**, que és la part del tram superior i que té forma prismàtica rectangular. En aquest tram es munta la ferrament utilitzada per fixar els conductors.
 - El **fust**, que és la part amb forma de tronc de piràmide que constitueix el tram inferior del suport. Aquesta part va unida al cap i s'encasta dins de la cimentació.
- **Suports de xapa plegada i tubular.** Aquests suports es fabriquen en planxa d'acer galvanitzat. Els suports de xapa plegada tenen forma de tronc de piràmide de secció poligonal, i els tubulars tenen una forma cilíndrica de secció circular. Per acollar l'armat i la ferrament que fa de subjecció dels conductors, aquests suports disposen d'una sèrie de forats a la part superior. Es pot fixar al terreny de dues maneres diferents:
 - per **encastament** amb cimentacions de formigó;
 - amb una **base de planxa metàl·lica** fixada amb pern.

Trobareu plànols de suports metàl·lics i taules de característiques a les adreces:
<http://goo.gl/v8K9F>
<http://goo.gl/8k4NV>

1.4.3 Els suports o pals de fusta

Aquest tipus de suports s'utilitzen principalment en xarxes d'ús rural perquè són fàcils de muntar i de transportar. Ara es fan servir menys perquè han estat

Trobareu un plànol d'un suport de fusta i la taula de les característiques a l'adreça:
<http://goo.gl/r6l7H>

reemplaçats per suports de formigó.

La vida del suport de fusta és aproximadament d'uns deu anys, més curta que la del suport de formigó, ja que es deteriora abans. Per tal que es conservi més bé, s'hi fa un tractament preventiu amb creosota que dona a la fusta més protecció davant de les condicions externes.

Hi ha classes de suports de fusta diferents (III, IV, etc.), les quals tenen el mateix esforç nominal i les característiques dimensionals de longitud, perímetre en el cap i perímetre a una alçada d'1,80 m de la base.

Per identificar les característiques del suport de fusta (longitud, classe, fabricant, l'any de tractament de la fusta, el preservant, etc.), porten unes marques clavades a la fusta del pal.

1.4.4 Designació dels suports

Per designar-los, se segueixen les mateixes regles amb petites variacions en la major part dels suports. La designació està formada per grups de sigles ordenades que contenen lletres i nombres que varien segons el tipus de suport.

- **Suports de formigó.** En aquest tipus de suports l'ordre dels grups de sigles és el següent:
 - Les lletres *HV*, les quals indiquen que és *formigó armat vibrat*.
 - L'esforç nominal *F*, els valors del qual són expressats en daN.
 - La lletra *N* si és un suport *normal*, o la lletra *R* si és *reforçat*.
 - La longitud expressada en metres.
- **Suports metàl·lics.** En aquest tipus de suports l'ordre dels grups de sigles és el següent:
 - La lletra *C* si és de *gelosia*, o les lletres *CH* si és de xapa metàl·lica.
 - L'esforç nominal *F*, els valors del qual són expressats en daN.
 - La longitud expressada en metres. En el cas dels suports de xapa metàl·lica, a més de la longitud, hi ha indicada la lletra *E* si la base està encastada, o la lletra *P* si duu una base metàl·lica.
 - La qualitat de l'acer només en el cas de suports de xapa metàl·lica:
 - * *B*, si és d'acer del tipus AE 275-B;
 - * *D*, si és d'acer del tipus AE 355-D.
- **Suports de fusta.** En aquest tipus de suports l'ordre dels grups de sigles és el següent:
 - Les lletres *PM*.
 - La longitud expressada en metres.

- El tipus del suport.

Exemples de designació dels diferents tipus de suports

HV 630 R 11.

En aquest cas la designació correspon a un suport de formigó armat reforçat de 630 daN d'esforç nominal i d'11 m de longitud.

C 9000-20.

La designació indica que és un suport de gelosia de 20 m i 9.000 daN d'esforç nominal.

CH 400-13E-D.

La designació indica que és un suport de xapa metàl·lica de qualitat D, d'esforç nominal 400 daN i 13 m d'alçada encastat al terreny i fet amb un acer del tipus AE 355-D.

PM 12 III.

La designació indica que és un suport de fusta de 12 m de longitud i del tipus III.

1.5 Tipus i característiques dels conductors

D'acord amb el REBT a la seva ITC-BT-06 indica que els conductors utilitzats en les xarxes aèries podran ser de coure, d'alumini o d'altres materials o aliatges que tinguin característiques elèctriques i mecàniques adequades i que siguin preferentment aïllats. Per tant podem entendre que han de posseir bona conductivitat elèctrica i han de ser resistents als esforços i a les exigències externes. Aquests conductors quan no porten aïllament exterior els anomenen **conductors nus**, però per norma general s'utilitzen els **conductors aïllats de feix trenat**. Als apartats següents veurem amb més detall aquests tipus de conductors.

1.5.1 Conductors nus

Les **xarxes aèries de conductors nus** actualment estan en desús i han estat substituïdes **per conductors aïllats** de cables unipolars o **cables de feix trenat**.

"Els conductors nus han de ser resistents a les accions de la intempèrie i la seva càrrega de ruptura mínima a la tracció ha de ser de 410 daN i han de satisfer les exigències especificades a les normes UNE 21012 o UNE 21018 segons si els conductors són de coure o d'alumini."

"Es consideren conductors nus els conductors aïllats per a una tensió nominal inferior a 0,6/1 kV. La seva utilització ha de tenir caràcter especial degudament justificat, excloent el cas de zones arbrades o que presentin perill d'incendi."

REBT. ITC-BT-06 (apartat 1.1.2). *Conductors nus*

1.5.2 Conductors aïllats

A les xarxes aèries, els conductors que habitualment s'utilitzen més són els cables en feix trenat. Els cables d'aquest tipus estan cablejats en forma d'hèlix espiral amb aïllament individual per a cada conductor, que normalment va identificat amb el color negre.

Els **cables en feix trenat** estan formats per quatre cables aïllats (figura 1.11), tres fases i neutre; o dos cables en el cas d'embranchaments monofàsics, fase i neutre. L'ús d'aquest tipus de cables és adequat en les *línies aèries trenades tibants* i *autosuportades* sobre suports o posades en façanes d'edificis.

FIGURA 1.11. Cables en feix trenat



Els conductors de les xarxes aèries són principalment d'alumini (Al). El conductor neutre, quan fa la funció de cable portador, està constituït per un aliatge d'alumini, magnesi i silici, que rep el nom d'*Almelec* (Alm), que fa que el cable tingui més resistència mecànica. El material de l'aïllament del cable en feix trenat pot ser *polietilè reticulat* (XLPE) i *policlorur de vinil* (PVC).

"Els conductors aïllats han de ser d'una tensió assignada no inferior a 0,6/1 kV, han de tenir un recobriment que garanteixi una bona resistència a les accions de la intempèrie i han de satisfer les exigències especificades a la norma UNE 21030."

"La **secció mínima** permesa en els conductors d'alumini és de 16 mm², i en els de coure, de 10 mm².

La secció mínima corresponent a altres materials és la que garanteixi una resistència mecànica i conductivitat elèctrica no inferiors a les que corresponen als de coure abans esmentats."

REBT. ITC-BT-06 (apartat 1.1.1). *Conductors aïllats*.

Algunes característiques dels conductors de feix trenat les trobareu reflectides a la taula 1.2.

TAULA 1.2. Característiques dels conductors de feix trenat

Classe	Secció nominal (mm ²)	Càrrega de ruptura (daN)	Nombre de fils	Gruix de l'aïllament (mm)	Diàmetre màxim conductor aïllat (mm)	Resistència màxima nominal a 20 °C (Ω/km)
Fase o neutre no portador	16	6	190	1,2	7,9	1,910
	25	6	300	1,4	9,6	1,200
	50	6	600	1,6	12,3	0,641
	95	15	1.140	1,8	16,1	0,320
	150	15	1.800	1,8	19,1	0,206
Neutre portador	54,6	7	1.660	1,6	13,0	0,63
	80	19	2.000	1,8	15,8	0,40

1.5.3 Designació dels conductors de feix trenat

La designació dels conductors trenats amb aïllament XLPE, tal com ho especifiquen les normes UNE 21123 i UNE 210130, s'expressa mitjançant signes i sigles col·locats en l'ordre següent:

- Sigles (RZ). La lletra *R* designa l'aïllament; i la lletra *Z*, el tipus de cablejat del feix trenat.
- Sigles (0,6/1KV), les quals expressen en kV les tensions nominals entre fase i neutre o entre fases.
- Nombre de conductors seguit del signe (x).
- Secció del conductor fase, expressada en mil·límetres quadrats (mm²).
- Sigles (Al) si és d'alumini i de la mateixa secció.
- En cas que el conductor neutre tingui una secció diferent de les fases, es posa, a continuació, el signe (/) seguit de la secció del conductor neutre i les sigles (Al).
- En cas que el neutre sigui d'Almelec, es posa, a continuació de les sigles (Al), el signe (/) seguit de la secció del conductor neutre i les sigles (Alm).
- En cas que porti cable fiador d'acer, es posa, a continuació de les sigles (Al), el signe (/) seguit de la secció del cable fiador i les sigles (Ac).

Exemples de designació de cables de feix trenat

- **RZ 0,6/1 KV 4x25 Al**: Aquesta referència designa un cable de feix trenat format per quatre conductors d'alumini de 25 mm² de secció.
- **RZ 0,6/1 KV 3x50 Al 54,6 Alm**: Aquesta referència designa un cable de feix trenat format per tres conductors d'alumini de 50 mm² de secció i neutre portador d'Almelec (Alm) de 54,6 mm².
- **RZ 0,6/1 KV 3x95/50 Al/22 Ac**: Aquesta referència designa un cable de feix trenat format per tres conductors de 95 mm² de secció i neutre de 50 mm² d'alumini. Amb cable fiador d'acer de 22 mm².

1.5.4 Elecció dels conductors

L'elecció dels conductors es realitza a través de la secció prevista de la instal·lació la qual queda determinada pel factors següents:

- *La intensitat permanent admissible* segons les condicions de la instal·lació. Aquestes estan definides a les de taules que el REBT indica a la seva ITC-BT-06 segons el tipus de conductor: aïllat o nu, i la natura d'aquest: coure o alumini. A més s'haurà de tenir present els factors de correcció per temperatura a la que estan exposats i la forma d'agrupament d'aquests (veure taula 1.3, taula 1.4 i taula 1.5).

TAULA 1.3. Intensitat màxima admissible a temp. ambient de 40°C

Nombre de cond. per secció (mm ²)	Intensitat màxima (A)
1 x 25 Al/54,6 Alm	110
1 x 50 Al/54,6 Alm	165
3 x 25 Al/54,6 Alm	100
3 x 50 Al/54,6 Alm	150
3 x 95 Al/54,6 Alm	230
3 x 150 Al/80 Alm	305

ITC-BT-06. Cables tensats, amb neutre fiador d'aleació Al-Mg-Si (Almelec).

TAULA 1.4. Intensitat màxima admissible a temp. ambient de 40°C

Nombre de cond. per secció (mm ²)	Intensitat màxima (A)	
	Posada en façana	Tensada amb fiador d'acer
2 x 16 Al	73	81
2 x 25 Al	101	109
4 x 16 Al	67	72
4 x 25 Al	90	97
4 x 50 Al	133	144
3 x 95/50 Al	207	223
3 x 150/95 Al	277	301

ITC-BT-06. Cables posats, o tensats amb neutre fiador d'acer.

TAULA 1.5. Intensitat màxima admissible a temp. ambient de 40°C

Nombre de cond. per secció (mm ²)	Intensitat màxima (A)	
	Posada en façana	Tensada amb fiador d'acer
2 x 10 Cu	77	85
4 x 10 Cu	65	72
4 x 16 Cu	86	95

ITC-BT-06. Cables posats, o tensats amb neutre fiador d'acer.

- *La intensitat del curtcircuit* previst a la xarxa. Igualment a la ITC-BT-06 del REBT estan definides les intensitats de curtcircuit admissibles en funció dels temps de durada del curtcircuit en conductors de coure i alumini.
- Per altres factors com *la caiguda previsible de la tensió, el règim de càrrega variable*, les pèrdues elèctriques i les alimentacions alternes, per esmentar-ne només alguns.

1.6 Elements accessoris de xarxes aèries

Els elements accessoris són el conjunt de peces i materials utilitzats en el muntatge de les xarxes aèries, ja siguin instal·lades en façanes o mitjançant suports, amb la finalitat d'aconseguir una instal·lació correcta.

"Els accessoris que s'empren en les xarxes aèries han d'estar degudament protegits contra la corrosió i envelliment, i han de resistir els esforços mecànics a què puguin estar sotmesos, amb un coeficient de seguretat no inferior al que correspongui al dispositiu d'ancoratge on estiguin instal·lats".

REBT. ITC-BT-06 (apartat 1.3). *Accessoris de subjecció.*

1.6.1 Elements de subjecció en façanes

Els **elements de subjecció** utilitzats a les **xarxes posades sobre façana** estan formats per un conjunt de peces –sobretot suports, abraçadores i tacs– dissenyades per tal de facilitar la fixació a l'estructura dels edificis, i fabricades d'acer plastificat, acer inoxidable plastificat i material sintètic.

La fixació del cable als murs es fa amb suports i abraçadores, a manera de mènsula, perquè puguin suportar el conjunt del feix. Els suports i abraçadores van fixats als murs i les façanes amb tacs incorporats al mateix suport. Porten un **sistema de tancament**, el qual uneix el suport amb el feix i impedeix que se surti accidentalment del seu allotjament. La figura 1.12 mostra alguns tipus d'aquests elements de subjecció.

FIGURA 1.12. Suports de subjecció sobre façanes

1.6.2 Elements de subjecció en suports

Els elements utilitzats per fixar els conductors sobre suports són bàsicament de dues classes: de **suspensió** i d'**amarratge**.

Com els elements de suspensió sobre façanes, estan fets d'acer plastificat, d'acer inoxidable plastificat o d'un material sintètic.

- **Elements de suspensió.** La suspensió de la línia s'efectua amb grapes de suspensió (figura 1.13), les quals suporten el feix mitjançant el neutre portador. Les grapes s'uneixen al suport amb peces d'ancoratge, consoles (figura 1.14) i ganxos. El conjunt forma una **unió articulada** que facilita l'acoblament al neutre portador, tal com es pot veure a la figura 1.15. Se'n fabriquen de classes i formes diferents, i n'hi ha que porten un sistema que impedeix que el cable se surti accidentalment del seu allotjament; també permeten unir el feix a la grapa de suspensió.

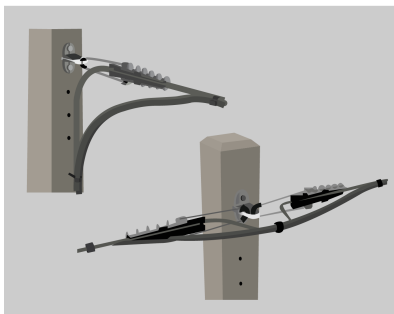
FIGURA 1.13. Grapes de suspensió

FIGURA 1.14. Consoles de suspensió**FIGURA 1.15.** Conjunt de suspensió format per grapa, consola i ganxo

- **Elements d'amarratge.** La línia es fixa a les peces d'ancoratge (punts d'ancoratge) amb **pinces d'amarratge**, les quals s'acoblen al conductor del neutre portador per un sistema de tascons aïllants lliscant. La pressió s'efectua sobre l'aïllament del cable de manera que no el fereixi ni en disminueixi les característiques. La figura 1.16 mostra els diferents tipus de pines d'amarratge; i la figura 1.17, el conjunt d'elements necessaris per amarrar el cable.

FIGURA 1.16. Pines d'amarratge

FIGURA 1.17. Conjunt d'elements per a l'amarratge



1.6.3 Elements complementaris de xarxes aèries trenades

Perquè la instal·lació funcioni correctament, les xarxes aèries es munten amb altres elements complementaris, a part dels elements principals de subjecció. Els elements complementaris més importants que formen part de les xarxes aèries són els següents:

- **Abraçadores per a xarxes aèries trenades suspeses.** Aquest tipus d'abraçadores s'utilitzen per subjectar el feix trenat en xarxes suspeses amb cable fiador d'acer (figura 1.18).

FIGURA 1.18. Abraçadores per a xarxes aèries trenades suspeses



- **Ganxos.** Aquests elements complementaris es munten als suports o s'encasten en façanes per subjectar els elements de suspensió o d'amarratge (figura 1.19).

FIGURA 1.19. Ganxos



- **Abraçadores de subjecció per a baixants.** Aquest tipus d'elements complementaris s'utilitzen quan cal efectuar un **pas de xarxa aèria a subterrània** o en altres muntatges que així ho requereixin a fi de fixar els conductors o els tubs als suports de la xarxa, a pals d'embranchament o a les façanes. La figura 1.20 mostra una varietat d'aquests elements, i la figura 1.21 presenta un detall del muntatge del conjunt.

FIGURA 1.20. Abraçadores de subjecció de cables i tubs



Font: Cahors

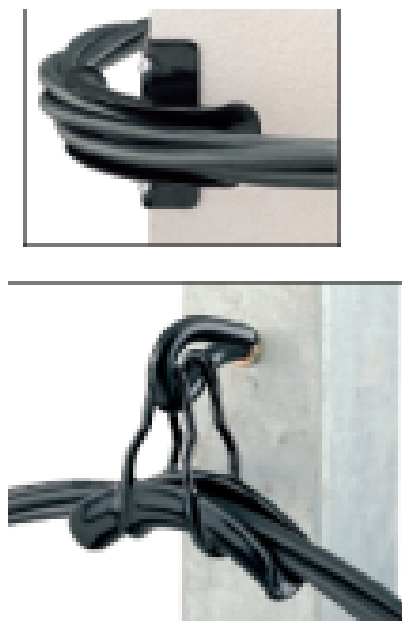
FIGURA 1.21. Detall de muntatge d'abraçadores en suport



- **Bressols.** Aquest tipus d'elements complementaris s'utilitzen en suports i cantonades de façana per tal de **protegir els cables** trenats quan hi ha **canvis de direcció** a la xarxa com també en els embrancaments. A la figura 1.22 hi ha dos tipus de bressols de curvatura interior i exterior segons el lloc i el muntatge, tal com mostra detalladament la figura 1.23.

FIGURA 1.22. Bressols



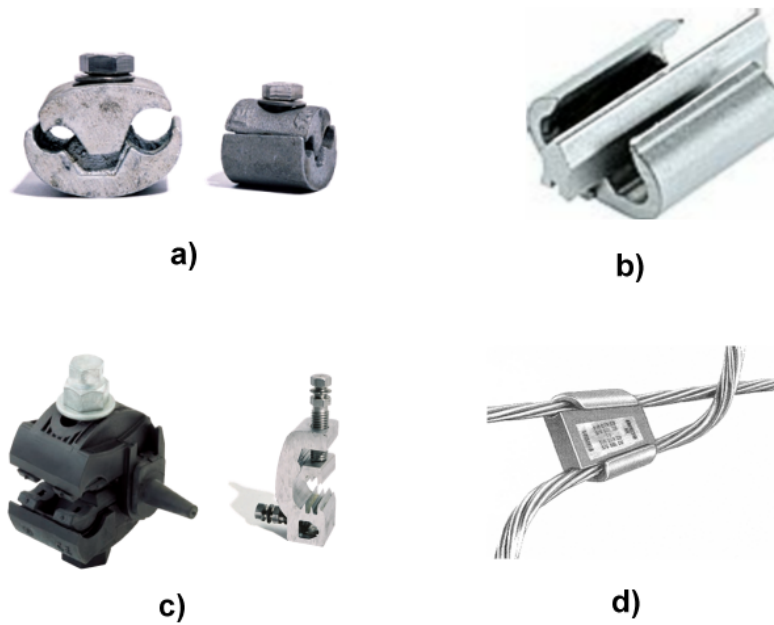
FIGURA 1.23. Detall de muntatge de bressols

- **Caputxons.** Aquests elements s'utilitzen com a **elements d'estanquitat** en tubs de protecció dels cables instal·lats en façanes i suports. La figura 1.24 mostra caputxons per a cables d'un, tres i quatre conductors de sortida, i caputxons de protecció final de cable; la figura 1.25 mostra detalladament el muntatge dels caputxons.

FIGURA 1.24. Caputxons**FIGURA 1.25.** Detall de muntatge de caputxons

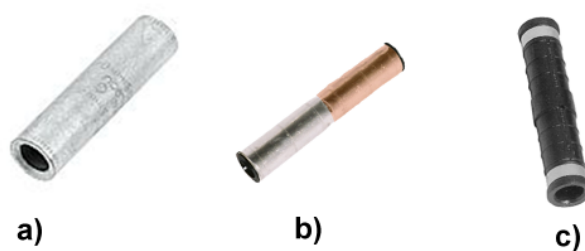
- **Connectors.** Aquests elements complementaris s'utilitzen per efectuar unions i derivacions de conductors a la xarxa aèria i embrancaments. La figura 1.26 mostra detalladament diferents classes de connectors.

FIGURA 1.26. Connectors: a) de pressió per cargol; b) de compressió de petaca; c) de perforació de l'aïllament; d) de compressió AMPACT



- **Maniguets d'unió de conductors.** Els maniguets serveixen per **empalmar** un conductor amb un altre de la mateixa secció, o bé, per reduir-ne la secció. La figura 1.27 mostra detalladament els diferents tipus de maniguets.

FIGURA 1.27. Diferents tipus de maniguets: a) maniguet d'unió aluminí-alumini; b) Maniguet d'unió aluminí-coure; c) Maniguet preaïllat

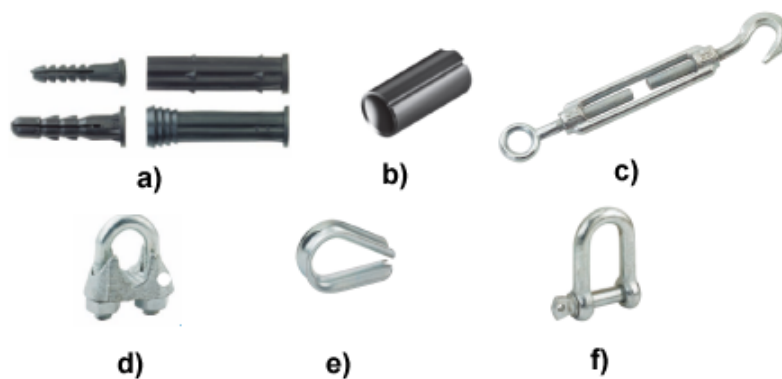


- **Terminals.** La funció d'aquests elements complementaris és connectar l'extrem d'un conductor a un element de connexió d'un aparell. Per exemple, caixes generals de protecció (CGP), de seccionament, etc. La figura 1.28 mostra terminals per a diferents seccions de conductor.

FIGURA 1.28. Terminals

- **Accessoris.** Hi ha una gran varietat d'accessoris que complementen els materials utilitzats a les xarxes aèries trenades. La figura 1.29 il·lustra detalladament algunes de les varietats d'accessoris.

FIGURA 1.29. Diversos tipus d'accessoris: a) tacs per a la fixació de ganxos i cargols; b) Tubs de protecció; c) Tensors de cables; d) Subjectadors de cables; e) Protectors de cables; f) Grillons



1.7 Aïlladors

La funció de l'aïllador és aïllar elèctricament els conductors de les xarxes aèries nues, amb tensió, de la resta d'elements. Com que avui dia no s'instal·len xarxes aèries nues noves, només es fan servir en el manteniment de les xarxes antigues.

"La fixació dels aïlladors als seus suports s'ha d'efectuar mitjançant roscatge o cimentació amb substàncies que no ataquin cap de les parts, i que no pateixin variacions de volum que puguin afectar els aïlladors o la seguretat de la fixació."

REBT. ITC-BT-06. (Apartat 1.2). *Aïlladors.*

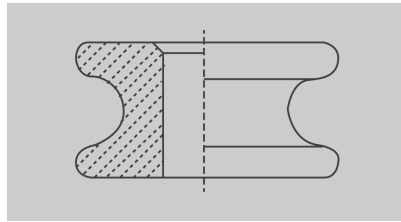
Els aïlladors de les xarxes aèries de BT són de porcellana o de vidre, i tenen una forma apropiada per suportar el conductor.

Els aïlladors poden ser de tipus diferents per la forma i la funció que tenen:

- **Aïlladors de politja.** En aquests aïlladors, el conductor es fixa a la gola o la ranura de l'aïllador. Es poden fer servir tant a l'estesa de la línia com per

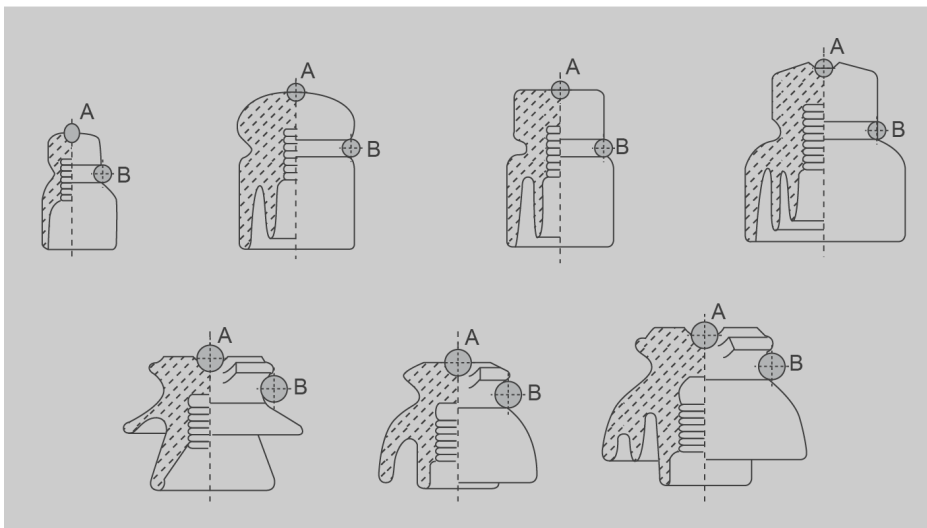
a l'amarratge. Normalment es muntan a la cadireta en posició horitzontal (figura 1.30).

FIGURA 1.30. Aïllador de politja



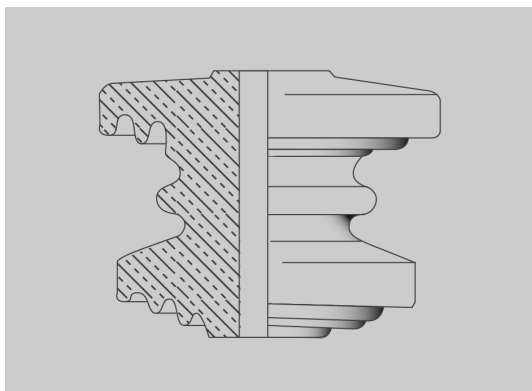
- **Aïlladors de suport.** En aquests aïlladors, el conductor es pot fixar a la gola de l'aïllador o a la ranura del cap. És apropiat fer-los servir en el cas de l'estesa de la línia. La figura 1.31 mostra diferents tipus d'aïlladors de suport i permet veure com el conductor es pot col·locar al cap de l'aïllador (A) o a la gola (B).

FIGURA 1.31. Aïlladors de suport



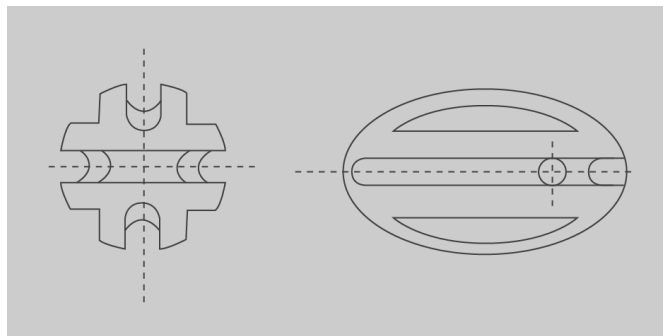
- **Aïlladors dobles.** Són aïlladors de politja que porten més d'una ranura per instal·lar diversos conductors de la mateixa fase (figura 1.32).

FIGURA 1.32. Aïllador doble



- **Aïlladors d'amarratge.** Aquests aïlladors són d'un tipus especial que es col·loca al principi i al final de la línia. La figura 1.33 mostra aquest tipus d'aïllador des de diferents perspectives.

FIGURA 1.33. Aïllador d'amarratge



1.8 Condicions generals i especials d'instal·lació de xarxes aèries de baixa tensió

La ITC-BT-06 del Reglament electrotècnic de baixa tensió (REBT) determina les condicions generals i especials que han de complir les instal·lacions aèries de baixa tensió segons el tipus d'instal·lació, que pot ser amb *conductors posats*, *conductors tibats* i *conductors nus*.

Les diferents companyies de distribució elèctrica disposen de normes particulars pel que fa a la instal·lació de xarxes aèries de baixa tensió d'acord amb el que especifica el REBT.

Tot seguit trobareu indicades les distàncies que cal respectar en l'execució de les instal·lacions per a conductors posats i tibats:

- **Condicions per a cables posats.** A la instal·lació de conductors de cables posats, la distància dels conductors al terra ha de ser com a mínim de 2,5 m. En els recorreguts per sota d'aquesta alçada mínima a terra (per exemple, en el cas d'embranchaments) s'han de protegir amb elements adequats. Altres distàncies que cal respectar són les proximitats de les obertures a les façanes:
 - Finestres: 0,30 m a la vora superior de l'obertura, i 0,50 m a la vora inferior i vores laterals de l'obertura.
 - Balcons: 0,30 m a la vora superior de l'obertura, i 1 m a les vores laterals del balcó.
 - Cal tenir en compte si hi ha sortints o marquesines que puguin facilitar el fet de posar els conductors, tot i que es pot admetre, en aquests casos, una disminució de les distàncies assenyalades en el cas de les finestres i els balcons.
 - Elements metàl·lics presents a les façanes. Així mateix s'ha de respectar una distància mínima de 0,05 m respecte als elements metàl·lics

presentes a les façanes, com ara escales, llevat que el cable disposi d'una protecció.

- **Condicions per a cables tibats.** La distància a terra ha de ser de 4 m llevat el cas d'encreuaments; aleshores les condicions que han de regir són les pròpies dels encreuaments.

1.8.1 Condicions en encreuaments, proximitats i paral·lelismes

En situacions especials, com els encreuaments i els paral·lelismes amb altres línies, amb vies de comunicació, amb rius i canals navegables o flotables, etc., s'han de complir les condicions assenyalades al REBT, com també les normes establertes pels organismes afectats o altres normes oficials vigents per aquests casos.

Consulteu les "Condicions generals en encreuaments, proximitats i paral·lelismes" a la ITC-BT-06, apartat 3.9 del REBT.

- **Condicions en encreuaments.** A la taula 1.6 hi ha resumides les condicions que s'han de complir, segons el REBT, pel que fa a les obertures d'encreuament amb les vies i instal·lacions, en la qual:

- U = Tensió nominal, en kV, de la línia d'alta tensió
- $L1$ = Longitud, en metres, entre el punt d'encreuament i el suport més pròxim de la línia d'alta tensió
- $L2$ = Longitud, en metres, entre el punt d'encreuament i el suport més pròxim de la línia de baixa tensió.

TAULA 1.6. Condicions en encreuaments

Línies aèries d'AT
Línia aèria per sobre de la de BT
$D = 1,5 + \frac{U + L_1 + L_2}{100} \text{ m}$
on:
- D és la distància vertical mínima entre conductors AT/BT
- U és U_n de línia AT expressada en kV
- L_1 és la distància creuament-suport AT
Atenció al "resultat vertical ascendent" BT. Cas amb malla entre AT i BT si BT per sobre, permís especial.
Línies aèries de BT (conductors nus)
Si es troben en suports diferents: $D \geq 0,50 \text{ m}$
Si són al mateix suport depèn de la longitud d'obertura (3.2.2. o Tr 16)
Línies aèries de telecomunicacions
Posició: línia BT per sobre de la línia de telecomunicacions.
Distància amb suports diferents: $D \geq 1 \text{ m}$
Distància amb el mateix suport: $D \geq 0,50 \text{ m}$
Línia BT per sota:
- o malla de protecció entre línies
- o conductors de BT aïllats (0,6/1 kV)
- o conductors telecomunicacions de 0,6/1 kV
Carreteres i ferrocarrils (sense identificar)

TAULA 1.6 (continuació)**Línies aèries d'AT**

Càrrega de ruptura ≥ 410 daN; amb conductors aïllats ≥ 280 daN

Alçada ≥ 6 m, amb la fletxa més favorable

- **Condicions en proximitats i paral·lelismes.** A la taula 1.7 hi ha resumides les condicions que cal complir, segons el REBT, pel que fa a les proximitats i els paral·lelismes.

TAULA 1.7. Condicions en proximitats i paral·lelismes**Amb línies AT**

Cal evitar el paral·lelisme entre línies AT i BT

La distància entre els traços dels conductors més propers (D): $D \geq 1,5 H$
en què H és l'alçada del suport més alt.

Al costat de centrals o dels centres de transformació (CT) distància entre conductor AT/BT (d):

- $d \geq 2$ m, si $U_{AT} \leq 66$ kV

- $d \geq 3$ m, si $U_{AT} > 66$ kV

Mateixos suports AT i BT, si:

- línia AT per sobre i càrrega de ruptura ≥ 480 daN.

- distància entre conductors AT/BT $\geq$ separació entre conductors AT

- senyal de perill en cada suport, pel personal de manteniment, entre BT i AT

- l'aïllament de la línia BT ha de ser $\geq$ al corresponent a la PaT de la d'AT

Si totes dues van aïllades:

$D \geq 0,10$ m

Si són nues, sobre suports diferents, distància (horitzontal) ≥ 1 m

Amb línies telecomunicacions

Sobre els mateixos suports. Distància a altres línies BT (3.2.2. o Tr 16).

línies de telecomunicacions $\geq 0,5$ m (si l'aïllament línia telecom = aïllament línia BT)

Carrers i carreteres

Conductors nus: circulació rodada ≥ 6 m; sense circulació rodada ≥ 5 m

Conductors aïllats i no-circulació rodada ≥ 4 m

Ferrocarrils electrificats tramvies i troleibús

Distància horitzontal $\geq 1,5$ m

Zones arbrades

Millor aïllats. Si estan nus, que cap arbre ni cap branca arribin a tocar-los

Canalitzacions d'aigua

$D \geq 0,20$ m nus i/o empalmaments i juntes: $D \geq 1$ m;

Artèries d'aigua $D \geq 1$ m

Canalitzacions de gas

$D \geq 0,20$ m nus i/o empalmaments i juntes: $D \geq 1$ m; gas alta pressió (> 4 bar) $D \geq 4$ m

1.9 Connexió a terra

La connexió o **posada a terra** té com a objectiu limitar les tensions perilloses que puguin presentar-se en les masses metàl·liques, i assegura l'actuació de les proteccions.

La instal·lació de **posada a terra** permet el pas a terra dels corrents de defecte i les descàrregues d'origen atmosfèric; amb aquesta connexió a terra s'aconsegueix protegir o disminuir els riscos per a les instal·lacions i les persones.

"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 hi pertany, mitjançant una presa de terra amb un elèctrode o grups d'elèctrodes enterrats al sòl."

REBT. ITC-BT-018 (apartat 2).

Consulteu la ITC-BT-08, "Sistemes de connexió del neutre", i la ITC-BT-18, "Instal·lacions de posada a terra", del REBT.

Les posades a terra de les xarxes aèries de baixa tensió es fan mitjançant el **conductor neutre** en el cas de les instal·lacions de tipus TT i TN, o el conductor neutre i protecció en el cas de les instal·lacions tipus TN-S.

La posada a terra està instal·lada en diferents punts de la xarxa:

- als centres de transformació (CT) mateix;
- al primer suport després del centre de transformació;
- a les ramificacions principals de la xarxa;
- al final de línia;
- en altres punts de la xarxa, sempre que la distància no superi els 500 m de longitud de línia.

2. Operacions de muntatge i manteniment de xarxes aèries de baixa tensió

L'objectiu de les **operacions de muntatge i manteniment** és, en primer lloc, la realització del muntatge dels materials per construir les xarxes aèries de baixa tensió i, en segon lloc, les revisions i les reparacions que s'han d'efectuar per assegurar el funcionament correcte d'aquestes xarxes.

Els factors que intervenen en les operacions de muntatge i manteniment de les xarxes aèries de baixa tensió són els següents:

- Les especificacions del projecte
- El pla de treball
- Els criteris de qualitat
- Les condicions de seguretat
- L'aplicació de la normativa vigent
- Les tècniques i els procediments exigits en cada cas.

2.1 Documentació administrativa associada

Per a l'ejecció de les instal·lacions és un requisit necessari aportar la documentació tècnica, la qual pot adoptar dues modalitats diferents:

- Projecte
- Memòria tècnica de disseny (MTD)

2.1.1 Documents del projecte

"Segons el REBT les xarxes aèries de distribució en BT pel fet d'estar integrades en el grup "J" d'instal·lacions sense limit de potencia precisen de l'execució de projecte".

REBT (ITC-BT-04) apartat 3.

Pel que fa als plànols com a documentació, vegeu l'apartat "Representació simbòlica de xarxes aèries en plànols i esquemes" de la unitat "Centres de transformació".

El **projecte** consta dels documents següents:

- **Memòria.** En aquest document es justifica la finalitat de la instal·lació, i se'n raona la necessitat o la conveniència. En la memòria s'han d'esmentar els cables que intervenen a la xarxa, tant a la línia principal com a les derivacions, i s'ha d'especificar la longitud total de la xarxa, la potència que es vol transportar i la previsió de futurs subministraments. Així mateix s'hi ha d'indicar la caiguda de tensió i les pèrdues de potència al final de cada ramal. També ha d'incloure una relació dels encreuaments, els paral·lelismes i les altres situacions regulades pel REBT vigent, amb les dades necessàries per a la localització, identificació del propietari i l'entitat o l'organisme afectat. La memòria inclou els càlculs elèctrics, càlculs mecànics i els elements constructius següents:
 - **Plànols.**
 - **Pressupost.** La documentació que forma el pressupost inclou els apartats següents:
 - Estat dels mesuraments.
 - Preus unitaris.
 - Pressupost general.
 - Pressupostos individuals de les parts d'obra.
 - **Plec de condicions.** Aquesta part de la documentació té com a finalitat establir les condicions tècniques, econòmiques, administratives i legals perquè l'objecte de projecte pugui materialitzar-se en les condicions especificades, i evitar possibles interpretacions diferents de les desitjades.
 - **L'estudi de seguretat i salut.** Aquest estudi té com a finalitat aplicar les normes de seguretat i salut de l'entorn de l'obra, la identificació dels riscos laborals que puguin ser evitats, les mesures preventives i les proteccions, i també les mesures específiques relatives als treballs.
 - **Annexos.** Aquesta part de la documentació la formen els documents que desenvolupen, justifiquen o aclareixen apartats específics de la memòria o altres documents bàsics del projecte.

2.1.2 Documents per a la tramitació de les instal·lacions elèctriques BT

La documentació necessària per a l'execució de les instal·lacions elèctriques ha d'estar formada, entre d'altres, pels documents següents:

- Certificat d'instal·lació, segons el model que estableix l'administració competent.
- Annex d'informació a l'usuari.
- Certificat d'inspecció inicial.

En la secció "Annexos" del web de la unitat "Xarxes aèries de distribució en baixa tensió" hi trobareu els models dels certificats per a la tramitació de les instal·lacions elèctriques.

- Certificat de direcció d'obra.
- Permís d'obra. S'ha de sol·licitar i presentar per tal que sigui aprovat a l'organisme local on s'han de fer els treballs; ha d'estar elaborat d'acord amb les ordenances municipals.
- Sol·licitud de descàrrec. Quan sigui necessari tallar el subministrament elèctric de la xarxa, cal sol·licitar a la companya elèctrica el descàrrec mitjançant el document corresponent.

Compte!

La ITC-BT-04 del REBT estableix quina és la documentació que cal presentar per posar en servei les instal·lacions.

2.2 Posada en servei de les instal·lacions elèctriques de baixa tensió

Un cop finalitzat el muntatge d'instal·lació de la xarxa de distribució cal posar en servei la instal·lació, que s'ha de fer d'acord amb el que estableix l'article 18 del REBT.

2.3 Eines i instrumentació específica

Les eines utilitzades en operacions de muntatge i manteniment han de ser aïllades, cobertes d'un material aïllant, per protegir l'usuari de tot contacte elèctric i minimitzar els riscos de curtcircuit entre dues peces a potencials diferents.

L'aïllament pot ser de dues maneres:

- **Parcial** Quan el cap de treball de l'eina no està recoberta d'aïllant. Per exemple, les alicates universals.
- **Total.** Quan només queda sense aïllant la part activa de treball del cap de l'eina. Per exemple la clau fixa d'una boca.

Compte!

Cal que tingueu en compte la reglamentació següent, que afecta les eines que es poden fer servir en treballs elèctrics:

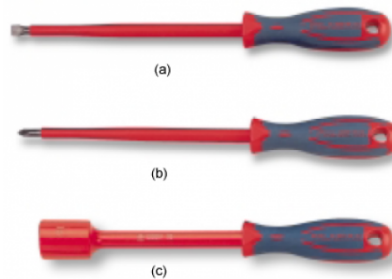
- Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals.
- Norma UNE-EN 60900 sobre aïllament de seguretat de les eines manuals utilitzades en treballs elèctrics en instal·lacions de baixa tensió.
- Reglament electrotècnic per a baixa tensió (REBT).

2.3.1 Eines de mà bàsiques

Les eines manuals utilitzades en els treballs elèctrics, els treballs en tensió o en la proximitat de tensió, en instal·lacions de baixa tensió han de tenir un aïllament que compleixi els requisits mínims que estableix la norma UNE-EN 60900 sobre l'aïllament de seguretat per a aquest tipus d'eines. Aquestes eines manuals són les següents:

- **Tornavís.** Dissenyat exclusivament per collar cargols amb diferents formes de cabota. És l'eina que probablement més fa servir l'operari elèctric. Consta de tres parts: mànec, tija i fulla. A la figura 2.1 es mostren tornavisos per cargolar diferents caps de cargol.

FIGURA 2.1. Tornavisos: (a) cap pla; (b) cap en estrella; (c) cap tub hexagonal



- **Alicates.** Són instruments metàl·lics compostos de dos braços travats per un pern. Tenen formes i usos diferents.
 - Alicates de tall. Aquestes alicates es fan servir per tallar conductors elèctrics que no són de gran secció. La figura 2.2 en mostra alguns tipus i formes diferents.
 - Alicates universals. D'ús més corrent. Serveixen per tallar, doblegar, subjectar, etc. (figura 2.3).

FIGURA 2.2. Alicates de tall



FIGURA 2.3. Alicates universals



- **Ganivet pelacables.** Aquesta eina es fa servir principalment per treure l'aïllant de cables de seccions grans (figura 2.4).

FIGURA 2.4. Ganivet pelacables



- **Tallacables.** Aquests tipus d'alicates poden tallar seccions de conductors més grans que les alicates de tall (figura 2.5).

FIGURA 2.5. Tallacables



- **Clau ajustable.** S'utilitza per prémer i afluixar el cargolament del material elèctric (figura 2.6).

FIGURA 2.6. Clau ajustable



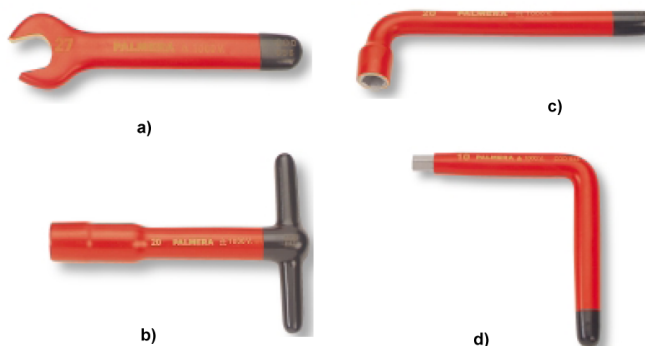
- **Separador de fases.** S'utilitza en cables de feix trenat per ajudar a separar els cables del feix per treballar sense dificultat. Per exemple, per fer una derivació connectant terminals (figura 2.7).

FIGURA 2.7. Separador de fases



- **Claus fixes de torsió.** Hi ha una gran varietat de claus fixes de torsió segons el tipus i les característiques de l'operació que s'ha de fer; entre d'altres hi ha les que mostra la figura 2.8.

FIGURA 2.8. Claus fixes: a) clau de boca; b) clau de tub i c) clau Allen



- **Preamsaterminals.** Tenen per missió la connexió de conductors per mitjà de connectors de compressió i prolongació de línies a través de maniguets, ja siguin de continuïtat o de reducció de la secció del conductor. N'hi ha de classes diferents segons la manera de fer-les servir, com, per exemple, les de tipus manual, les hidràuliques o les que funcionen amb motor. La figura 2.9 mostra les de tipus manual hidràulica.

FIGURA 2.9. Preamsaterminals



2.3.2 Instrumentació específica

La instrumentació específica són aparells que l'instal·lador ha de disposar per realitzar, comprovacions o mediacions en la xarxes aèria de BT, les qual requereixen el seu us en la verificació del correcte funcionament i la realització de treballs de manteniment.

- **Discriminador bipolar de tensió i detector de seqüència de fases.** Els electricistes el fan servir molt per verificar paràmetres bàsics de la xarxa (figura 2.10). Les funcions que té són les següents:
 - Verificació de l'absència o presència de tensió (50/110/220/380 V)
 - Identificació de fase/neutre
 - Comprovació del sentit de rotació de les fases (220/380 V)

FIGURA 2.10. Discriminat bipolar de tensió

- **Comprovador multifunció.** És un instrument que reuneix en un de sol diferents instruments de mesurament, com són un voltímetre, un amperímetre, un ohmímetre, un freqüencímetre, un comprovador de resistència de terra i un comprovador de continuïtat entre d'altres (figura 2.11).

FIGURA 2.11. Comprovador multifunció

2.4 Muntatge d'instal·lació de xarxa aèria posada sobre façana

Les normes que s'han d'aplicar en l'estesa i la connexió de conductors sobre façana queden definides en els punts següents:

- El traçat de la xarxa trenada posada sobre façana ha de ser triat de manera assenyada segons l'arquitectura de l'edifici, i cal procurar aprofitar cada un dels sortints de la façana per assegurar que la xarxa queda camuflada. Per la mateixa raó, hi ha cops que, en encreuaments de carrers o en espais buits, es pot fer una canalització subterrània.
- La preparació de les bobines i les operacions de desenvolupament, estesa i col·locació del feix sobre ferramentes s'han d'executar amb la màxima cura, per tal d'evitar qualsevol dany a l'aïllament dels conductors.

Trobareu figures que mostren l'adaptació dels cables a façana a l'adreça: <http://goo.gl/pkkTz>.

- Les bobines s'han de desenvolupar en un terreny sense asprors. Aquest desenvolupament es fa, sempre que sigui possible, d'un cop i per a tota la longitud. En el curs d'aquesta operació s'ha de verificar que el feix està completament intacte, i cal eliminar qualsevol part que presenti deteriorament.
- Cal evitar per tots els mitjans qualsevol desperfecte, com torsió, aixafament o trencament dels cables o dels filferros, rascada dels cables contra el terra, contra les ferramentes o contra qualsevol objecte abrasiu, com també l'estripada de l'aïllament, entre altres coses.
- Les bobines dels feixos conductors s'han d'emmagatzemar a l'aixopluc de la humitat, no han de ser descarregades ni dipositades en llocs on la pols (sorra, ciment, carbó) o qualsevol altre cos estrany pugui introduir-se dins del feix, amb el perill afegit de deteriorar l'aïllament. Cal tapar, per exemple, les puntes dels cables amb caputxons per evitar que hi penetri la humitat.
- S'ha de descartar com a punt de suport per a l'estesa qualsevol element que formi part d'una propietat privada, com, per exemple, els balcons, les reixes i les finestres, entre d'altres.
- Durant l'estesa cal procurar, especialment, protegir els cables a les zones on es produeixi l'esforç de tracció, perquè aquest no en faci malbé l'aïllament. Aquesta protecció pot estar constituïda per teixits d'arpillera, cuirs, gomes, etc.
- Cal exercir a l'extrem del feix que s'ha d'estendre la tracció necessària que permeti que el feix quedi tan recte com sigui possible. Un cop alineat, cal posar el feix de conductors sobre els suports.
- La xarxa trenada s'ha de fixar a la paret amb suports, amb abraçadores, i cal mantenir els conductors una distància de 2 cm respecte a la façana. Aquest espai entre feix i façana es deixa lliure per evitar dipòsits de pols i per facilitar, en el futur, els treballs de manteniment. En les connexions, aquesta distància es redueix a 1 cm.
- El traçat del feix ha de ser horitzontal i ha d'evitar fletxes i ressalts importants. Els canvis de direcció del traçat s'han de fer verticalment, en el límit de l'immoble, aprofitant els sortints intermedis.
- El pas de cantonades, canonades, canalitzacions o obstacles s'ha de fer, atesa la ductilitat del cable, conformant manualment el feix i fixant-lo als suports.

Vegeu la figura que representa la fixació del cable a la façana en l'encreuament de carrers d'una línia aèria a l'adreça:
<http://goo.gl/DqpxN>.

2.4.1 Encreuaments de carrers

En cas d'un encreuament de carrers, el feix de conductors s'ha de fixar, per tots dos extrems, a les parets de cada edifici amb pinces d'amarratge o retenció preformada helicoidal, ganxo espiral i, si és necessari, el tensor corresponent.

2.5 Muntatge d'instal·lació de xarxa aèria en suports

Les normes que s'han d'aplicar en l'estesa i la connexió de conductors en suports estan definides en els punts següents:

- Cal procurar que el traçat de les línies trenades tibades sobre suports passi per la meitat dels vessants de les muntanyes i els espais propers a camins a fi d'evitar el contrast amb el cel i de reduir al màxim l'impacte en l'entorn.
- La preparació de les bobines i les operacions de desenvolupament, estesa i col·locació del feix sobre ferramentes s'han d'executar amb la màxima cura, per evitar qualsevol dany a l'aïllament dels conductors.
- Les bobines s'han de desenvolupar en un terreny sense asprors. Aquest desenvolupament es fa d'un cop per a tota la longitud, sempre que sigui possible. En el curs d'aquesta operació s'ha de verificar que el feix està completament intacte, i cal eliminar qualsevol part deteriorada.
- Cal evitar per tots els mitjans qualsevol desperfecte, com poden ser la torsió, l'aixafament o el trencament dels cables o dels filferros, les rascades dels cables contra el terra, contra les ferramentes o contra qualsevol objecte abrasiu, estripada de l'aïllament, etc.
- Les bobines dels feixos conductors s'han d'emmagatzemar en un lloc que estigui protegit de la humitat, no s'han de descarregar ni dipositar a llocs on la pols (sorra, ciment, carbó) o qualsevol altre cos estrany pugui introduir-se en el feix amb perill de deteriorar-ne l'aïllament, i també cal tapar les puntes dels cables amb caputxons per evitar que hi entri la humitat.
- Per estendre i hissar els conductors s'han d'utilitzar politges de fusta o d'aliatge d'alumini que tinguin una amplada i una profunditat de coll amb una dimensió mínima igual a una vegada i mitja les mides del diàmetre més gran del feix que es vol estendre.
- Per l'extrem del feix que es vol estendre s'ha d'exercir la tracció necessària fins a aconseguir el tibament que correspongui. És molt important ajustar les fletxes de muntatge als valors indicats en les taules normalitzades corresponents, no tan sols per prevenir avaries sinó també per permetre la utilització econòmica dels suports. Un cop tensat, s'ha de posar el neutre portant sobre els suports.
- El sistema d'encastament o cimentació dels suports al terreny depèn de les característiques dels suports.

2.5.1 Muntatge de suports de fusta

El muntatge de suports de fusta es fa tot seguint una sèrie de passos. El primer consisteix a excavar el terreny per col·locar-hi el suport. La profunditat d'aquesta excavació depèn de l'alçada del pal, segons aquesta equació:

$$h = 0,1 \cdot H + 0,5$$

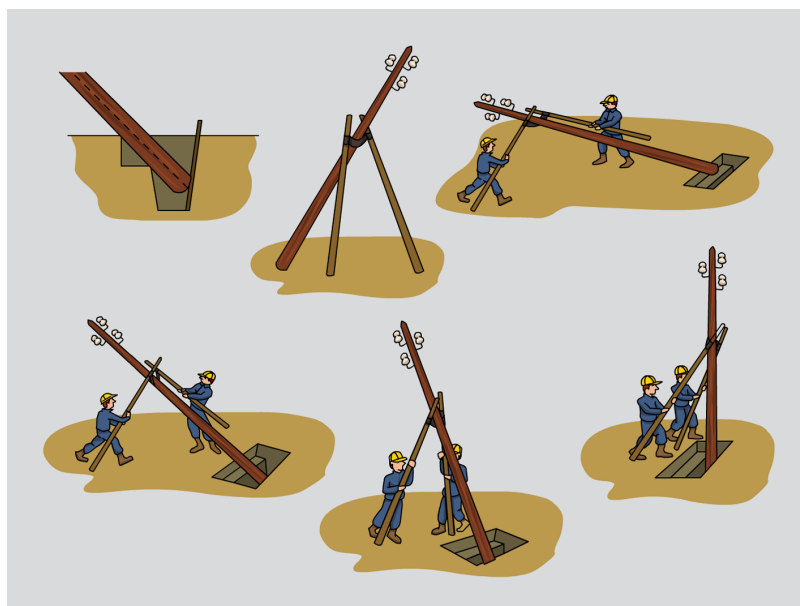
on:

- h és la profunditat de l'excavació
- H és l'alçada del pal

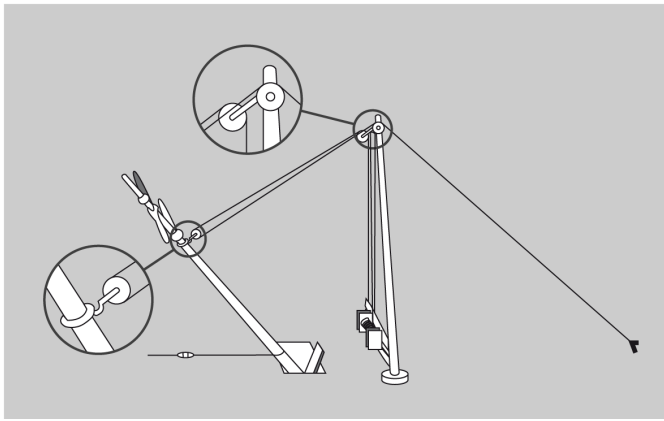
Podeu descarregar un esquema de la cimentació d'un suport de fusta a l'adreça:
<http://goo.gl/VUvnO>

Hissada dels suports de fusta

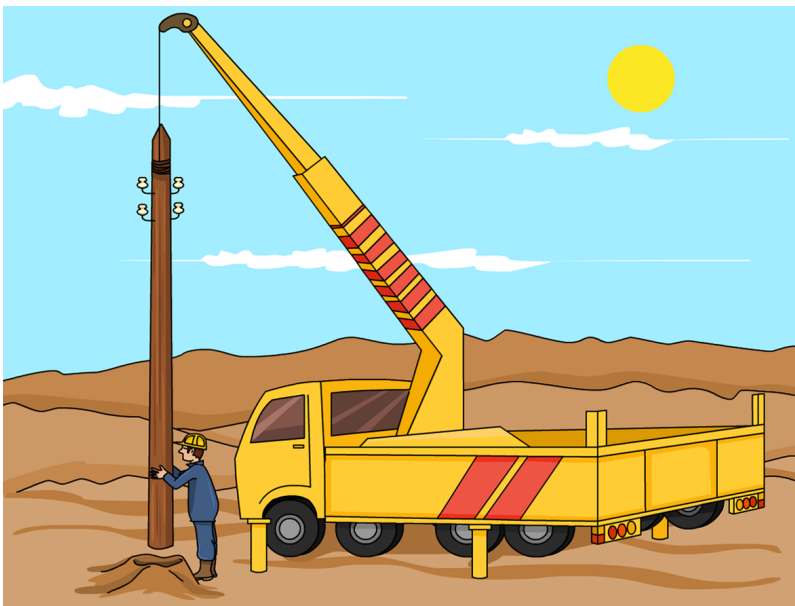
Els pals de fusta, com que no són gaire grans ni pesats, es poden hissar manualment només amb dues persones i una doble perxa, tot ajudant-se de la forma rectangular de l'excavació i de graons, procés que mostra la figura següent. A l'hora d'hissar el pal, hi ha diverses opcions:



En el cas de pals d'un gran pes i grandària es pot utilitzar una ploma, que és una grua especial utilitzada amb aquesta finalitat. La figura següent mostra la hissada amb una ploma fixa:



Una altra opció és hissar el pal amb un camió grua tal com mostra la figura següent:



Fetes totes aquestes operacions, finalment, només cal comprovar la perpendicularitat del pal, i tot seguit posar una capa de pedres al fons, omplir amb terra, piconar per capes, posar una altra capa de pedres fins a acabar-ho d'omplir.

Cal tenir en compte que si, en aquest suport, es connectés el neutre a terra caldria col·locar la instal·lació (pica i cable) abans d'hissar el pal.

2.5.2 Muntatge de suports de formigó

El primer pas és excavar el terreny de manera que les parets del forat quedin verticals. L'excavació depèn de diferents factors, com ara l'alçada dels suports, l'esforç que sigui capaç de sostenir i de les característiques del terreny (si és de terra o de roca).

En la **cimentació dels suports de formigó** s'ha de formigonar prèviament una solera de 10 cm perquè el suport pugui descansar. Abans de fer el formigonat definitiu, el suport ha de quedar aplomat i alineat i assegurat amb vents.

Vegeu l'esquema de la cimentació i la taula de valors per a suports de formigó a l'adreça:
<http://goo.gl/1okb9>.

Hissada dels suports de formigó

Els suports de formigó, com que són més pesats que els de fusta, no es poden hissar manualment sinó que cal utilitzar una ploma o bé un camió grua. El suport s'ha d'hissar suspenent-lo per sobre del seu centre de gravetat.

Una vegada que s'ha hissat el pal i que s'ha comprovat que és perpendicular al terra, s'ha d'omplir el forat amb els metres cúbics de formigó necessaris segons la taula de valors que estableix la normativa.

2.5.3 Muntatge de suports de gelosia

Com passava amb els suports de formigó, en aquest cas la mida de l'excavació depèn de l'altura del pal, del seu esforç nominal i del tipus de terreny. Una vegada que s'ha fet l'excavació, es col·loca la pica de posada a terra del suport, i aleshores s'aixeca amb una ploma o amb un camió grua.

Una vegada que el pal queda col·locat en perpendicular, s'acaba d'instal·lar la posada a terra i s'omple amb el volum de formigó necessari segons el que indica la taula de valors.

La solera que cal preparar perquè pugui descansar el suport ha de ser de 20 cm i abans de fer el formigonat definitiu del primer tram, el suport ha de quedar aplomat, alineat i fixat amb vents.

2.5.4 Muntatge de suports xapa metàl·lica plegada

De la mateixa manera que passa en els altres casos, el primer pas que cal fer és l'excavació; la grandària depèn de les característiques del pal.

En aquest cas, la col·locació del suport és diferent de la dels casos anteriors. Després de fer l'excavació es col·loca la pica de posada a terra i el cable de sortida.

A continuació, s'omple de formigó i es col·loquen quatre pernys de rosca mètrica. En un dels pernys es munta la platina de posada a terra, a la qual es fixa el cable de posada a terra.

2.5.5 Procediments d'estesa de conductors

Quan la línia té poca longitud, els conductors se subministren en rotllos, que es munten sobre un aparell giratori que rep el nom de *debanadora*. Aquesta consta d'un suport fix amb un eix vertical en el què gira un rodets de forma cònica sobre el qual es munta el rotllo.

L'estesa dels conductors comprèn en realitat dues operacions: el desenvolupament dels conductors i l'elevació d'aquests als pals corresponents. Els conductors es

Descarregueu-vos una figura de la cimentació i la taula de valors per a suports de gelosia a l'adreça:
<http://goo.gl/O2Jrz>.

Vegeu un esquema de cimentació i la taula de valors per a suports de xapa metàl·lica plegada a l'adreça:
<http://goo.gl/IQdvc>.

poden desenrotllar de dues maneres:

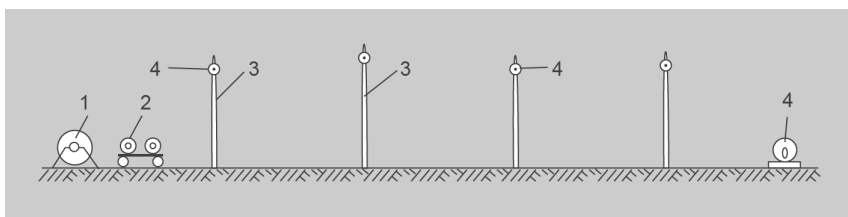
- **Per desplaçament de la debanadora o de la bobina al llarg de la línia.**

Aquest procediment s'emptra quan la secció del conductor és petita i la trajectòria de la línia segueix una carretera o terrenys poc accidentats. Cal posar la bobina sobre un carro o un tractor, el qual es desplaça al llarg de la línia, amb el conductor a terra. Quan el conductor està totalment desenrotllat, els muntadors escalen successivament tots els suports i amb l'anomenada *corda de servei* hissen el conductor.

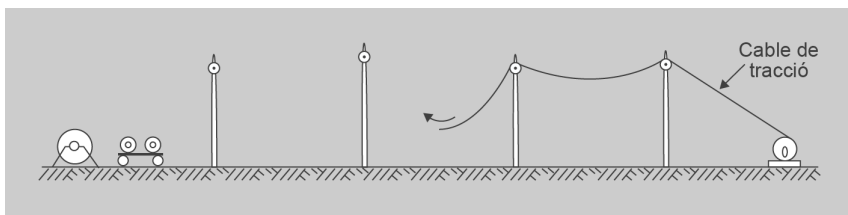
- **Fixant la debanadora o la bobina, i estirant el conductor.** En general, en aquest procediment s'utilitza un torn que pot ser accionat manualment o amb motor, situat a l'extrem de la línia; i a l'altre extrem se situa la bobina del cable amb el dispositiu de fre corresponent. En el torn es desenvolupa un cable auxiliar d'acer, de 8 a 10 mm de diàmetre, anomenat *cable de tracció*.

Procés que cal seguir per estendre els conductors

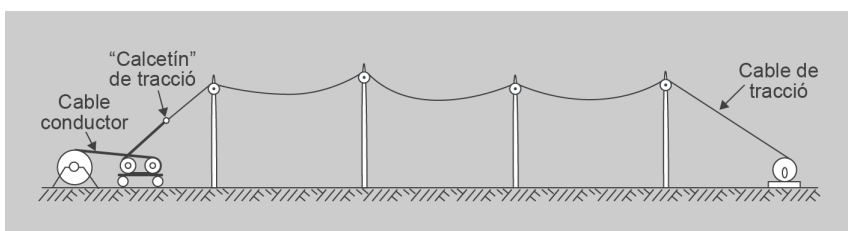
La situació de partida és la que mostra la figura següent, en la qual tots els elements de la línia —la bobina del cable, el seu dispositiu de frenada, els pals, les politges guia i el torn— es troben disposats en la posició inicial.



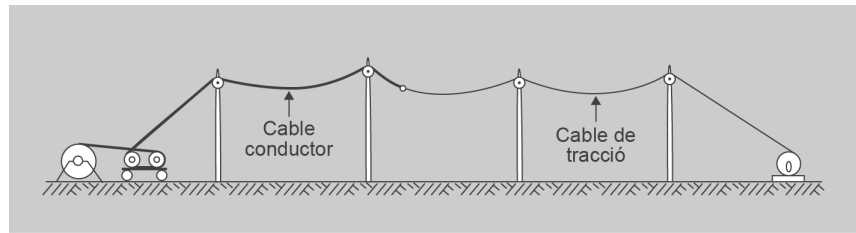
A continuació es fa l'estesa del cable de tracció (figura següent), procés que s'efectua a mà, tot fent passar successivament el cable per totes les politges de guia.



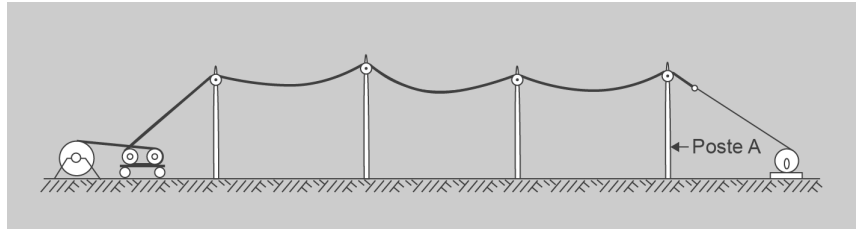
Un cop acabada l'estesa, el cable de tracció s'uneix al cable conductor (figura següent) —el qual s'ha fet passar prèviament pel dispositiu de frenada—, mitjançant un maniguet de tracció que pot tenir moltes formes diferents i que, en llenguatge dels electricistes, rep el nom de *mitjó de tracció*.



Un cop units els dos cables —el de tracció i el conductor— es posa en marxa el torn i s'estén el cable, tot accionant el dispositiu de frenada quan calgui, a fi que el cable conductor no quedi massa tens o no toqui el terra (figura següent).



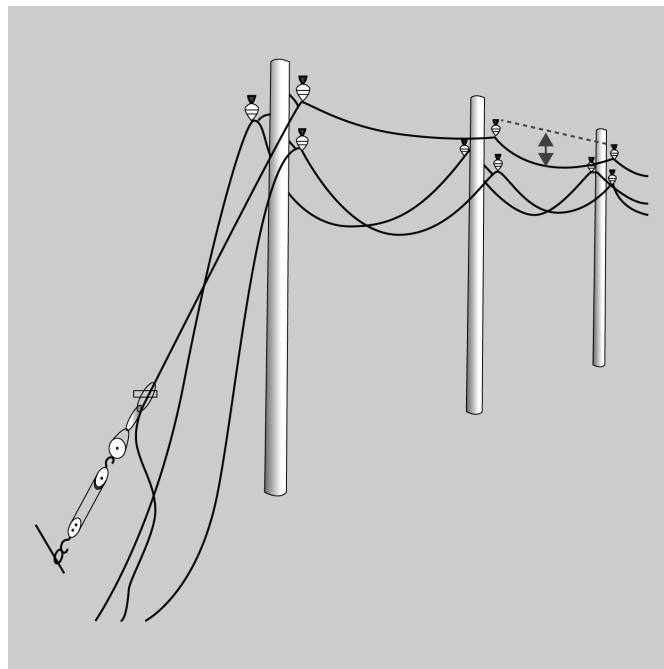
Un cop acabada l'estesa (figura següent), el conductor es fixa al pal del final de línia, amarrat a l'aïllador corresponent, i, finalment, es deixa anar el cable de tracció.



2.5.6 Tibament dels conductors

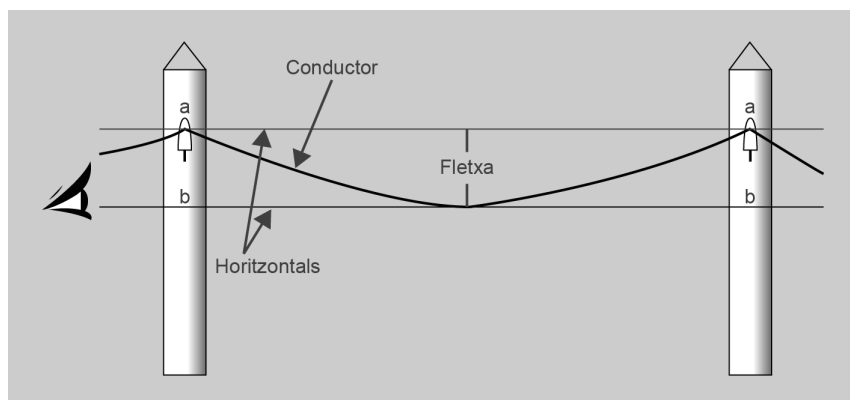
Un cop feta l'estesa dels conductors, es poden tibar. Aquesta operació requereix una execució acurada, ja que si els tensem massa la seguretat de la línia disminueix pel risc de trencament dels conductors; en canvi, si no els tensem prou caldria col·locar-los a una altura més gran dels suports, ja que la fletxa és més gran, i això podria provocar el contacte entre els conductors per l'acció del vent. Per tensar els conductors, s'utilitza un polispast i unes mordaces o granota que s'encarreguen de travar el conductor quan es fa l'operació de tensat. La figura 2.12 mostra l'operació de tibament de conductors.

FIGURA 2.12. El procés de tibament, o com es tensen els conductors



Determinació de la fletxa del conductor

A fi de mesurar la fletxa sobre el terreny, es poden fer servir diversos mètodes que suposen utilitzar aparells específics, o bé es pot fer per via d'observació visual, etc. Tot seguit, exposem més o menys detalladament el mètode de visualització, que és també el més senzill (figura següent).



En el **mètode d'observació visual** un operari s'encarrega de marcar dos punts sobre el suport, el punt *a*, que és el de l'amarratge del conductor, i el punt *b*, que correspon a la longitud de la fletxa que es vol deixar.

A continuació es tira el conductor fins que la visualització del punt més baix del conductor entre dos suports contigus coincideix amb l'horitzontal –el punt *b*– observada a simple vista.

2.5.7 Conversió de línia aèria a línia subterrània

Quan sigui necessari efectuar una conversió a línia subterrània des de la xarxa trenada de BT posada sobre façana o tibada en suports es realitzarà procedint de la manera exposada a continuació:

- Els cables a utilitzar per realitzar el tram subterrani han de ser del tipus tipus RZ1 (aïllament de polietilè reticulat amb coberta de poliolefina) o RV (aïllament de polietilè reticulat).
- El tram de baixada d'aquests cables pel suport o per la façana es protegirà amb tub de les característiques dels indicats en l'apartat 1.2.1 de la ITC-BT 11, fins a una alçada de 2,5 m.
- Quan per condicions específiques de la ubicació de la instal·lació (condicions climàtiques, previsió d'accions vandàliques, per citar algunes.) es podrà reforçar amb la col·locació suplementària d'un tub d'acer galvanitzat.
- L'extrem del tub que quedi a l'aire lliure se segellarà mitjançant un caputxó de protecció per evitar l'entrada d'aigua.
- Al punt d'inici (derivació) de la conversió, el qual estarà pròxim al punt d'amarrada de la xarxa trenada, s'uniran els cables RZ1 o RV amb els RZ de la xarxa trenada mitjançant maniguets d'unió, amb encast mitjançant

Les adreces d'interès al web de la unitat "Xarxes aèries de distribució en baixa tensió" indiquen on es poden trobar els plànols per convertir una xarxa aèria en una de subterrània.

punxonat profund. L'encast a la part del neutre dels cables RZ serà per compressió hexagonal.

- Les unions es recobriran amb maniguets aïllants contràctils.
- Al tram subterrani dels cables RV i RZ1 se li donarà el mateix tractament que a una xarxa de BT subterrània habitual.

2.6 Tècniques de connexió i empalmament de conductors

Els empalmaments i les connexions dels conductors es fan amb accessoris de connexió metàl·lics resistents a la corrosió. Els empalmaments amb aquestes peces han d'assegurar un contacte elèctric **eficaç**, el qual sigui capaç d'evitar que la temperatura augmenti en els conductors, i **resistent** als esforços de tracció que estan sotmesos els empalmaments almenys el 90 % del esforç màxim que provocaria la ruptura del conductor. A les xarxes aèries de baixa tensió s'utilitzen diferents tipus d'accessoris i sistemes de connexió. Tot seguit examinarem només els sistemes de premsatge per compressió i la compressió per cargols.

2.6.1 Connexions amb connectors

Un tipus de connectors que utilitzen el sistema de premsatge per compressió i tancament són els connectors de petaca. La compressió es fa a ple contacte entre les parts, connector i conductors. El tancament i punxonat del terminal es fa amb l'eina de premsa o grimpadora de terminal que es mostra a la figura 2.9.

A les connexions de compressió per cargols s'utilitzen connectors de ple contacte en els quals cal pelar o treure prèviament l'aïllament del cable.

En altres casos, s'utilitzen connectors de perforació de l'aïllament sense necessitat de treure l'aïllament del cable. Aquest fet agilitza les operacions de connexió i desconnexió, per exemple, en el procés de manteniment, en cas d'avaries i en les instal·lacions provisionals d'obra.

Alguns connectors de pressió per cargol utilitzen el sistema de fusió del cap del cargol (figura 2.13). Aquest sistema fa servir un cargol que té dos caps, i un és el de fusió. Quan es fa l'operació de cargolar el cargol sobre el cap, aquest sistema fa que el cap es trenqui quan s'arriba a la pressió requerida, mentre que l'altre cap queda disponible per afluïxar o cargolar més encara el cargol quan sigui necessari.

Consulteu l'apartat
"Elements
complementaris de xarxes
aèries trenades", de
l'apartat 1.

FIGURA 2.13. Connexió amb connector de pressió cargol de fusió



Instruccions de muntatge de connectors de premsatge per compressió (petaca). A l'hora de connectar conductors amb connectors de petaca, cal seguir les normes relacionades a continuació:

- Netejar els cables, tot procurant que la capa exterior quedi ben raspallada. Cal fer l'operació amb un raspall o carda untada prèviament de greix neutre.
- Escollir el connector adequat a l'aplicació desitjada. Cada connector porta marcada al dors i a l'embolcall una taula en què s'especifiquen les condicions d'utilització.
- Triar la matriu que correspon al connector escollit i el seu útil corresponent.
- Fixar el connector a la tenalla o premsa.
- Situar les matrius en el lloc indicat per fer el primer encast.
- Introduir els cables que s'han d'unir a la gola corresponent del connector.
- Començar a encastar, tot tenint en compte que en els casos en què el nombre d'encastats sigui superior a dues compressions, cal començar per la part central i seguir cap als extrems. (Cada connector porta gravats els espais corresponents.)

La figura 2.14 mostra una eina de compressió de terminals semblant a la compressió de connectors de pressió.

FIGURA 2.14. Procés d'execució de l'empalmament amb maniguet termoretràctil

Instruccions per al muntatge de connectors de ple contacte i pressió per cargols. Alhora de connectar conductors amb connectors de pressió per cargols, cal seguir els passos normatius següents:

- Determinar el lloc de la xarxa per començar la instal·lació, tot mantenint la xarxa en posició horitzontal i seleccionant el conductor exterior del feix.
- Separar la fase que es vol connectar de la resta de conductors que formen el feix.
- Treure la coberta del conductor principal, en una longitud d'uns 3 cm, i a continuació raspallar amb greix neutre.
- Tallar el conductor derivat a la distància apropiada, i treure'n l'aïllament a una longitud d'uns 3 cm, i raspallar seguidament amb greix neutre.
- Posar el connector en el conductor principal i cargolar fins a trencar el cap fusible del cargol principal.
- Introduir la derivació en el connector i cargolar fins a arribar a trencar el cap fusible del cargol secundari.
- Cobrir el connector amb la seva caixa aïllant, i tot seguit tancar-la.

Maniguets d'unió

Per fer empalmaments s'utilitzen maniguets d'unió per cables d'alumini-alumini, coure-coure o alumini-coure de BT de la mateixa secció, o diferent, que tenen els cables que es volen empalmar.

La reconstrucció de l'aïllament s'efectua, de manera general, mitjançant *maniguets aïllants termoretràctils* (figura 2.14). El maniguet aïllant d'aquest tipus es contrau per efecte de l'escalfament.

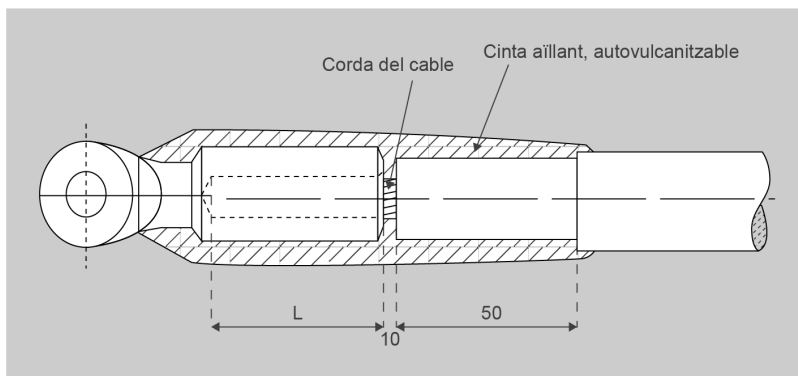
L'altre sistema utilitza la tecnologia de **contracció en fred**, en la qual el maniguet aïllant es contrau un cop retirada la cinta espiral que porta a l'interior del maniguet aïllant tal com mostra la figura següent. Aquest sistema es fa servir exclusivament en empalmaments en rases en les quals hi ha presència de canalitzacions de gas.



2.6.2 Connexions de terminals

Els terminals són elements d'unió entre conductor i el born de connexió d'un element de la instal·lació, com, per exemple, la caixa general de protecció (CGP). El sistema més comú emprat és la compressió del terminal sobre el conductor. A la figura 2.15 es pot apreciar bé la unió d'un cable amb un terminal.

FIGURA 2.15. Unió amb terminal



La funció de les cintes és evitar que entri humitat en la unió i per aquesta raó és una zona que cal recobrir amb molta cura. Les cintes s'han d'aplicar amb les mans ben netes, i els materials que componen les terminacions s'han de dipositar sobre una lona neta i seca. El muntatge s'ha de fer sense discontinuïtats ni interrupcions.

2.7 Posada a terra i continuïtat del conductor neutre

En la **posada a terra** intervenen principalment l'elèctrode o pica i el cable de terra, que formen la línia de terra. L'elèctrode o pica ha de ser de coure o d'acer

Podeu trobar diferents figures sobre el procés de posada a terra a l'adreça d'Endesa: <http://goo.gl/v1V0y>.

recobert de coure i ha de tenir un diàmetre de 18 mm i una longitud de 2 m. La pica ha d'anar clavada al terreny a una profunditat determinada, entre 0,8 i 0,5 m, i ha d'estar separada de la base del suport a fi de millorar l'àrea d'influència del terra.

El cable ha de ser aïllat, 0,6/1KV, de coure i amb una secció de 50 mm², segons el que estipula la norma UNE 21022. El cable s'uneix per un dels extrems a la pica, i per l'altre al conductor neutre amb elements de connexió adequats a la naturalesa dels conductors. El cable es protegeix amb un tub a una alçada 2,5 m com a mínim de la base.

La posada a terra del neutre depèn del tipus xarxa aèria de què es tracti, i s'ha de fer en els casos de les xarxes posades en façana i de les xarxes en suports.

- **Posada a terra en una xarxa sobre façana.** La posada a terra del neutre en xarxes posades sobre façana es fa en les caixes generals de protecció, o en les caixes generals de protecció i mesura, com també en les caixes de derivació o les derivacions, quan la longitud de la línia arribi als 500 m de traçat.
- **Posada a terra en suports.** La posada a terra en suports es fa tot constituint una línia de terra d'acord amb els procediments normatius. Els suports de formigó disposen de dos borns de connexió, situats a la part inferior i a la part superior. El primer born està connectat al cable de la pica, i el segon born va connectat al conductor neutre de la línia.

Segons l'apartat 3.7 de la ITC-BT 06 del REBT cal una posada a terra cada 500 m de la xarxa.

Continuïtat del conductor neutre. Segons l'apartat 3.6 de la ITC-BT-06 del REBT, el conductor neutre no pot ser interromput a les xarxes de distribució, llevat que aquesta interrupció es faci amb algun dels dispositius següents:

- **Interruptors o seccionadors omnipolars** que actuïn sobre el neutre i les fases alhora (*tall omnipolar simultani*), o que connectin el neutre abans que les fases i disconnectin aquestes abans que el neutre.
- **Unions amovibles al neutre** són unions pròximes als interruptors o seccionadors dels conductors de fase, les quals han d'estar degudament senyalitzades, i que només poden ser maniobrades amb eines adequades, no havent-se, en aquest cas, seccionat el neutre sense que ho estiguin prèviament les fases, ni connectades aquestes sense haver-ho estat prèviament el neutre.

2.8 Plans de manteniment i avaries en xarxes aèries

El **manteniment de les xarxes aèries de baixa tensió** té com a objectiu revisar les línies aèries de baixa tensió (BT), per tal de verificar que compleixen les condicions de seguretat, mediambientals i de funcionament que exigeix la reglamentació vigent. També permet saber l'estat i algunes característiques essencials de les instal·lacions que són objecte d'aquest tipus de revisions.

Les **revisions de manteniment** de les xarxes aèries es poden classificar en tres tipus diferents:

- **Inspecció puntual.** Consisteix a fer un recorregut per la línia tot examinant els conductors, les connexions, els aïllaments, les posades a terra del neutre i les distàncies respecte de les zones arbrades. Per fer aquest tipus de revisions no cal que la instal·lació deixi d'estar en servei. S'aplica quan hi ha avaries sense saber exactament les causes que provoquen la fusió dels fusibles un cop reposats de nou o l'actuació dels interruptors de protecció a la sortida del centre de transformació.
- **Reconeixement reglamentari.** Aquest procés consisteix en una inspecció a la qual s'afegeixen els aspectes reglamentaris necessaris per complimentar els butlletins oficials de reconeixement que són exigits per la comunitat autònoma a la qual pertany la instal·lació. Aquests tipus de reconeixements s'han de fer amb una periodicitat de tres anys.
- **Mesuraments de la resistència de posada a terra dels suports.** Consisteixen a mesurar la resistència de posada a terra dels suports en les línies aèries en què ho exigeix la normativa vigent de la comunitat autònoma. Aquests mesuraments s'han de fer amb una periodicitat de tres anys.

2.8.1 Documents de revisió

Els documents utilitzats en les operacions de revisió de les xarxes aèries són de dues classes:

- **Guies de revisió.** Són documents que detallen els defectes que cal inspeccionar en cada tipus de revisió. Es componen d'una llista amb la denominació dels defectes que cal revisar (un codi seguit d'una breu explicació), agrupats per components i conceptes. Quan es tracta de reconeixements estipulats per les comunitats autònomes, s'han d'utilitzar guies reglamentàries de reconeixement diferents segons la comunitat autònoma on és la instal·lació.

A la secció "Annexos" del web del mòdul 2 hi ha els models de documentació "Guies de revisió" i els "Fulls de revisió".

- **Fulls de revisió.** Són documents en els quals s'anoten els resultats de la revisió i els comentaris relatius a cada defecte detectat. El “fulls” tenen tres zones ben diferenciades: capçalera, llista i peu.

2.8.2 Tipus d'avaries en xarxes aèries

Les avaries o defectes que es poden trobar en les xarxes aèries de BT poden ser molt diversos. Tot seguit trobareu una relació d'avaries tipus i les operacions de reconeixement que cal observar, classificades per concepte i tipus d'avaria:

- **Avaries i defectes d'aïllament:**

- Aïllador de BT trencat, esquerdat o solt.
- Més d'un conductor nu en un aïllador de BT simple.

- **Avaries i defectes de conductor:**

- Conductor amb venes trencades.
- Conductor, connexió defectuosa o inadequada.
- Conductor amb signes d'escalfament excessiu.
- Secció del neutre inferior a la reglamentària (ITC-BT-06).
- Secció insuficient segons la intensitat mesurada o la caiguda tensió mesurada en hora punta.
- Conductor seccionament del neutre incorrecte (ITC-BT-06).
- Conductor trenat amb aïllament en mal estat.

- **Avaries i defectes de distàncies reglamentàries:**

- Distància inadequada en l'obertura de conductors nus (ITC-BT-06).
- Conductor nu al sòl de la terrassa o balcó < 3 m (ITC-BT-06).
- Conductor nu a obertures d'edificis en $h < 1$ m (ITC-BT-06).
- Conductor nu sobre obertures d'edificis $< 0,3$ m (ITC-BT-06).
- Distància insuficient de conductors nus a façanes i altres elements arquitectònics (ITC-BT-06).

- **Avaries i defectes d'encreuaments:**

- Cruïlla, línia d'AT inadequada (encreuament per sobre d'una línia d'alta tensió (AT) sense autorització específica o amb separació vertical inferior a la reglamentària (ITC-BT-06).
- Cruïlla, distància a línia de telecomunicació inferior a 1 m i que la creua per sota, amb conductors d'aïllament inferiors a 1.000 V (ITC-BT-06).
- Distància conductors nus < 1 m respecte d'antenes ràdio o TV (ITC-BT-06).

- Cruïlla amb vies de comunicació que no tenen la secció reglamentària.
- Cruïlla amb vies de comunicació, en el cas de carreteres < 6 m (ITC-BT-06).
- Creuaments amb vies de comunicació, en el cas de ferrocarrils sense electrificar < 6 m (ITC-BT-06).
- Cruïlla sobre rius o canals navegables < 6 m (ITC-BT-06).
- Distància insuficient respecte a telefèrics o cables transportadors. (ITC-BT-06).
- Encreuament sobre ferrocarril electrificat, a una distància < 2 m (ITC-BT-06).
- **Avaries i defectes de la ferramenta:**
 - Ferramenta, falta de grapes o bé grapes trencades en cable trenat.
 - Conductor nu, falten retencions o estan deixades anar (ITC-BT-06).
 - Ancoratges en façana en creu, i en molt mal estat.
- **Avaries i defectes dels fonaments:**
 - Fonaments, peanya o muntant amb esquerdes o descompost.
- **Estructura**
 - Estructura metall·lica o castellet, producció d'òxid causant la pèrdua de material.
 - Cos de les creuetes, estructura en mal estat.
- **Avaries i defectes en el pas per zones arbrades:**
 - Conductor nu a distància < 1 m arbrat en bosc.
 - Tall periòdic i selectiu de vegetació en zona d'influència de línies aèries de conducció elèctrica per a la prevenció d'incendis forestals i de la seguretat de les instal·lacions.
 - Observació de la distància dels conductors respecte a les masses arbrades en els boscos.
 - Conductor aïllat danyat amb venes trencades en bosc.
- **Avaries i defectes del suport:**
 - Suport metàl·lic deformat o rovellat, que afecta el tibament.
 - Suport de formigó amb esquerdes que comporten risc de caiguda.
 - Suport de fusta podrit o trencat amb risc de caiguda.
 - Suport de fusta encastat en formigó.
- **Avaries i defectes de l'aparellatge de BT:**
 - Parallamps de BT o cables de connexió de terra en mal estat.
 - Conversions aèria-subterrània trencades o amb signes d'escalfament.
 - Caixa de distribució col·locada a una distància > 2,5 m del sòl, trencada, cremada o oberta.

- Instal·lació dubtosa amb possible frau.
- **Avaries i defectes de la posada a terra:**
 - Posada a terra de suport amb connexió deixada anar, fluixa o trencada.
 - Incompliment de connectar el neutre cada 500 m.
 - Manca de connexió d'algun element.
 - Posada a terra superior a 400 Ohms mesurat en bucle.

Les obligacions dels titulars de les línies elèctriques

Cal tenir en compte que, en les línies amb cable trenat, els titulars de les línies elèctriques són els responsables de mantenir un control sobre la vegetació, que inclou les operacions de tala i poda, de manera que es garanteixi en tot moment les condicions de seguretat mecàniques del cable.

Cal tenir en compte que cada tipus d'avaria requereix aplicar procediments diferents.

2.8.3 Localització d'avaries en xarxes

Les avaries les poden originar molts factors, com ara el deteriorament dels aïllaments, unes connexions en mal estat, la ruptura de conductors, l'impacte de llamps a la xarxa o les fuites a terra, entre d'altres. Aquests factors són la causa d'avaries per sobrecàrregues, curtcircuits o sobretensions en les xarxes.

Un cop s'ha produït una avaria cal localitzar-la mitjançant algun sistema i l'observació visual és el més fàcil d'emprar; però quan no és possible localitzar-la visualment, cal aplicar alguna tècnica de detecció, com pot ser fer servir un mesurador de resistència o Megger, una càmera termogràfica, un localitzador de cables, un analitzador de xarxes, o un localitzador d'avaries per reflexió d'impulsos, entre d'altres.

El procés de localització d'avaries té tres etapes:

- Identificació del tipus d'avaria.
- Una primera localització aproximada (prelocalització).
- Localització puntual o exacta.

2.8.4 Procediment d'identificació d'avaries amb un mesurador de resistència

Aquest procediment consisteix a identificar el tipus d'avaria mesurant –amb un Megger (ohmímetre)– la resistència òhmica que es produeix en alguna de les situacions exposades a continuació.

- Avaria per conductor tallat.
- Avaria de contacte entre conductors.
- Avaria de contacte entre conductor i terra.
- Avaria o prova d'aïllament.

2.9 Mesures característiques i paràmetres de control d'una xarxa aèria

Tot seguit s'exposen els paràmetres més significatius que es fan servir en les operacions de control i de càlcul de les xarxes aèries:

Tensió nominal (U). Les tensions nominals habitualment utilitzades en les distribucions de corrent alterna han de ser les següents:

- 230 V entre fases per a les xarxes trifàsiques de tres conductors.
- 230 V entre fase i neutre, i 400 V entre fases, per a les xarxes trifàsiques de 4 conductors.

Freqüencial (f). Les xarxes de distribució utilitzen la freqüència de 50 Hz.

Resistència (R). La resistència dels conductors a les línies es mesura en Ω/km , i el valor varia amb la temperatura de funcionament de la línia. Per a valors de temperatura diferents de 20°C cal aplicar l'expressió matemàtica següent:

$$R_T = R_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$$

on:

- R_T és la resistència del conductor a la temperatura de servei
- T és la temperatura de servei del conductor
- α és el coeficient de temperatura del conductor a 20°C , tot considerant els valors següents:
 - $\alpha = 0,00403$ en el cas de l'alumini
 - $\alpha = 0,00360$ en el cas de l'Almelec

Reactància del conductor (X). La reactància dels conductors en les línies aèries es mesura en Ω/km i el seu valor depèn del diàmetre i la separació entre els conductors. En el cas de conductors aïllats trenats en feix, adopta el valor de $X = 0,1 \Omega/\text{km}$, valor que es pot introduir en els càlculs sense error apreciable.

Intensitat màxima admissible ($I_{\max}$). Per calcular la intensitat màxima admissible ($I_{\max}$) es poden utilitzar les expressions següents:

- Línies monofàsiques : $I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$
- Línies trifàsiques: $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$

on:

- P és la potència monofàsica/trifàsica expressada en W
- U és la tensió nominal de línia expressada en V
- $\cos \varphi$ és el factor de potència

Intensitat màxima de curtcircuit (I_{cc}). La intensitat màxima de curtcircuit per a un conductor de secció S la determina l'expressió:

$$I_{cc} = 93 \cdot S \cdot \sqrt{\frac{1}{t}}$$

on:

- t indica el temps (mesurat en segons) de la durada del curtcircuit.

Factor de potència. És el valor que té $\cos \varphi$. Es poden admetre els valors $\cos \varphi = 0,8$ i $\cos \varphi = 0,9$, valors que corresponen a repartiments normals de l'energia per a l'enllumenat en zones urbanes i subministraments industrials en zones rurals.

Caiguda de tensió (Δe). En general el càlcul de la caiguda de tensió ha de ser inferior al 5%. L'expressió següent permet calcular la caiguda de tensió entre fases per a circuits trifàsics, amb una aproximació prou suficient:

$$\Delta e = 10^3 \cdot \frac{R + (X \cdot \tan \varphi)}{U^2} \cdot P \cdot L$$

Caiguda de tensió relativa expressada en tant per cent:

$$\Delta e\% = 100 \cdot \Delta e$$

on:

- R és la resistència del conductor expressada en Ω/km
- $\tan \varphi$ és la tangent de l'angle de desfasament
- X és la reactància del conductor expressada en Ω/km
- U és la tensió composta expressada en V

Moment elèctric. El producte $M = P \cdot L$ rep el nom de **moment elèctric** de la càrrega trifàsica equilibrada P (expressada en kW), situada a la distància L (expressada en km) de l'origen de l'energia. El **moment elèctric d'una línia** (M_l) és el moment elèctric que en una línia origina una caiguda de tensió relativa de l'1%:

$$1\% = \frac{100 \cdot \Delta e}{U}$$

El moment elèctric d'una línia, M_I , el determina l'expressió:

$$M_I = \frac{1}{10^5} \cdot \frac{U^2}{R + (X \cdot \tan \varphi)}$$

Pèrdua de potència. Les pèrdues de potència a la xarxa, segons el moment elèctric $P \cdot L$, expressat en kW/km, es poden obtenir amb gràfiques o directament en percentatges mitjançant l'expressió següent:

$$P\% = 10^5 \cdot \frac{P \cdot L \cdot R}{U^2 \cdot \cos \varphi}$$

on:

- P és la potència en kW
- R és la resistència del conductor expressada en Ω/km . Es pren a 50°C
- U és la tensió composta expressada en V
- L és la longitud expressada en km

Coefficients de simultaneïtat. Aquests coeficients, com també la potència prevista per client estan definits de manera específica per a cada xarxa i nucli de població.

Secció del conductor. El càlcul de la secció d'un conductor es pot fer mitjançant les expressions següents:

- Línies monofàsiques: $S = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\sigma \cdot e \cdot U}$ o $S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\sigma \cdot e}$
- Línies trifàsiques: $S = \frac{L \cdot P}{\sigma \cdot e \cdot U}$ o $S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\sigma \cdot e}$

on:

- S és la secció expressada en mm^2
- P és la potència expressada en W
- U és la tensió nominal –respectivament monofàsica o trifàsica– de línia expressada en V
- I és la intensitat expressada en A
- L és la longitud de la línia expressada en metres (m)
- e és la caiguda de tensió expressada en V
- σ és la conductivitat del conductor

2.10 Qualitat i prevenció de riscos laborals

A les xarxes aèries hi ha una sèrie de factors de riscos que es consideren derivats de les condicions en què es duen a terme els treballs. Aquests factors de risc són els que s'identifiquen a la llista següent:

- Senyalització de riscos, conseqüència de l'activitat laboral.
- Treball sense tensió en BT per descàrrec.
- Treball amb tensió en BT.
- Instal·lacions en BT.
- Treballs en alçada: bastides, plataformes, suports.
- Equips i útils de treball: eines manuals, màquines-eines portàtils.
- Manipulació i transport: aparells auxiliars i accessoris, moviment manual de càrrega, vehicles de transport, grues.

Normativa específica sobre seguretat i salut a la feina

- Llei de prevenció de riscos laborals (31/1995 de 8 de novembre).
- Reglament dels serveis de prevenció (RD 39/1997 de 17 de gener).
- Risc elèctric (RD 614/2001 de 8 de juny).
- Reial decret 485/1997 de 14 d'abril, referent a senyalització.
- Reial decret 486/1997 de 14 d'abril, referent a llocs de treball.
- Reial decret 487/1997 de 14 d'abril, referent a manipulació de càrregues.
- Reial decret 773/1997 de 30 de maig, referent a equips de protecció individual (EPI).
- Reial decret 1215/1997 de 18 de juliol, referent a equips de treball.

2.10.1 Riscos derivats del treball

Riscos derivats del treball són els riscos i perills a què es troben exposades les persones i les instal·lacions durant les operacions que es duen a terme en el procés de supressió de la tensió, reparació i reposició de la tensió.

Les maniobres, mesures, assajos i verificacions, com també la preparació de treballs que cal fer a prop d'instal·lacions de baixa tensió en tensió, les han de fer treballadors autoritzats, segons els criteris que estableix el Reial decret 614/2001.

Supressió de la tensió. Un cop han estat identificada la zona i s'han reconegut els elements de la instal·lació on està previst dur a terme els treballs, i llevat que hi hagi raons essencials per fer-ho d'una altra manera, cal seguir el procés que rep el nom de **les cinc regles d'or** i que s'ha de desenvolupar de manera seqüencial.

- **Les cinc regles d'or**

- Desconnectar.
- Prevenir qualsevol possible realimentació.
- Verificar l'absència de tensió.
- Posar a terra i en curtcircuit.
- Protegir davant elements pròxims en tensió, si escau, i establir una senyalització de seguretat per delimitar la zona de treball.

Per tenir en compte

Fins que no s'han completat les cinc etapes, no es pot autoritzar l'inici del treball sense tensió i s'ha de considerar en tensió la part de la instal·lació afectada. Tot i això, per establir la senyalització de seguretat indicada a la cinquena etapa es pot considerar que la instal·lació està sense tensió si s'han completat les quatre etapes anteriors i no es poden envair zones de perill d'elements pròxims en tensió.

Reposició de la tensió. La reposició de la tensió només pot començar un cop finalitzat el treball, després que s'hagin retirat tots els treballadors que no resultin indispensables i que s'hagin recollit de la zona de treball les eines i equips utilitzats. El procés de reposició de la tensió s'ha de fer seguint aquestes fases:

- La retirada, si n'hi ha, de les proteccions addicionals i de la senyalització que indica els límits de la zona de treball.
- La retirada, si s'escau, de la posada a terra i en curtcircuit.
- El desbloqueig i la retirada de la senyalització dels dispositius de tall.
- El tancament dels circuits per reposar la tensió.

Compte!

Tan bon punt se suprimeix una de les mesures inicialment adoptades per a la realització dels treballs sense tensió en condicions de seguretat, es considera que la part de la instal·lació afectada torna a estar en tensió.

2.10.2 Equips i materials de protecció del treballador

El treballador ha d'utilitzar equips i materials que li proporcionin seguretat i evitin els riscos, quan treballa en les instal·lacions de xarxes elèctriques aèries de BT. Tot seguit hi ha una llista amb els equips i els materials de protecció:

- Accessoris aïllants (pantalles, cobertes, beines, etc.) destinats a recobrir parts actives o masses.

- Eines aïllants o aïllades (estris, pinces, puntes de prova, etc.) per manipular els equips i elements de les instal·lacions elèctriques amb seguretat.
- Perxes aïllants per manipular a distància elements que estan a tensió.
- Dispositius aïllants (banquetes, catifes, plataformes de treball, etc.) per aïllar l'operari del terra.
- Equips de protecció individual EPI (figura 2.16) –guants, ulleres i cascos, entre d'altres– per protegir una part o tot el cos del treballador dels riscos a què està exposat.

FIGURA 2.16. Equips de protecció individual (EPI)



3. Configuració de xarxes subterrànies de distribució en baixa tensió

En aquesta unitat es descriuen els tipus i les característiques de les instal·lacions de xarxes subterrànies, com ara les directament soterrades, sota tub, en galeries, entre altres, i els conductors de xarxes subterrànies de distribució.

3.1 Tipus i característiques de les instal·lacions de xarxes subterrànies

En aquest apartat veureu els diferents tipus d'instal·lacions i les característiques de les instal·lacions més rellevants en xarxes subterrànies, com són, per exemple, les directament soterrades, sota tub i en galeries, entre altres.

3.1.1 Instal·lacions subterrànies de cables aïllats

Les canalitzacions de distribució i de subministrament d'energia es disposen, en general, en terrenys de domini públic i en zones perfectament delimitades, preferentment sota les voreres.

El traçat ha de ser el més rectilini possible i, si pot ser, paral·lel a referències fixes, com línies de façana i voreres. Així mateix, s'han de tenir en compte els **radis de curvatura** mínims, fixats pels fabricants o, en defecte seu, els indicats en les normes de la sèrie UNE 20435, que cal respectar en els canvis de direcció.

En l'etapa de definició del projecte, cal consultar les empreses de servei públic i els possibles propietaris de serveis per conèixer la posició de les seves instal·lacions a la zona afectada. Un cop coneguda, abans de procedir a obrir les rases, s'obren les **cates de reconeixement** per confirmar o rectificar el traçat previst en el projecte.

Els cables aïllats es poden instal·lar de dues maneres:

- com a conduccions amb conductors directament soterrats i
- com a conduccions amb conductors entubats i soterrats.

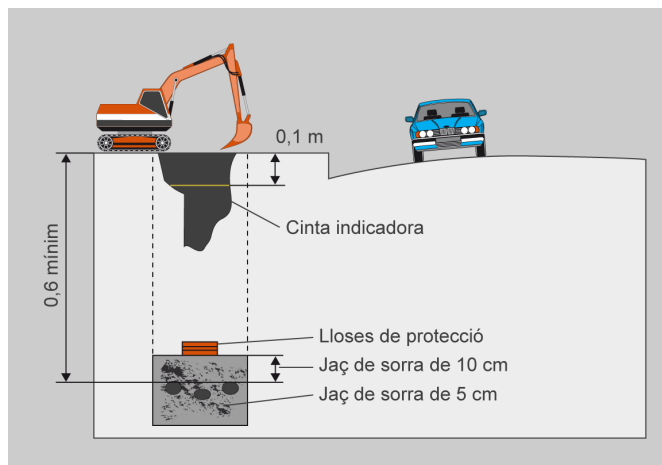
Trobareu més informació als apartats "Conduccions entubades" i "Encreuaments i paral·lelismes".

Conduccions amb conductors directament soterrats

En la instal·lació de conduccions amb conductors directament soterrats, la profunditat, fins a la part superior del cable, no ha de ser menor de 0,60 m en voreres, ni de 0,80 m en calçades (figura 3.1).

terrats per sota de les voreres

FIGURA 3.1. Conduccions amb conductors directament soterrats



Quan hi hagi impediments que no permetin assolir les profunditats esmentades, es poden reduir entubant els conductors. Contràriament, cal augmentar la profunditat en els casos en què hi hagi encreuaments o paral·lelismes.

Per tal d'aconseguir que el cable quedi correctament instal·lat, sense que hagi rebut cap dany i per tal que ofereixi seguretat en excavacions fetes per tercers, en la instal·lació dels cables s'han de seguir aquestes instruccions:

- **El llit de la rasa** que rebrà el cable ha de ser lliu i ha d'estar lliure d'arestes vives, cantons, pedres, etc. En el llit s'ha de disposar una capa de sorra de mina o de riu rentada, d'un gruix mínim de 0,05 m, i sobre aquesta capa s'ha de col·locar el cable. Per sobre del cable hi ha d'anar una altra capa de sorra o terra garbellada d'uns 0,10 m de gruix. Les dues capes han de cobrir l'amplada total de la rasa, que ha de ser suficient per mantenir 0,05 m entre els cables i les parets laterals.
- Per sobre de la sorra tots els cables han de tenir una **protecció mecànica** com, per exemple, llosetes de formigó, plaques protectores de plàstic o maons o rajoles col·locades de manera transversal. Es pot admetre l'ús d'altres proteccions mecàniques equivalents. També s'ha de posar una cinta de senyalització que adverteixi de l'existència del cable elèctric de baixa tensió.
 - La **distància mínima** d'aquesta protecció a terra ha de ser de 0,10 m, i la part superior del cable ha de ser de 0,25 m.
 - S'admet també la col·locació de plaques amb doble missió de protecció mecànica i de senyalització.

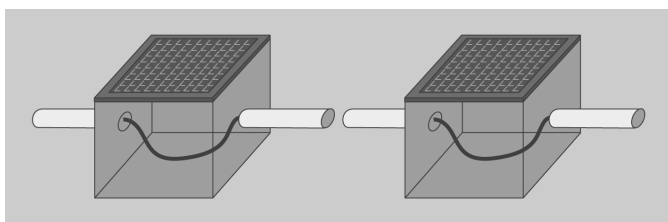
Conduccions amb conductors entubats i soterrats

No s'ha d'instal·lar més d'un circuit per tub.

Cal evitar, en la mesura que sigui possible, els canvis de direcció dels tubs. En els punts on es produeixin, i per tal de facilitar la manipulació dels cables, s'han de disposar arquetes amb tapa, registrables o no.

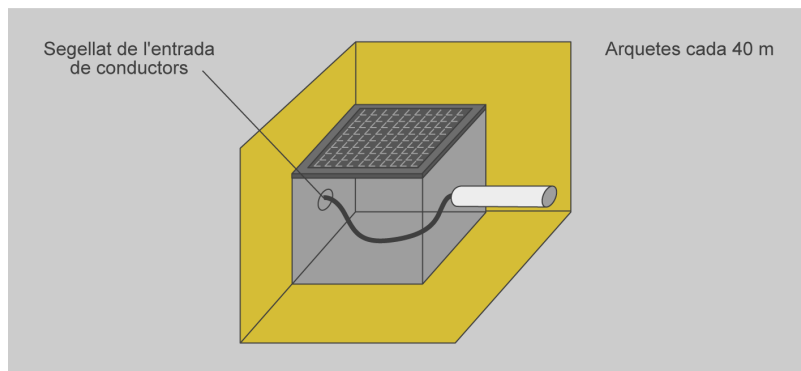
Per facilitar l'estesa dels cables, en els trams rectes s'han d'instal·lar **arquetes intermèdies**, registrables, cegues o simplement cates de tir, com a màxim cada 40 m. Aquesta distància pot variar de manera raonable, en funció de derivacions, encreuaments o altres condicionants viaris (figura 3.2).

FIGURA 3.2. Les arquetes han de poder suportar el pes del material i el de la circulació en superfície



A l'entrada de les arquetes, els tubs han de quedar degudament segellats en els extrems per evitar l'entrada de rosegadors (figura 3.3).

FIGURA 3.3. Segellat de les conduccions subterrànies i els conductors en els registres



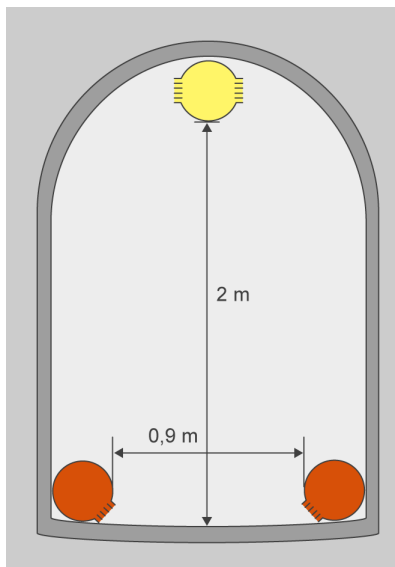
Una altra opció és la galeria registrable o la rasa prefabricada, en la qual no hi ha prevista la circulació de persones; les tapes de registre necessiten mitjans mecànics per ser manipulades (figura 3.4).

Les **galeries o rases no transitables** (registrables) presenten una sèrie de condicions generals que cal observar:

- En aquests galeries s'admeten cables elèctrics d'alta tensió, de baixa tensió i d'enllumenat, control i comunicació.
- Aquest tipus de galeries no admeten l'existència de canalitzacions de gas.
- Les galeries registrables o no transitables només admeten l'existència de canalitzacions d'aigua, sempre que sigui possible garantir que en cas de

fuita, l'aigua no afecta els altres serveis.

FIGURA 3.4. Galeria registrable de servei elèctric



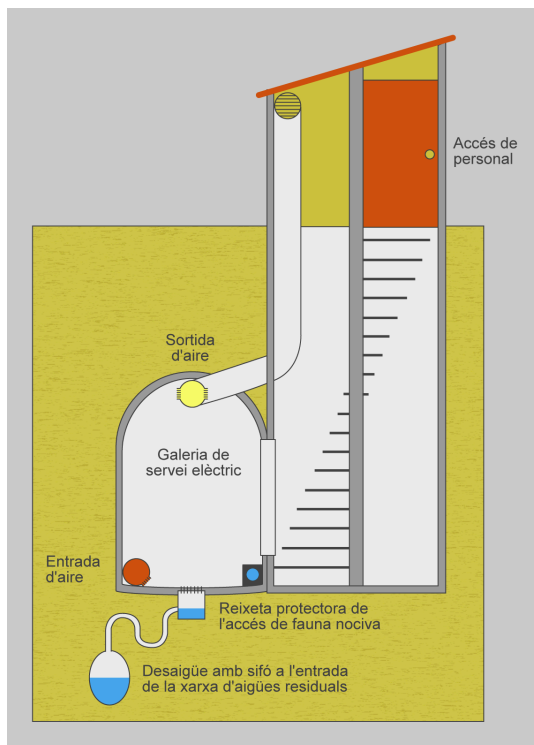
3.1.2 Galeries transitables

Les **galeries transitables** presenten les condicions generals (figura 3.5) que trobareu descrites a continuació:

- Les galeries són de formigó armat o d'altres materials amb rigidesa, estanquitat i durada equivalents.
- Les galeries transitables s'han de dimensionar per suportar la càrrega de terres i paviments situats per sobre i les del trànsit que corresponguin.
- En els punts singulars, entroncaments, passos especials, accessos de personal, etc., s'ha d'estudiar tant el pas correcte de les canalitzacions com la seguretat de circulació de les persones.
- Els accessos a la galeria han de quedar tancats, de manera que s'impedeixi l'entrada de persones alienes al servei, però han de permetre la sortida de les que estiguin a l'interior seu.
- En les galeries transitables, s'han de disposar accessos a les zones extremes de les galeries, que han de permetre l'entrada i la sortida dels materials.
- La ventilació de les galeries ha de ser suficient per assegurar que l'aire es renovi unes sis vegades cada hora, per evitar acumulacions de gasos i condensacions d'humitat, i contribuir d'aquesta manera a fer que la temperatura màxima de la galeria sigui compatible amb els serveis que conté.
 - La temperatura màxima dins de la galeria transitable no ha de sobrepassar els 40°C.

- Els sòls de les galeries han de ser antilliscants, han de tenir el pendent adequat i un sistema de drenatge eficaç que eviti la formació de tolls.
- Les empreses usuàries de la galeria transitable han de prendre les disposicions oportunes per tal d'evitar la presència de rosegadors dins de les galeries.

FIGURA 3.5. Característiques generals de les galeries



Galeries transitables i canalitzacions d'aigua: algunes recomanacions

Si bé no és recomanable que hi hagi canalitzacions d'aigua en les galeries transitables, fins i tot en els casos en què la seva presència sigui necessària, les canalitzacions d'aigua s'han de situar a un nivell inferior respecte de la resta de les instal·lacions.

A més, és condició indispensable que la galeria transitable tingui un desguàs situat per sobre de la cota del clavegueram o de la canalització de sanejament en què evacua.

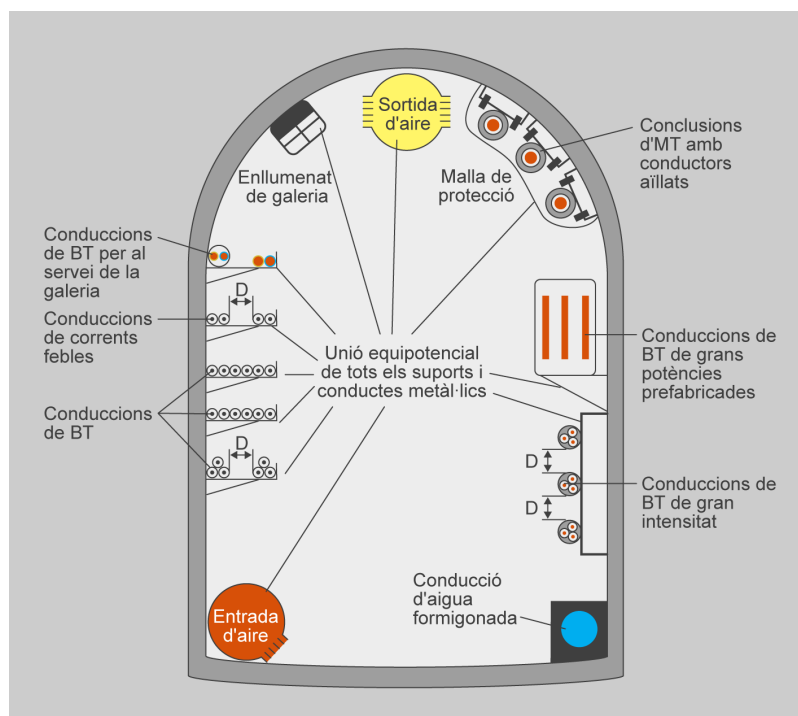
És recomanable que els desguassos disposin de doble sífó per evitar la penetració de gasos, un manteniment correcte de renovació d'aigua del primer sífó i una reixa per evitar l'entrada d'animals.

Pel que fa a les **conduccions que es poden instal·lar en galeries transitables**, hi ha una sèrie de recomanacions que cal seguir:

- En les galeries transitables es fan servir, preferentment, en el cas de les instal·lacions elèctriques de potència, cables de control i de telecomunicacions (figura 3.6).
- En **cap cas** poden coexistir en una mateixa galeria transitable instal·lacions d'**electricitat** i instal·lacions de **gas**.
- És aconsellable disposar els cables dels diferents serveis i dels diferents propietaris sobre suports diferents, i mantenir entre ells distàncies que en permetin la instal·lació i manteniment correctes.

- Dins d'un mateix servei, s'ha de procurar agrupar-los per tensions. Per exemple, en un dels laterals s'han d'instal·lar els cables de baixa tensió, de control, de senyalització, etc., mentre que es reserva l'altre per als cables d'alta tensió.
- Els cables s'han de disposar de manera que el seu traçat sigui rectilini i s'ha de procurar que conservin la seva posició relativa amb els altres.
- Les entrades i sortides dels cables a les galeries s'ha de fer de manera que no dificultin ni el manteniment dels cables existents ni la instal·lació de cables nous.
- Un cop instal·lats, tots els cables han de quedar degudament senyalitzats i identificats. En la identificació ha de figurar, també, l'empresa a la qual pertanyen.

FIGURA 3.6. Galeries per al servei elèctric



NBE-CPI-96

Norma bàsica d'edificació.
Condicions de protecció contra
incendis a edificis (RD
2177/1996).

Les **galeries transitables que tinguin una longitud superior a 400 m**, a més de complir les disposicions especificades per al tipus de galeria transitable en general, han de disposar del següent:

- il·luminació fixa interior;
- instal·lacions fixes de detecció de gasos tòxics, amb una sensibilitat mínima de 300 ppm;
- indicadors lluminosos que regulin l'accés a les entrades;
- accés de persones cada 400 m com a màxim;
- enllumenat de senyalització interior per informar de les sortides i referències exteriors;

- envans de sectorització contra incendis (RF120), d'acord amb el que estableix la NBE-CPI-96;
- portes tallafocs (RF90), d'acord amb el que estableix la NBE-CPI-96.

La canalització d'aigua en una galeria no transitable

En un disseny de doble cos, per exemple, en un cos es disposa una canalització d'aigua i tubs formigonats per a cables de comunicació, i en l'altre cos, que roman estanc respecte de l'anterior quan té posada la tapa registrable, es col·loquen els cables de baixa tensió, d'alta tensió, d'enllumenat públic, els cables dels semàfors, de control i el cablejat de comunicació.

Les **condicions de seguretat** més destacables que ha de complir aquest tipus de configuracions són l'**estanquitat dels tancaments** i una **bona renovació de l'aire en el cos ocupat pels cables elèctrics**, per tal d'evitar l'acumulació de gasos i la condensació d'humitats, i millorar la dissipació de calor.

Pel que fa a les conduccions que es poden instal·lar, en **claveguerons** o **canals registrables**, cal tenir en compte el següent:

- En certes ubicacions amb accés restringit a persones ensinistrades, com pot ser a l'interior d'indústries o de recintes destinats exclusivament a contenir instal·lacions elèctriques, es poden utilitzar **canals d'obra amb tapes** (que normalment s'enrasen amb el nivell del sòl) manipulables a mà.
- És aconsellable separar els cables de diferents tensions (aprofitant el fons i les dues parets). Fins i tot pot ser preferible utilitzar canals diferents.
- El canal ha de permetre la renovació de l'aire.

El risc d'explosió

Tot i això, si hi ha canalitzacions de gas properes al canal, hi ha risc d'explosió, que pot ser ocasionada per fugites de gas eventuals que arribin fins al canal. En qualsevol cas, el projectista ha d'estudiar les característiques particulars de l'entorn i justificar la solució adoptada.

Pel que fa a les **instal·lacions vistes en safates**, cal dir que aquest tipus d'instal·lació només s'empra en subestacions o altres instal·lacions elèctriques, en la part interior d'edificis, sense que estigui sotmesa a la intempèrie i on l'accés quedi restringit al personal autoritzat. Quan les zones per les quals discorre el cable siguin accessibles a persones o vehicles, han de disposar de **proteccions mecàniques** que en dificultin l'accessibilitat.

3.2 Els conductors de xarxes subterrànies de distribució: tipus i característiques

Els **conductors** dels cables utilitzats en les línies subterrànies han de ser de **coure** o d'**alumini**, i han d'estar **aïllats** amb mesclures apropiades de **compostos polimèrics**. A més, han d'estar **degudament protegits contra la corrosió** que pugui provocar el terreny on s'instal·len i han de tenir la **resistència mecànica suficient** per suportar els esforços a què puguin estar sotmesos.

Els cables poden ser d'un conductor o més d'un i d'una tensió assignada no inferior a 0,6/1 kV, i han de complir els requisits especificats en la part corresponent de la **norma UNE-HD 603**.

La **secció** d'aquests conductors ha de ser l'adequada a les intensitats i les caigudes de tensió previstes i, en tot cas, aquesta secció no ha de ser inferior a 6 mm² per a conductors de coure, i 16 mm² en el cas dels que siguin d'alumini.

3.2.1 Intensitats màximes d'utilització en règim permanent en línies soterrades

Els valors indicats en la norma UNE 20.435 són els que apareixen en les taules d'intensitats màximes admissibles.

Tot seguit treballarem els conceptes de temperatures màximes admissibles en el conductor, segons els tipus d'aïllaments; les intensitats màximes permanents admissibles pels diferents tipus de cables en una instal·lació soterrada ("Intensitats en funció de les condicions d'instal·lacions soterrades"), i les condicions especials d'instal·lació i els factors de correcció que cal aplicar ("Condicions d'instal·lació soterrada i factors de correcció d'intensitat admissible"); aquests factors de correcció s'indiquen per a cada condició que pugui diferenciar la instal·lació considerada de la instal·lació tipus.

3.2.2 Temperatures admissibles

Les intensitats màximes admissibles en servei permanent depenen en cada cas de la **temperatura màxima** que l'**aïllament** pugui suportar, sense alteracions de les propietats elèctriques, mecàniques i químiques. Aquesta temperatura està en funció del tipus d'aïllament i del règim de càrrega.

En la taula 3.1 s'especifiquen amb caràcter informatiu les temperatures màximes admissibles, en servei permanent i en curtcircuit, per a alguns tipus de cables aïllats amb aïllament sec.

TAULA 3.1. Cables aïllats amb aïllament sec, temperatura màxima en °C assignada al conductor

Tipus	Temperatura màxima (°C)	
Aïllament sec	Servei permanent ϑ_1	Curtcircuit $t < 5s$
Policlorur de vinil (PVC)	70	160
S < 300 mm ²	70	140
S > 300 mm ²		
Polietilè reticulat (XLPE)	90	250
Etilè-propilè (EPR)	90	250

3.2.3 Intensitats en funció de les condicions d'instal·lacions soterrades

A l'efecte de determinar la **intensitat màxima admissible** (vegeu la taula 3.2, taula 3.3 i taula 3.4), es considera la instal·lació tipus:

- un sol cable tripolar
- un sol cable tetrapolar
- un **tern de cables unipolars en contacte mutu**, directament soterrats, en tota la longitud, en una rasa de 0,70 m de profunditat, en un terreny de resistivitat tèrmica mitjana de 1 k·m/W i una temperatura ambient del terreny a aquesta profunditat de 25°C.

TAULA 3.2. Intensitats màximes admissibles en amperes per a cables tetrapolars amb conductors d'alumini i conductor neutre de coure, en instal·lació soterrada (servei permanent)

Cables	Secció nominal dels conductors (mm ²)	Intensitat (A)
3 · 50Al + 16Cu	50	160
3 · 95Al + 30Cu	95	235
3 · 150Al + 50Cu	150	305
3 · 240Al + 90Cu	240	395

Temperatura màxima del conductor: 90°C; temperatura del terreny: 25°C; profunditat d'instal·lació: 0,70 m; resistivitat tèrmica del terreny: 1k·m/W

TAULA 3.3. Intensitats màximes admissibles en amperes per a cables amb conductors d'alumini en instal·lació soterrada i servei permanent

metallúrgia d'estructura i color permanent												
Terna de cables				1 cable tripolar o tetrapolar			2 cables unipolars			1 cable unipolar		
Secció nominal	Tipus d'aïllament											
(mm ²)	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	96	76	119	115	105	110	105	93
25	125	120	110	115	110	98	153	147	135	141	135	120
35	150	145	130	140	135	120	184	178	159	172	165	147

TAULA 3.3 (continuació)

Terna de cables				1 cable tripolar o tetrapolar			2 cables unipolars			1 cable unipolar		
50	180	175	155	165	160	140	220	214	190	202	196	172
70	220	215	190	205	220	170	270	263	233	251	270	208
95	260	255	225	240	235	210	319	312	276	294	288	257
120	296	290	260	275	270	235	361	355	319	337	331	288
150	330	325	290	310	305	265	404	398	355	390	374	325
185	375	365	325	350	345	300	459	447	398	429	423	368
240	430	420	380	405	395	350	527	515	466	492	484	429
300	485	475	430	460	445	395	594	582	527	564	545	484
400	550	540	480	520	500	445	674	662	588	637	613	545
500	615	605	525	—	—	—	753	741	643	—	—	—
630	690	690	600	—	—	—	845	833	735	—	—	—

Tipus d'aïllament: 1. XLPE (polietilè reticulat): temperatura màxima en el conductor, 90 °C (servei permanent); 2. EPR (etilè-propilè): temperatura màxima en el conductor, 90 °C (servei permanent); 3. PVC (policlorur de vinil): temperatura màxima en el conductor, 70 °C (servei permanent). Temperatura del terreny: 25 °C; profunditat d'instal·lació: 0,70 m; resistivitat tèrmica del terreny: 1 k·m/W.

TAULA 3.4. Intensitats màximes admissibles, en amperes, per a cables amb conductors de coure en instal·lació soterrada (servei permanent)

Instal·lació soterrada (secció permanent)												
Terna de cables				1 cable tripolar o tetrapolar			2 cables unipolars			1 cable unipolar		
Secció nominal	Tipus d'aïllament											
(mm ²)	XLP	EPR	PVC	XLP	EPR	PVC	XLP	EPR	PVC	XLP	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56	88	96	77	91	78	68
10	96	94	85	88	85	75	119	115	104	108	104	92
16	125	120	110	115	110	97	153	147	135	141	135	119
25	160	155	140	150	140	125	196	190	172	194	172	153
35	190	195	170	190	175	150	233	227	208	221	214	184
50	230	225	200	215	206	180	282	276	245	263	251	221
70	280	270	245	260	250	220	343	331	300	319	306	270
95	335	325	290	310	305	265	410	398	355	390	374	325
120	380	375	335	355	350	305	466	459	410	435	429	374
150	425	415	370	400	390	340	521	508	453	490	478	417
185	480	470	420	450	440	385	588	576	515	551	539	472
240	550	540	485	520	506	445	674	662	594	637	619	545
300	620	610	550	590	565	506	760	747	674	723	692	619
400	706	690	615	665	645	570	964	845	753	815	790	698
500	790	775	686	—	—	—	969	849	939	—	—	—
630	885	870	770	—	—	—	1084	1066	943	—	—	—

Tipus d'aïllament: 1. XLPE (polietilè reticulat): temperatura màxima en el conductor, 90 °C (servei permanent); 2. EPR (etilè-propilè): temperatura màxima en el conductor, 90 °C (servei permanent); 3. PVC (policlorur de vinil): temperatura màxima en el conductor, 70 °C (servei permanent). Temperatura del terreny: 25 °C; profunditat d'instal·lació: 0,70 m; resistivitat tèrmica del terreny: 1 k·m/W.

3.2.4 Condicions especials d'instal·lació soterrada i factors de correcció d'intensitat admissible

La intensitat màxima d'un cable, determinada per les condicions d'instal·lació soterrada, s'ha de corregir tenint en compte cadascuna de les magnituds de la instal·lació real que en difereixen, de manera que l'augment de temperatures, provocat per la circulació de la intensitat calculada, no doni lloc a una temperatura en el conductor que sigui superior a la prescrita en la taula 3.1.

Tot seguit trobareu exposats alguns casos particulars d'instal·lació, les característiques de les quals afecten el valor màxim de la intensitat admissible, a l'hora que s'hi han indicat els factors de correcció que cal aplicar.

En la taula 3.5 trobareu els factors de correcció, F , de la intensitat admissible per a temperatures del terreny ϑ_t diferents de 25°C, en funció de la temperatura màxima de servei ϑ_s de la taula 3.1.

TAULA 3.5. Factors de correcció per a una temperatura del terreny diferent de 25°C

Temp. de servei	Temperatura del terreny ϑ_t en °C								
ϑ_t (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,79
70	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67

El factor de correcció per a altres temperatures del terreny, diferents de les indicades a la taula 3.5, es defineix per la fórmula següent:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

En la taula 3.6 trobareu indicats, per a diferents resistivitats tèrmiques del terreny, els factors corresponents de correcció de la intensitat admissible.

TAULA 3.6. Factors de correcció per resistivitat tèrmica del terreny diferent d'1 k·m/W

Tipus de ca- ble	Resistivitat tèrmica del terreny (k·m/W)										
	0,95	0,95	0,90	1	1,10	1,20	1,40	1,65	2,00	2,50	2,90
Unipolar	1,09	1,06	1,04	1	0,96	0,93	0,97	0,91	0,75	0,89	0,66
Tripolar	1,07	1,05	1,03	1	0,97	0,94	0,89	0,84	0,79	0,71	0,69

En la taula 3.7 trobareu indicats els factors de correcció que cal aplicar, segons el nombre de cables tripolars o terns unipolars i la distància que hi ha entre ells.

Les característiques de les condicions d'instal·lació soterrada s'han especificat als apartats "Altres esforços mecànics" i "Intensitats en funció de les condicions d'instal·lació soterrades".

TAULA 3.7. Factors de correcció per a agrupacions de cables trifàsics o terns de cables unipolars

Factors de correcció								
Separació entre els cables o terns	Nombre de cables o terns de la rasa							
	2	3	4	5	6	8	10	12
d = 0	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d = 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50
d = 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d = 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d = 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d = 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62

La distància d = 0 equival a la situació en què els cables estan en contacte i a les diferents columnes s'indiquen els valors del factor de correcció que s'ha d'aplicar en el cas de 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 i 12 cables terns en una mateixa rasa.

En la taula 3.8 trobareu indicats els factors de correcció que s'han d'aplicar a profunditats d'instal·lació diferents de 0,70 m.

TAULA 3.8. Factors de correcció per a diferents profunditats d'instal·lació

Profunditat d'instal·lació (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2
Factor de correcció	1,03	1,02	1,01	1	0,90	0,98	0,97	0,96

A l'hora de calcular el factor de correcció, s'ha d'estudiar cada cas individualment.

Factors de correcció per a la instal·lació de conductors soterrats en rasa sota tub o similar. En aquest tipus d'instal·lacions, cal aplicar tot el que s'ha a dit a propòsit de les intensitats en funció de les condicions d'instal·lació soterrades, així com el que es descriu a continuació:

- En el cas de **conductors soterrats en rasa sota tub**, s'ha d'instal·lar només un circuit per tub. La relació entre el diàmetre interior del tub i el diàmetre aparent del circuit ha de ser superior a 2, tot i que es pot acceptar, de manera excepcional, un valor d'**1,5**.
- En el cas de les **canalitzacions sota tub de curta longitud**, és a dir, instal·lacions que no superin els 15 m, si el tub s'omple amb aglomerats especials, **no cal aplicar factor de correcció** d'intensitat per aquest motiu.
- En altres **canalitzacions entubades**:
 - Si es tracta d'una línia amb cable tripolar o amb un tern de cables unipolars a l'interior del mateix tub, s'ha d'aplicar un factor de correcció de **0,8**.
 - Si es tracta d'un línia amb **quatre cables unipolars**, situats en sengles tubs, hi podeu aplicar un factor de correcció del **0,9**.

- Si es tracta d'una **agrupació de tubs**, el factor de correcció dependrà del tipus d'agrupació i variarà per a cada cable segons si està col·locat en un tub central o perifèric.

3.2.5 Intensitats màximes admissibles per a conductors en instal·lació a l'aire en galeries o canals

A continuació treballarem els conceptes de “intensitats màximes permanents admissibles” dels diferents tipus de cables en una instal·lació a l'aire. En les condicions especials d'instal·lació indicades en l'apartat “Condicions especials d'instal·lació en galeries i factors de correcció d'intensitats admissibles”, s'han d'aplicar els factors de correcció que corresponguin.

Els factors de correcció s'indiquen per a cada condició que pugui diferenciar la instal·lació considerada de la instal·lació tipus:

Condicions d'instal·lació en galeries. A l'efecte de determinar la intensitat màxima admissible (taula 3.9), es considera la instal·lació tipus següent:

- un sol cable tripolar
- un cable tetrapolar
- un tern de cables unipolars en contacte mutu amb una col·locació tal que permeti la renovació eficaç de l'aire. Si la temperatura ambiental és de 40°C, per exemple, amb el cable col·locat sobre safates o fixat a una paret, etc.

TAULA 3.9. Intensitat màxima admissible, en amperes, en servei permanent, per a cables tetrapolars amb conductors d'alumini i amb conductor neutre de coure, en instal·lació a l'aire en galeries ventilades

Cables	Secció nominal dels conductors (mm ²)	Intensitat (A)
3 * 50Al + 16Cu	50	125
3 * 95Al + 30Cu	95	196
3 * 150Al + 50Cu	150	260
3 * 240Al + 80Cu	240	360

Temperatura màxima en el conductor: 90°C;
temperatura de l'aire ambient: 40°C. Cal una disposició que permeti la renovació eficaç de l'aire.

Les intensitats màximes admissibles per a **cables conductors d'alumini** en instal·lacions a l'aire en galeries ventilades, les trobareu reflectides a la taula 3.10. Els valors de les intensitats màximes admissibles per a **cables conductors de coure** es descriuen, en canvi, a la taula 3.11.

TAULA 3.10. Intensitat màxima admissible, en amperes, en servei permanent per a cables conductors d'alumini en instal·lació a l'aire en galeries ventilades i a una temperatura ambient de 40°C

admissió en instal·lació a l'aire en guarnició ventilada i a una temperatura ambient de 30 °C						
Secció nominal	3 cables unipolars			1 cable trifàsic		
Tipus d'aïllament						
mm²	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	67	65	55	64	63	51

TAULA 3.10 (continuació)

Secció nominal	3 cables unipolars			1 cable trifàsic		
25	93	90	75	85	82	68
35	115	110	90	105	100	82
50	140	135	115	130	125	100
70	180	175	145	165	155	130
95	220	215	180	205	195	160
120	260	255	215	235	225	185
150	300	290	245	275	260	215
185	350	345	285	315	300	245
240	420	400	340	370	360	290
300	480	465	390	425	405	335
400	560	545	455	505	475	385
500	645	625	520	—	—	—
630	740	715	600	—	—	—

TAULA 3.11. Intensitats màximes admissibles per a cables conductors de coure en servei permanent en una instal·lació a l'aire en galeries ventilades i a una temperatura ambient de 40 °C

Secció nominal	3 cables unipolars			1 cable trifàsic		
Tipus d'aïllament						
mm²	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	90	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	190	175	145	166	160	130
70	230	225	185	210	220	165
96	285	290	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	395	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	395	315
240	535	515	435	475	480	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	900	665	—	—	—
630	950	915	765	—	—	—

Renovació de l'aire

A una temperatura ambient de 40 °C, un cable trifàsic a l'aire o un conjunt (tern) de cables unipolars en contacte mutu han d'estar col·locats en una disposició tal que permeti la renovació eficaç de l'aire. Això val tant per a cables conductors d'alumini com per a cables conductors de coure.

3.2.6 Condicions especials d'instal·lació en galeries i factors de correcció d'intensitats admissibles

La **intensitat admissible d'un cable**, determinada per les condicions d'instal·lació a l'aire en galeries ventilades, s'han de corregir tenint en compte cada una de les magnituds de la instal·lació real que difereixen de les admissibles, de manera que l'augment de temperatura que la circulació de la intensitat calculada provoca no doni lloc a una temperatura en el conductor que sigui superior a la que es prescriu com a temperatura màxima, ϑ_s , assignada al conductor (taula 3.1 d'aquesta unitat).

Les intensitats admissibles i les característiques de la instal·lació a l'aire en galeries ventilades s'han especificat a l'apartat "Intensitat màxima admissible" d'aquesta unitat.

En la taula 3.12 trobareu indicats els factors de correcció F de la intensitat admissible per a temperatures de l'aire ambient, ϑ_a , diferents de 40°C, en funció de la temperatura màxima de servei ϑ_s .

TAULA 3.12. Factors de correcció

Temp. de ser- vei	Temperatura del terreny ϑ_1										
°C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,90	0,84	0,77
70	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,81	0,71	0,58

El factor de correcció per a altres temperatures, diferents de la taula, es calcula mitjançant aquesta fórmula:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40^2}}$$

L'augment de la temperatura de l'aire

En certes condicions d'instal·lacions, com ara, entre altres, en els canalons i en les galeries petites, en les quals no hi ha la **renovació de l'aire eficaç**, s'observa que el calor dissipat pels cables no es pot difondre lliurement, de manera que provoca l'**augment de la temperatura de l'aire**.

La **magnitud d'aquest augment** depèn de molts factors i ha de ser determinada, en cada cas, en una estimació aproximada.

Cal tenir en compte que l'**increment de temperatura** per aquest motiu pot ser del voltant de **15 K**.

La **intensitat admissible** en les condicions de règim, per tant, s'ha de reduir amb els coeficients que s'indiquen a la taula 3.12.

En el cas de l'**agrupació de conductors**, a la taula 3.13 i taula 3.14 trobareu els factors de correcció que s'han d'aplicar en els agrupaments de diversos circuits –constituïts per cables unipolars o multipolars–, en funció del tipus d'instal·lació a l'aire i del nombre de circuits.

TAULA 3.13. Factor de correcció per a agrupacions de cables unipolars instal·lats a l'aire

Tipus d'instal·lació		Nombre de safates	Nombre de circuits trifàsics (2)			Per utilitzar per a (1)
			1	2	3	
Safates perforades (3)	Contigus	1	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horitzontal
		2	0,95	0,85	0,80	Tres cables en capa horitzontal
		3	0,00	0,85	—	Tres cables en capa horitzontal
Safates verticals perforades (4)	Contigus	1	0,95	0,85	—	Tres cables en capa vertical
		2	0,90	0,85	—	Tres cables en capa vertical
Safates escales, suports, etc. (3)	Contigus	1	1,00	0,95	0,95	Tres cables en capa horitzontal
		2	0,95	0,90	0,90	Tres cables en capa horitzontal
		3	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horitzontal
Safates perforades (3)		1	1,00	1,00	0,95	Tres cables disposats en forma de trèvol
		2	0,95	0,95	0,90	Tres cables disposats en forma de trèvol
		3	0,95	0,90	0,85	Tres cables disposats en forma de trèvol
Safates verticals perforades (4)		1	1,00	0,90	0,90	Tres cables disposats en forma de trèvol
		2	1,00	0,90	0,85	Tres cables disposats en forma de trèvol
Safates escales, suports, etc. (3)		1	1,00	1,00	1,00	Tres cables disposats en forma de trèvol
		2	0,95	0,95	0,95	Tres cables disposats en forma de trèvol

TAULA 3.13 (continuació)

Tipus d'instal·lació	Nombre de safates	Nombre de circuits trifàsics (2)	Per utilitzar per a (1)
	3	0,95	0,95
			0,90
			Tres cables disposats en forma de trèvol

TAULA 3.14. Factor de correcció per a agrupacions de cables trifàsics

Tipus d'instal·lació		Nombre de safates	Nombre de circuits trifàsics (2)					
			1	2	3	4	6	9
Safates perforades (2)	Contigus	1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
		2	1,00	0,95	0,90	0,75	0,75	0,70
		3	1,00	0,95	0,90	0,75	0,70	0,65
	Espaiats	1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	—
		2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	—
		3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	—
Safates verticals perforades (3)	Contigus	1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
		2	1,00	0,90	0,90	0,75	0,70	0,70
		3	1,00	0,90	0,90	0,75	0,70	0,70
	Espaiats	1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	—
		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	—
		3	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	—
Safates escales, suports, etc. (2)	Contigus	1	1,00	0,95	0,90	0,80	0,80	0,80
		2	1,00	0,85	0,90	0,80	0,75	0,75
		3	1,00	0,85	0,90	0,75	0,75	0,70
	Espaiats	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	—
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	—
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	—

En la taula 3.15 trobareu indicades les densitats de corrent de curtcircuit admissibles en els **conductors d'alumini** i, en la taula 3.16 trobareu aquestes densitats per als **conductors de coure** (els valors en aquestes dues taules s'expressen en amperes per mm², d'acord amb els aïllaments de diferents materials i en funció dels temps de durada del curtcircuit).

TAULA 3.15. Densitats de corrent de curtcircuit per a conductors d'alumini segons el tipus d'aïllament

Tipus d'aïllament	Duració del curtcircuit (expressada en segons)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	

Altres casos

Per a qualsevol altre tipus de cable o altre sistema, no previstos en aquesta instrucció, així com per a cables que no figuren a les taules d'aquesta unitat, cal consultar la norma UNE 20.435 o calcular segons la norma UNE 21.144.

TAULA 3.15 (continuació)

Tipus d'aïllament	Duració del curtcircuit (expressada en segons)								
XLPE i EPR	294	203	170	132	93	76	66	59	54
PVC S < 300 mm ²	237	168	137	106	75	61	53	47	43
PVC S > 300 mm ²	211	150	122	94	67	54	47	42	39

TAULA 3.16. Densitats de corrent de curtcircuit per a conductors de coure segons el tipus d'aïllament

Tipus d'aïllament	Duració del curtcircuit (expressada en segons)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE i EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82
PVC S < 300 mm ²	364	257	210	163	115	94	51	73	66
PVC S > 300 mm ²	322	228	186	144	102	83	72	64	59

3.2.7 El conductor neutre

La secció mínima del conductor neutre depèn del nombre de conductors en què es faci la distribució, de manera que si hi ha 2 o 3 conductors, la secció del neutre serà igual a les dels conductors de fase, i amb 4 conductors, la secció del neutre serà, com a mínim, la que s'indica a la taula 3.17.

TAULA 3.17. Secció mínima del conductor neutre en funció del nombre de conductors i del material amb què estan fets

Conductors de Cu (mm ²)		Conductors d'Al (mm ²)	
Conductors de fase	Secció del neutre	Conductors de fase	Secció del neutre
6	6	—	—
10	10	—	—
16	10	16	16
25	16	25	16
35	16	35	16
50	25	50	25
70	35	70	35
96	50	95	50
120	70	120	70
150	70	150	70
185	95	185	95
240	120	240	120
			

TAULA 3.17 (continuació)

Conductors de Cu (mm ²)		Conductors d'Al (mm ²)	
300	150	300	150
400	185	400	185

3.2.8 Instal·lacions subterrànies de cables aïllats

Les canalitzacions de distribució i subministrament d'energia es disposen, en general, en terrenys de domini públic i en zones perfectament delimitades, preferentment sota les voreres.

El traçat ha de ser el més rectilini possible i, si pot ser, paral·lel a referències fixes, com línies de façana i voreres.

Així mateix, s'han de tenir en compte els radis de curvatura mínims, fixats pels fabricants (o en detriment seu, els indicats en les normes de la sèrie UNE 20435), que cal respectar en els canvis de direcció.

En l'etapa de projecte s'han de consultar les empreses de servei públic i els possibles propietaris de serveis per tal de conèixer la posició de les seves instal·lacions en la zona afectada. Un cop coneguda, abans de procedir a obrir les rases, s'han d'obrir les cates de reconeixement per confirmar o rectificar el traçat previst en el projecte.

3.2.9 Instal·lacions soterrades

En les canalitzacions soterrades, els tubs protectors han de complir el que estableix la **norma UNE-EN 50.086-2-4**, i les seves característiques mínimes han de ser, per a les instal·lacions ordinàries, les que s'indiquen a la taula 3.18.

Dos tipus de sòl

Es considera **sòl lleuger** aquell sòl uniforme que no sigui de tipus pedregós i amb **càrregues superiors lleugeres** com, per exemple, voreres, parcs i jardins.

Es considera **sòl pesat** aquell de tipus pedregós i dur amb càrregues superiors pesades, com són, per exemple, les calçades i les vies fèrries.

El compliment d'aquestes característiques es realitza segons els assaigs indicats a la norma UNE-EN 50.086-2-4.

TAULA 3.18. Característiques mínimes per a tubs en canalitzacions soterrades

Característiques	Codi	Grau
Resistència a la comprensió	NA	250 N / 450N / 750N

TAULA 3.18 (continuació)

Característiques	Codi	Grau
Resistència a l'impacte	NA	Lleuger/normal
Temperatura mínima d'instal·lació i servei	NA	NA
Temperatura màxima d'instal·lació i servei	NA	NA
Resistència al corbament	1-2-3-4	Qualsevol de les especificades
Propietats dielèctriques	0	No declarades
Resistència a la penetració de cossos sòlids	4	Protegit contra objectes $d \geq 1$ mm
Resistència a la penetració de l'aigua	3	Protecció contra l'aigua en forma de pluja
Resistència a la corrosió de tubs metàl·lics i compostos	2	Protecció interior i exterior mitjana
Resistència a la tracció	0	No declarada
Resistència a la propagació de la flama	0	No declarada
Resistència a les carregues suspeses	0	No declarada

NA: no aplicable. Per a tubs continguts dins de formigó, cal aplicar 250 N i grau lleuger. En el cas de tubs en terrenys lleugers, cal aplicar 450 N i grau normal. En els tubs en terreny pesat, cal aplicar 750 N i grau normal.

Els tubs han de tenir un diàmetre tal que permetin un allotjament fàcil, així com l'extracció dels cables o conductors aïllats, tal com trobareu indicat a la taula 3.19.

TAULA 3.19. Diàmetres exteriors mínims dels tubs, en funció del nombre i la secció dels conductors o cables per conduir

Diàmetre exterior dels tubs (mm)					
Secció nominal conductors unipolars (mm ²)	No. de cond. < 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	—

TAULA 3.19 (continuació)

Diàmetre exterior dels tubs (mm)

Per tenir en compte

En cas que hi hagi més de deu conductors per tub, o per a conductors o cables de seccions diferents per instal·lar en el mateix tub, la **secció interior** ha de ser com a mínim igual a **quatre vegades la secció ocupada pels conductors**.

Las **conduccions s'han de protegir de l'efecte de piconatge de les terres**. Les conduccions s'han d'instal·lar a un mínim de 60 cm de terra, d'acord amb el que s'estableix per als encreuaments. Aquesta profunditat pot variar en funció de la qualitat del terreny, sempre que no suportin els efectes següents:

- De la compactació.
- Del contacte amb cossos durs.
- Del xoc de les eines mecàniques d'obertura de rases.
- De les accions químiques dels components del terreny.

Així mateix, els entroncaments i finals de línia s'han de protegir de manera que quedin estancs.

Els encreuaments: quan hi encreuaments entre conduccions, s'han de complir els mínims tecnològics que estableix el Reglament de BT i les disposicions particulars de cada ens amb capacitat normativa, en les seves respectives zones de responsabilitat.

A la taula 3.20 trobareu les intensitats màximes admissibles, expressades sempre en amperes (A), en servei permanent dels cables directament soterrats en les condicions següents (segons UNE):

- Temperatura del terreny: 25°C
- Resistivitat tèrmica del terreny: 1 K·m/W
- Profunditat d'instal·lació dels conductors: 0,7 m
- Conductor trifàsic o tern de cables unipolars en contacte mutu

TAULA 3.20. Intensitats en cables subterranis de coure

Secció (mm²)	Tipus d'aïllament		XLPE		EPR	
	PVC					
	3 cables unipolar	1 cable tripolar	3 cables unipolar	1 cable tripolar	3 cables unipolar	1 cable tripolar
1,5	28	25	32	28	31	28
2,5	38	34	44	40	43	39
4	50	45	57	52	55	51
6	63	56	72	66	70	64
10	85	75	96	88	94	85

TAULA 3.20 (continuació)

Secció (mm²)	Tipus d'aïllament PVC		XLPE		EPR	
16	110	97	125	115	120	110
25	140	125	160	150	155	140
35	170	150	190	180	185	175
50	200	180	230	215	225	205
70	245	220	280	260	270	250
95	290	265	335	310	325	305
120	335	305	380	355	375	350
150	370	340	425	400	415	390
185	420	385	480	450	470	440
240	485	445	550	520	540	505
300	550	505	620	590	610	565
400	615	570	705	665	690	645
500	685	—	790	—	775	—

La taula 3.21 recull els **factors de correcció** per a temperatures del sòl diferents de 25°C, per aplicar als valors d'intensitats admissibles per a cables soterrats.

TAULA 3.21. Factors de correcció, //F//, per aplicar als valors d'intensitats admissibles per a cables soterrats

Terreny F segons aïllant				Terreny F segons aïllant				Terreny F segons aïllant			
T (°C)	PVC	XLPE	EPR	T (°C)	PVC	XLPE	EPR	T (°C)	PVC	XLPE	EPR
10	1,16	1,11	1,11	35	0,86	0,93	0,93	60	0,47	0,68	0,68
15	1,11	1,06	1,06	40	0,81	0,89	0,89	65	—	0,62	0,62
20	1,05	1,04	1,04	45	0,75	0,83	0,83	70	—	0,55	0,55
25	1	1	1	50	0,66	0,79	0,79	75	—	0,48	0,48
30	0,94	0,97	0,97	55	0,58	0,74	0,74	80	—	0,4	0,4

Els valors dels factors de correcció segons les diverses temperatures en °C per als aïllants tipus XLPE i EPR són idèntics.

La taula 3.22 recull els factors de correcció per agrupament de diversos cables soterrats directament a terra.

TAULA 3.22. Factors de correcció per agrupament de diversos cables soterrats directament a terra

Tipus d'instal·lació segons la nota 1, taula F7-137					
Cables multiconductors en tubs, un cable per tub					
Nombre de circuit	Distàncies entre Nul·la	cables (a) Un diàmetre de cable	0,125 m	0,250 m	0,500 m
2	0,75	0,8	0,85	0,9	0,9
3	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85
4	0,6	0,6	0,7	0,75	0,8
5	0,55	0,55	0,65	0,7	0,8
6	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8

TAULA 3.22 (continuació)

Tipus d'instal·lació segons la nota 1, taula F7-137

S'entén que les distàncies entre cables (a) són entre cables multiconductors, i que quan és nul·la, els cables es toquen.

La taula 3.23 recull els factors de correcció per agrupament de diversos cables instal·lats en tubs soterrats.

TAULA 3.23. Factors de correcció per agrupament de diversos cables instal·lats en tubs soterrats

Tipus d'instal·lació segons la nota 1, taula F7-137

Cables multiconductors en tubs (un cable per tub)

Nombre de cables	Distància entre els Nul·la	tubs (a) 0,250 m	0,500 m	1 m
2	0,85	0,9	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,9	0,95
4	0,7	0,8	0,85	0,9
5	0,65	0,8	0,85	0,9
6	0,6	0,8	0,8	0,9

Els cables (a) són cables multiconductors i si la distància és nul·la, els cables es toquen.

Per tenir en compte!

Els **valors de les taules 21, 22 i 23** són **vàlids** per a una profunditat de rasa de **0,7 m** i una **resistivitat tèrmica** del terreny d'**1 k·m/W**.

Recordeu que la presa de **valors mitjans** i l'arrodoniment pot conduir, en alguns casos, a desviacions de $\pm 10\%$.

Quan siguin necessaris **valors més precisos**, es poden calcular pels mètodes de la norma **UNE 21-144** amb factor de càrrega del 100%.

3.2.10 Pas de les instal·lacions a través d'elements de la construcció

El pas de les canalitzacions a través d'elements de la construcció, com ara els murs, els envans i els sostres, s'ha de fer d'acord amb les prescripcions següents:

- En tota la longitud dels passos de canalitzacions no s'han de disposar entroncaments o derivacions de cables.
- Les canalitzacions han d'estar suficientment protegides contra els deterioraments mecànics, les accions químiques i els efectes de la humitat. Aquesta protecció s'ha d'exigir de forma contínua en tota la longitud del pas.
- Si s'utilitzen tubs no obturats per travessar un element constructiu que separi dos locals d'humitats molt diferents, s'han de disposar de manera que s'impedeixi l'entrada i l'acumulació d'aigua al local menys humit, i s'han de corbar convenientment en l'extrem cap al local més humit. Quan els passos desemboquin a l'exterior s'ha d'instal·lar a l'extrem del tub una pipa de porcellana o vidre, o d'un altre material aïllant adequat, disposada

de manera que el pas exterior-interior dels conductors s'efectuï en sentit ascendent.

- En cas que les canalitzacions siguin de naturalesa diferent a banda i banda del pas, aquest s'ha de fer per la canalització utilitzada en el local per a la qual les prescripcions d'instal·lació siguin més severes.
- Per a la protecció mecànica dels cables a la longitud del pas, s'han de disposar en l'interior de tubs normals quan la longitud no excedeixi de 20 cm, i si excedeix, s'han de disposar en tubs conformes.
- Els extrems dels tubs metàl·lics sense aïllament interior han d'estar proveïts de broquets aïllants de vores arrodonides o de dispositius equivalents, o bé les vores dels tubs han d'estar convenientment arrodonides, i ha de ser suficient per als tubs metàl·lics amb aïllament interior que aquest últim sobresurti lleugerament del primer. Per protegir els conductors també es poden emprar els tubs de vidre, de porcellana o fets d'algun altre material aïllant adequat amb la resistència mecànica suficient.
- No necessiten protecció suplementària els cables proveïts d'una armadura metàl·lica ni els cables amb aïllament mineral, sempre que la seva coberta no sigui atacada per materials dels elements per travessar.
- Si l'element constructiu que ha de travessar separa dos locals amb les mateixes característiques d'humitat, s'hi poden practicar obertures que permetin el pas dels conductors, respectant en cada cas les separacions indicades per al tipus de canalitzacions de què es tracti.
- Els passos amb cables aïllats sota motllures no han d'excedir els 20 cm, en els altres casos el pas s'ha de fer per mitjà de tubs.
- En els passos de sostres per mitjà de tub, aquest ha d'estar obturat mitjançant tancament estanc i la seva extremitat superior ha de sortir per sobre del sòl a una alçada almenys igual a la dels sòcols, si n'hi ha, o 10 centímetres en cas contrari. Quan el pas s'efectuï per un altre sistema, s'ha d'obturar igualment mitjançant material incombustible, de classe i resistència al foc, com a mínim, igual a la dels materials dels elements que travessa.

3.2.11 Càlculs elèctrics: determinació de la secció

La distribució s'ha de fer en sistema trifàsic a les tensions de 400 V entre fases i 230 V entre fase i neutre.

Per a l'elecció de la secció d'un cable s'han de tenir en compte, en general, quatre factors principals, la importància dels quals difereix en cada cas. Aquests factors són:

- tensió de la xarxa i del seu règim d'explotació;

- intensitat per transportar en determinades condicions d'instal·lació;
- caigudes de tensió en règim de càrrega màxima prevista;
- intensitats i temps de curtcircuit del conductor.

Les característiques dels conductors en règim permanent a títol orientatiu són les que s'indiquen en la taula 3.24.

TAULA 3.24. Característiques dels conductors en règim permanent en una instal·lació tipus soterrada

Secció de fase en mm ²	R-20° en Ω per km	X en Ω per km	Intensitat (A)
50 Al	0,641	0,080	180
95 Al	0,320	0,076	260
150 Al	0,206	0,075	330
240 Al	0,125	0,070	430

A aquests valors orientatius s'han d'aplicar els coeficients de correcció, segons el que especifica la norma **ITC-BT-07**.

Per justificar la secció dels conductors s'han de tenir en compte les consideracions següents:

- intensitat màxima admissible per al cable;
- caiguda de tensió.

L'elecció de la **secció del cable** que s'ha d'adoptar està supeditada a la **capacitat màxima** del cable i a la caiguda de tensió admissible, que no ha d'excedir del 5,5%.

Quan el projecte sigui d'una derivació per connectar a una línia ja existent, la caiguda de tensió admissible en la derivació es condiona de manera que, sumada al de la línia ja existent fins al tram de derivació, no superi el 5,5% per a les potències transportades en la línia i les previstes per transportar en la derivació.

Des del punt de vista de la secció dels conductors, per a l'**elecció** en els **diferents tipus de línies**, a part de les limitacions de **potència màxima** per transportar i de la **caiguda de tensió**, que es fixen en cada un, s'ha de fer un **estudi tecnicoeconòmic** des de la perspectiva de les pèrdues, per si quedés justificat amb aquest estudi l'ús d'una secció superior a la determinada pels conceptes abans esmentats.

A. Càlcul de la secció en funció de la intensitat màxima admissible

L'elecció de la **secció** en funció de la **intensitat màxima admissible** s'ha de calcular partint de la potència que ha de transportar el cable i de la intensitat corresponent, i s'ha de triar el cable adequat d'acord amb els valors de les intensitats màximes que figuren en la **NI 56.31.21**, o en les dades subministrades pel fabricant.

La intensitat es determina aplicant la fórmula següent:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi}$$

B. Càlcul de la secció en funció de la caiguda de tensió

El càlcul de la secció en funció de la caiguda de la tensió es fa mitjançant la fórmula:

$$\Delta U_L = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

on P és la potència en kW, U_L és la tensió composta en kV, ΔU_L és la caiguda de tensió i I_L és la intensitat en amperes. L és la longitud de la línia en km, R és la resistència del conductor en Ω/km , X és la reactància (expressada en Ω/km) a freqüència 50 Hz, i $\cos \varphi$ és el factor de potència.

La **caiguda de tensió** produïda en la línia, posada en funció del moment elèctric PL i tenint en compte les fórmules anteriors, ve donada per la fórmula següent:

$$\Delta U = \frac{PL}{10 \cdot U^2} (R + X \cdot \tan \varphi)$$

On ΔU expressa un percentatge de la tensió composta U , mesurada en volts.

En els dos casos, A i B, a efectes del càlcul dels costos, es considera un factor de potència, φ , igual a 0,9.

3.2.12 Proteccions de sobreintensitat

Amb caràcter general, els conductors estan protegits pels fusibles que hi ha contra sobrecàrregues i curtcircuits.

Per a una protecció adequada dels cables contra sobrecàrregues, mitjançant fusibles de la classe gG, la taula 3.25 indica la intensitat nominal que presenten.

TAULA 3.25. Intensitat nominal dels fusibles de classe gG

Cable	Intensitat (A)
RV 0,6/1kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Quan es prevegi la protecció de conductor per fusibles contra curtcircuits, s'ha de tenir en compte la longitud de la línia que realment protegeix i que en la taula 3.26 s'expressa en metres.

TAULA 3.26. Longituds en metres segons la intensitat nominal del fusible i el tipus de cable

Cable	Intensitat nominal 100	125	de fusible 160	200	250	315
Longituds en metres						
RV 0,6/1kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		

TAULA 3.26 (continuació)

Cable	Intensitat 100	nominal 125	de fusible 160	200	250	315
RV 0,6/1kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	—	605	455	345	260	195

Les longituds en metres es calculen amb una impedància a 90°C del conductor de fase i neutre, i es considera que parteixen del quadre de BT del centre de transformació.

3.2.13 Encreuaments

Autoria: **es pot ometre** hi ha dificultats per entendre les següents expressions a Ferrocarrils, “Els esmentats tubs les vies fèrries en 1,5 m per cada extrem”; a clavageram “No s’admetrà incidir en el seu interior”

A continuació es fixen, per a cada un dels casos indicats, les condicions a què han de respondre els encreuaments de cables subterranis de baixa tensió directament soterrats:

- **Carrers i carreteres:** els cables es disposen a l’interior de tubs protectors d’acord amb el que estableix la ITC-BT-21, recoberts de formigó en tota la seva longitud i a una profunditat mínima de 0,80 m. Sempre que sigui possible, l’encreuament s’ha de fer perpendicular a l’eix del vial.
- **Ferrocarrils:** els cables es disposen a l’interior de tubs protectors, d’acord amb el que estableix la ITC-BT-21, recoberts de formigó, i sempre que sigui possible perpendiculars a la via, i a una profunditat mínima d’1,3 m respecte de la cara inferior de la travessa.
- **Altres cables d’energia elèctrica:** sempre que sigui possible, s’ha de procurar que els cables de baixa tensió passin per sobre dels d’alta tensió. La distància mínima entre un cable de baixa tensió i altres cables d’energia elèctrica ha de ser de 0,25 m si es tracta de cables d’alta tensió i 0,10 m quan els cables siguin també de baixa tensió. La distància del punt d’encreuament fins a les unions ha de ser superior a 1 m.
- **Cables de telecomunicació:** la separació mínima entre els cables d’energia elèctrica i els de telecomunicació és de 0,20 m. La distància del punt d’encreuament a les unions, tant del cable d’energia com del cable de telecomunicació, ha de ser superior a 1 m. Aquestes restriccions no s’han d’aplicar als cables de fibra òptica amb cobertes dielèctriques. Tot tipus de protecció en la coberta del cable ha de ser aïllant.
- **Canalitzacions d’aigua i de gas:** sempre que sigui possible, els cables es fan passar per sobre de les canalitzacions d’aigua. La distància mínima

entre cables d'energia elèctrica i canalitzacions d'aigua o de gas és de 0,20 m. S'evita l'encreuament per la vertical de les juntes de les canalitzacions d'aigua o de gas, o dels empalmaments de la canalització elèctrica, i amb aquesta finalitat se situen unes i altres a una distància superior a 1 m de l'encreuament.

- **Conduccions de clavegueram:** es procura passar els cables per sobre de les conduccions del clavegueram. No s'admet incidir en el seu interior. S'admet incidir en la seva paret, sempre que s'asseguri que no ha quedat debilitada.
- **Dipòsits de carburant:** els cables es disposen en canalitzacions entubades i a una distància com a mínim de 0,20 m del dipòsit. Els extrems dels tubs ultrapassen el dipòsit, com a mínim, 1,5 m per cada extrem.

3.2.14 Proximitats i paral·lelismes

Els cables subterranis de baixa tensió directament soterrats, tot procurant evitar que quedin en el mateix pla vertical que les altres conduccions, han de complir les condicions i distàncies de proximitat que s'indiquen a continuació, d'acord amb els diferents supòsits:

Gas i baixa tensió

Si bé s'ha de procurar mantenir una distància mínima de 0,20 m en projecció horitzontal, cal disposar les artèries importants de gas de manera que assegurin distàncies superiors a 1 m respecte als cables elèctrics de baixa tensió.

- **Altres cables d'energia elèctrica:** els cables de baixa tensió es poden instal·lar paral·lelament a altres de baixa o d'alta tensió; s'ha de mantenir una distància mínima de 0,10 m amb els cables de baixa tensió i de 0,25 m amb els cables d'alta tensió. En el cas que un mateix propietari canalitzi alhora diversos cables de baixa tensió, pot instal·lar-los a menor distància, i fer-ho, fins i tot, en contacte.
- **Canalitzacions de gas:** la distància mínima entre els cables d'energia elèctrica i les canalitzacions de gas és de 0,20 m, excepte en el cas de canalitzacions de gas d'alta pressió (més de 4 bar), en les quals la distància ha de ser de 0,40 m. La distància mínima entre els empalmaments dels cables d'energia elèctrica i les juntes de les canalitzacions de gas ha de ser d'1 m.
- **Cables de telecomunicació:** la distància mínima entre els cables d'energia elèctrica i els de telecomunicació és de 0,20 m.
- **Canalitzacions d'aigua.** La distància mínima entre els cables d'energia elèctrica i les canalitzacions d'aigua serà de 0,20 m. La distància mínima entre els empalmaments dels cables d'energia elèctrica i les juntes de les canalitzacions d'aigua és d'1 m. S'ha de procurar mantenir una distància mínima de 0,20 m en projecció horitzontal, i que la canalització d'aigua quedi per sota del nivell del cable elèctric. D'altra banda, les artèries principals d'aigua s'han de disposar de manera que assegurin distàncies superiors a 1 m respecte als cables elèctrics de baixa tensió.

El cas de les connexions de servei

En el cas en què el creuament o paral·lelisme entre cables elèctrics i canalitzacions dels serveis descrits anteriorment es produeixi en el tram de connexió a un edifici, cal mantenir una **distància mínima de 0,20 m**.

La canalització de la connexió elèctrica, a l'entrada de l'edifici, ha d'estar tapada fins a aconseguir una **estanquitat** adequada.

3.3 Elements accessoris de connexió

Per a la confecció de **connexions** es fan servir maniguets d'unió Al-Al adequats per a la secció dels cables que s'han de connectar. S'ha d'utilitzar la compressió per punxonat profund. S'han d'aïllar mitjançant un recobriments que aportin un nivell d'aïllament com a mínim igual al del cable.

En general, la reconstrucció d'aïllament s'efectua mitjançant maniguets termoretràctils. En presència de canalitzacions de gas, s'ha d'utilitzar la **tecnologia de contràctil en fred**.

Pel que fa a les **terminals**, s'utilitzen les d'alumini homogeni per a una connexió bimetàl·lica i adequades a la secció dels cables que s'han de connectar. La compressió de la part de la connexió al cable es fa per **punxonat profund**.

Després, s'aïlla mitjançant un recobriments que aportin un nivell d'aïllament com a mínim igual al del cable. La connexió del terminal a la instal·lació fixa s'efectua a pressió mitjançant cargols.

3.4 Condicions d'instal·lació de xarxes subterrànies de BT

Els aspectes que amb caràcter general s'han de tenir en compte en el disseny i la instal·lació de les línies subterrànies de BT són els següents:

- El valor de la tensió nominal de la xarxa subterrània de BT ha de ser de 400 V.
- L'estructura general de les xarxes subterrànies de BT de les companyies de distribució d'energia elèctrica és de bucle, per tant, s'utilitzen sempre cables amb secció uniforme de 240 mm² d'alumini per a les fases i, com a mínim, 150 mm² d'alumini per al neutre.
- La caiguda de tensió no ha de superar el 7%.
- La càrrega màxima de transport es determina en funció de la intensitat màxima admissible en el conductor i del moment elèctric de la línia.

- En les xarxes subterrànies de baixa tensió les derivacions surten, en general, de caixes d'entrada i sortida d'un cable principal de baixa tensió. Així, en cas d'avaria d'un tram de cable subterrani de baixa tensió, es facilita la identificació i separació del tram avariats.
- Les derivacions de línies secundàries s'efectuen en caixes de distribució o en caixes de seccionament, en les quals s'ubiquen, si escau, fusibles de protecció d'un calibre adient, selectius amb els de capçalera.
- El conductor neutre està connectat a terra al llarg de la línia de baixa tensió, en els armaris de distribució, com a mínim cada 200 m, i en tots els finals, tant en les línies principals com en les seves derivacions.

3.5 Connexió a terra

Les posades a terra en les línies subterrànies de baixa tensió (BT) es realitzen a través del **conductor neutre**.

En el cas d'un centre de transformació (CT) amb **terres úniques**, és a dir, quan la resistència de la presa de terra única, R_t , multiplicada pel corrent de defecte a terra, I_d , que pugui presentar-se en cas de defecte de la instal·lació no sigui superior a 1.000 V ($R_t \cdot I_d \leq 1000 \text{ V}$), el **conductor neutre** de la xarxa de baixa tensió es pot **connectar a terra** en el mateix elèctrode de posada a terra del centre de transformació; i s'ha de complir, però, el que estableix el punt 7.7.4 de la MIE RAT 13.

Si el centre de transformació té **terres separades**, el **terra del neutre de la xarxa** ha de ser independent i l'elèctrode s'ha de situar a la distància resultant del càlcul específic, tal com indica el "Mètode de càlcul i projecte d'instal·lacions de posada a terra per a centres de transformació connectats a xarxes de tercera categoria (UNESA)".

En aquest cas, s'empra cable aïllat (RV-0, 6/1 kV), entubat i independent de la xarxa, amb seccions mínimes de coure de 50 mm^2 , unit a la platina del neutre del quadre de baixa tensió. Aquest conductor s'instal·la a una profunditat mínima de 60 cm, si bé es pot instal·lar en una de les rases de qualsevol de les línies de baixa tensió

D'altra banda, el **conductor neutre de cada línia** es connecta a terra al llarg de la xarxa en els **armaris de distribució**, com a mínim **cada 200 m**, i en tots els finals, tant de les xarxes principals com de les seves derivacions.

La **connexió a terra** d'aquests punts de la xarxa, tenint en compte els criteris exposats en aquesta unitat, es pot realitzar mitjançant **piquetes de 2 m d'acer-coure**, connectades amb **cable de coure nu** de 50 mm^2 i terminal a la platina del neutre.

Les piquetes es poden col·locar clavades a l'interior de la rasa dels cables de baixa

tensió. També es poden utilitzar elèctrodes formats per cable de coure, soterrat horitzontalment.

Un cop connectades totes les posades a terra, el valor de la **resistència de posada a terra general de la xarxa** de BT ha de ser inferior a 37Ω , d'acord amb el que estableix el Mètode de càlcul i projecte d'instal·lacions de posada a terra per a centres de transformació connectats a xarxes de tercera categoria.

En cas d'ampliar la xarxa de baixa tensió amb línies noves, el conductor neutre de la nova línia s'ha de connectar de la manera indicada, i es pot arribar a instal·lar en una de les rases de qualsevol de les línies de baixa tensió.

3.6 Sistemes de connexió del neutre i de les masses en xarxes de distribució

Els esquemes de distribució s'estableixen en funció de les connexions a terra de la xarxa de distribució o de l'alimentació, d'una banda, i de les masses de la instal·lació receptora, de l'altra.

La denominació es realitza amb un codi de lletres amb el significat següent:

- **Primera lletra:** es refereix a la situació de l'alimentació pel que fa a terra.
 - *T* = connexió directa d'un punt de l'alimentació a terra.
 - *I* = aïllament de totes les parts actives de l'alimentació pel que fa a terra o connexió d'un punt a terra a través d'una impedància.
- **Segona lletra:** es refereix a la situació de les masses de la instal·lació receptora respecte de terra.
 - *T* = masses connectades directament a terra, independentment de l'eventual posada a terra de l'alimentació.
 - *N* = masses connectades directament al punt de l'alimentació posat a terra (en corrent altern, aquest punt és normalment el punt neutre).
- **Altres lletres (eventuals):** es refereixen a la situació relativa del conductor neutre i del conductor de protecció, i per exemple:
 - *S* = les funcions de neutre i de protecció, assegurades per conductors separats.
 - *C* = les funcions de neutre i de protecció, combinades en un sol conductor (conductor CPN).

3.6.1 Esquema TN

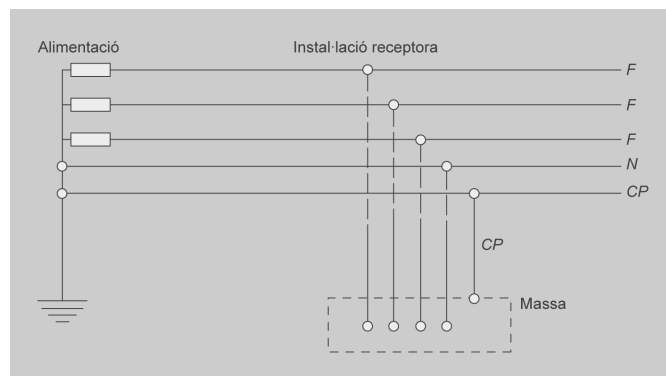
Els **esquemes TN** tenen un punt de l'alimentació, generalment el neutre o compensador, connectat directament a terra, i les masses de la instal·lació receptora connectades a aquest punt mitjançant conductors de protecció.

En els esquemes TN qualsevol intensitat de defecte franc fase-massa és una intensitat de curtcircuit. El bucle de defecte està constituït exclusivament per elements conductors metàl·lics.

Es distingeixen tres tipus d'esquemes TN segons la disposició relativa del conductor neutre i del conductor de protecció:

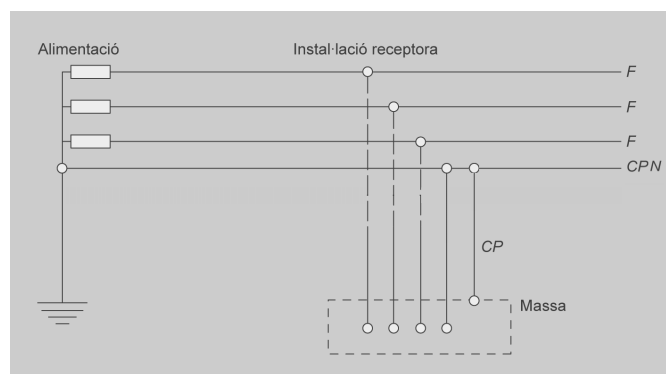
- **Esquema TN-S:** el conductor neutre i el de protecció són diferents en tot l'esquema (figura 3.7).

FIGURA 3.7. Esquema de distribució tipus TN-S

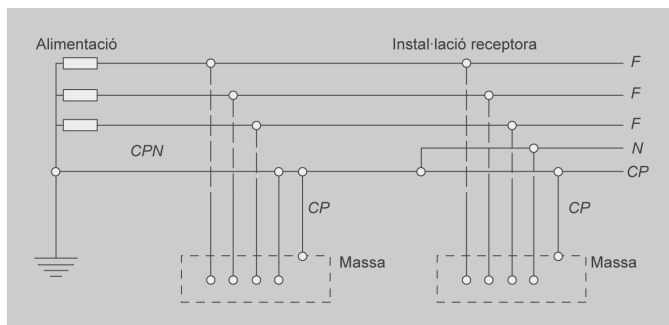


- **Esquema TN-C:** les funcions de neutre i protecció estan combinades en un sol conductor en tot l'esquema (figura 3.8).

FIGURA 3.8. Esquema de distribució tipus TN-C



- **Esquema TN-CS:** les funcions de neutre i protecció es combinen en un sol conductor en una part de l'esquema (figura 3.9).

FIGURA 3.9. Esquema de distribució tipus TN-CS

En relació amb l'**esquema TN** cal dir el següent:

- Requereix la instal·lació d'elèctrodes de terra a intervals regulars en tota la instal·lació.
- Requereix que la comprovació inicial del tret eficaç en produir el primer defecte d'aïllament es dugui a terme mitjançant càlculs durant la fase de disseny, seguits de mesuraments obligatoris per confirmar el tret durant la posada en marxa.
- Requereix que un instal·lador qualificat dissenyi i dugui a terme qualsevol modificació o ampliació.
- Pot causar, en cas de defectes d'aïllament, danys més greus als debanats de les màquines giratòries.
- Pot representar, en instal·lacions que presenten un risc d'incendi, un perill més gran a causa dels corrents de defecte màxims.

A més, l'**esquema TN-C** presenta les característiques següents:

- A primera vista pot semblar més econòmic (eliminació d'un pol de dispositiu i un conductor).
- Requereix l'ús de conductors fixos i rígids.
- Està prohibit en determinats casos:
 - Instal·lacions que presenten un risc d'incendi.
 - Equips informàtics (presència de corrents harmòniques en el conductor neutre).

Per la seva banda, l'**esquema TN-S** presenta les característiques següents:

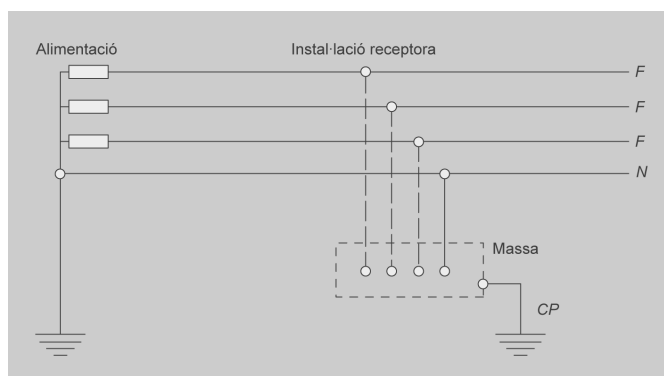
- Es pot utilitzar fins i tot amb conductors flexibles i conductes petits.
- A causa de la separació entre el neutre i el conductor de protecció, proporciona un PE net (per a sistemes informàtics i instal·lacions que presenten riscos especials).

3.6.2 Esquema TT

L'**esquema TT** té un punt d'alimentació, generalment el neutre o compensador, connectat directament a terra. Les masses de la instal·lació receptora estan connectades a una presa de terra separada de la presa de terra de l'alimentació.

En l'esquema TT (figura 3.10) les intensitats de defecte fase-massa o fase-terra poden tenir valors inferiors als de curtcircuit, però poden ser suficients per provocar l'aparició de tensions perilloses.

FIGURA 3.10. Esquema de distribució tipus TT



En general, el bucle de defecte inclou resistència de pas a terra en alguna part del circuit de defecte, la qual cosa no exclou la possibilitat de connexions elèctriques voluntàries o no, entre la zona de la presa de terra de les masses de la instal·lació i la de l'alimentació. Encara que ambdues preses de terra no siguin independents, l'esquema és encara un esquema TT si no es compleixen totes les condicions de l'esquema TN, dit amb altres paraules, no es tenen en compte les possibles connexions entre les dues zones de connexió a terra per determinar les condicions de protecció.

Pel que fa a les característiques de l'**esquema TT** cal dir el següent:

- És la solució més senzilla de dissenyar i d'instal·lar. S'utilitza en instal·lacions subministrades directament per la xarxa pública de distribució de baixa tensió.
- No requereix una supervisió contínua durant el funcionament (pot ser necessària la comprovació periòdica dels DDR).
- Garanteix la protecció per mitjà de dispositius especials, els dispositius de corrent diferencial (DDR), que també eviten el risc d'incendi quan estan regulats a ≤ 500 mA.
- Cada defecte d'aïllament provoca una interrupció del subministrament elèctric; però el tall es limita al circuit defectuós mitjançant la instal·lació

de DDR en sèrie (DDR selectius) o en paral·lel (selecció de circuit).

- Les càrregues o parts de la instal·lació que, durant el funcionament normal, provoquen corrents de fuga elevats requereixen mesures especials per evitar els trets intempestius, com ara crear un transformador de separació per a les càrregues o fer servir DDR específics.

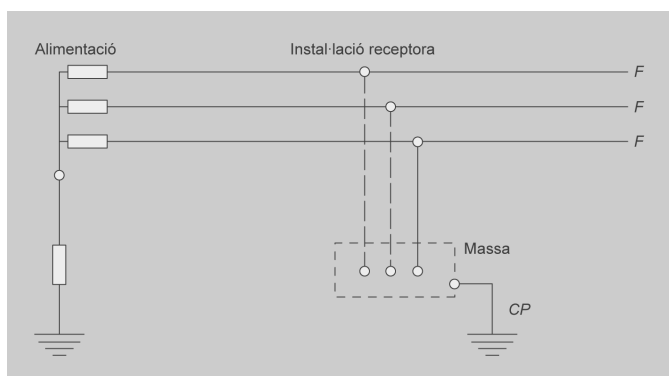
3.6.3 Esquema IT

En el tipus d'esquema IT es recomana no distribuir el neutre.

L'**esquema IT** no té cap punt de l'alimentació connectat directament a terra. Les masses de la instal·lació receptora estan posades directament a terra.

En l'esquema IT (figura 3.11), la intensitat resultant d'un primer defecte fase-massa o fase-terra té un valor prou reduït per no provocar l'aparició de tensions de contacte perilloses.

FIGURA 3.11. Esquema de distribució tipus IT



La limitació del valor de la intensitat resultant d'un primer defecte fase-massa o fase-terra s'obté bé a través de l'absència de connexió a terra en l'alimentació, bé per la inserció d'una impedància suficient entre un punt de l'alimentació (generalment el neutre) i el terra.

En el cas de l'**esquema IT**, les característiques principals són les següents:

- Es tracta d'una solució que ofereix la millor continuïtat de servei durant el funcionament.
- La indicació del primer defecte d'aïllament, seguida de la seva localització i eliminació obligatòries, assegura la prevenció sistemàtica dels talls del subministrament.
- S'utilitza en general en instal·lacions subministrades per un transformador privat de mitja tensió (MT) / baixa tensió (BT) o de baixa tensió (BT) / baixa tensió (BT).
- Requereix personal de manteniment per a la seva supervisió i explotació.

- Requereix un alt nivell d'aïllament de la xarxa (suposa la divisió de la xarxa si és molt extensa i l'ús de transformadors de separació de circuits per alimentar les càrregues amb corrents de fuga elevats).
- La comprovació del tret eficaç en produir dos defectes simultanis s'ha dur a terme mitjançant càlculs realitzats en la fase de disseny, seguits de mesures obligatòries durant la posada en marxa per a cada grup de parts conductores accessibles interconnectades.

3.6.4 Aplicació dels tipus d'esquemes TN, TT i IT

L'elecció d'un dels tres tipus d'esquemes s'ha de fer en funció de les característiques tècniques i econòmiques de cada instal·lació. No obstant això, cal tenir en compte els principis següents:

- A. Les xarxes de distribució pública de baixa tensió tenen un punt posat directament a terra per prescripció reglamentària. Aquest punt és el punt neutre de la xarxa. L'esquema de distribució per a instal·lacions receptores alimentades directament d'una xarxa de distribució pública de baixa tensió és l'esquema TT.
- B. En instal·lacions alimentades en baixa tensió, a partir d'un centre de transformació d'abonat, es pot triar qualsevol dels tres esquemes esmentats.
- C. No obstant el que es diu a l'apartat A, es pot establir un esquema IT en part o parts d'una instal·lació alimentada directament d'una xarxa de distribució pública mitjançant l'ús de transformadors adequats, en el secundari i en la part de la instal·lació afectada que estableixin les disposicions anteriors.

4. Operacions de muntatge i manteniment de xarxes subterrànies de baixa tensió

En aquesta unitat podreu treballar i veure els diferents documents, eines, equips de protecció, instruments que un electricista ha de conèixer per a un bon desenvolupament de treball.

D'altra banda, podreu observar els diferents procediments habituals d'excavació, col·locació de tubs i condicionament de rases segons la normativa actual, en el seu procedir es donen les pautes mínimes de muntatge d'una instal·lació de baixa tensió en xarxes soterrades, així com també els procediments en l'estesa dels cables, col·locació de sabates, tècniques de connexió i empalmaments de conductors. No oblidem, també, la posada a terra i la continuïtat del conductor del neutre.

Per finalitzar, podreu veure també els diferents plans de manteniment més coneguts i les avaries que es poden presentar.

4.1 Documentació administrativa associada

Tot projecte ha d'aportar la documentació mínima següent:

- **Memòria,**
- **Plànols,**
- **Pressupost.**

Tot seguit explicarem en detall cadascuna de les parts esmentades.

4.1.1 Memòria

En la **memòria** s'ha de justificar la finalitat de la instal·lació, per a la qual cosa se n'ha de raonar la necessitat o conveniència de l'objectiu final (enllaç, nou subministrament, etc.). A continuació, cal descriure el traçat de la línia, que s'ha de procurar que passi per un terreny de domini públic, i la longitud total de la línia.

La memòria ha de donar com a **dades elèctriques**: la potència per transportar, la caiguda de tensió i la intensitat de curtcircuit. No cal que descrigui els elements constructius ni que inclogui els càlculs elèctrics ni els mecànics, però ha de fer constar que el disseny s'ajusta al projecte tipus present.

Sí que ha d'incloure una relació en el cas que hi hagi encreuaments i en els paral·lelismes, amb les dades necessàries per localitzar-los i per identificar-ne el propietari, l'entitat o l'organisme afectat.

4.1.2 Plànols

A cada projecte, s'han d'adjuntar els plànols específics que s'indiquen en els apartats següents:

- **Plànol de situació**: a escala suficient perquè l'emplaçament de la línia sigui perfectament identificable.
- **Plànol de planta**: en el cas de la xarxa subterrània de baixa tensió ha de ser a escala mínima 2.000 i s'hi han de reflectir els detalls següents:
 - Tipus, secció, nombre de conductors i nombre de circuits en cada tram de la xarxa.
 - En les urbanitzacions, les parcel·les que s'alimenten de cada armari o centralització, així com la seva numeració, si escau, la potència prevista, la caiguda de tensió en cadascuna d'elles i els punts de mínima tensió.
 - En els polígons, cada bloc ha de tenir indicat el nombre d'habitatges per escala i la seva ubicació, així com la posició normal de servei
- **Altres plànols**: igual que en la memòria, no cal incloure plans de detalls de rases, atès que són els corresponents al projecte tipus present, tret que les rases siguin de dimensions especials, cosa que s'haurà de justificar prèviament en la memòria.

Cal incloure plànol del tipus específic de l'enllaç amb la línia aèria de BT en cas que es produeixi l'ocupació.

UC

UC significa *Unitat Constructiva*, i és el terme que s'utilitza a l'hora d'elaborar un pressupost.

4.1.3 Pressupost

El pressupost ha de constar dels apartats següents:

- **Estat de mesuraments:** relació que especifiqui la quantitat de cadascuna de les diferents unitats que componen la totalitat de la mà d'obra.
- **Preus unitaris:** es relacionen les diferents UC que integren la mà de obra, i s'indica el preu unitari de cadascuna d'elles vigent en el moment de l'execució.
- **Pressupost general:** s'obté d'aplicar a cada unitat que intervé en l'execució del projecte el valor que figuri en l'estat dels mesuraments, i d'incrementar-hi al final els altres conceptes, com ara despeses generals, benefici industrial, etc., segons els percentatges legalment vigents.

A més del **pressupost general** s'hi han d'incloure els **pressupostos individuals** de les partides d'obra sotmeses a intervenció d'altres organismes afectats.

4.2 Eines, equips de protecció i instrumentació específica

En aquest apartat trobareu les diverses eines que un electricista utilitzarà en un moment determinat: treballarà segons l'RD 773/1997 amb la utilització dels equips de protecció individual, com també els diferents instruments específics en els quals podrà analitzar i comprovar les diferents xarxes elèctriques en la seva vida professional.

4.2.1 Equip de protecció individual (EPI)

D'acord amb el Reial decret 773/1997, s'entén per **Equip de Protecció Individual (EPI)** qualsevol equip destinat a ser portat o subjectat pel treballador perquè el protegeixi d'un risc o de diversos que puguin amenaçar la seguretat o la salut del treballador, així com qualsevol complement o accessori destinat a aquesta mateixa finalitat.

La roba de treball corrent i els uniformes que no estiguin específicament destinats a protegir la salut o la integritat física del treballador no formen part de l'EPI.

Es considera que la roba de treball és un EPI quan protegeix la salut o la seguretat del treballador davant d'un risc avaluat. En aquest sentit, són part de l'equip de protecció individual els elements següents:

- Protectors del cap.
- Protectors dels ulls i de la Cara.
- Protectors de mans i braços.
- Protectors de ceus i de cames.

- Protecció del total de cos.
- **Protectors del cap** En destaquem:
 - Cascos de seguretat (figura 4.1).

FIGURA 4.1. Casc de seguretat



- **Protectors dels ulls i de la cara.** En destaquem:
 - Pantalles facials (figura 4.2).

FIGURA 4.2. Pantalla facial



- **Protectors de mans i braços.** En destaquem els següents:
 - Guants contra les agressions d'origen tèrmic. (figura 4.3)
 - Guants contra les agressions d'origen elèctric. (figura 4.4)
 - Guants contra les agressions mecàniques (perforacions, talls, vibracions)
 - Maneguets i mànigues.

FIGURA 4.3. Guants contra agressions d'origen tèrmic**FIGURA 4.4.** Guants contra les agressions d'origen elèctric

- **Protectors de peus i de cames.** En destaquem:
 - Calçat de seguretat.
 - Calçat de protecció.
 - Calçat de protecció davant l'electricitat.
- **Protecció total del cos.** En destaquem:
 - Equips de protecció contra les caigudes d'alçada.
 - Dispositius anticaiguda lliscants.
 - Arnesos.
 - Dispositius anticaiguda amb amortidor.
 - Roba i accessoris (braçalets, guants) de senyalització (retroreflectants, fluorescents).

D'acord amb la definició de què és un equip de protecció individual (EPI), per tenir aquesta condició cal fer les consideracions següents:

- L'EPI no té com a finalitat realitzar una tasca o activitat sinó protegir dels riscos que la tasca o activitat presenta. Per tant, no tenen la consideració

Una banqueta aïllant no pot ser considerada, per exemple, un EPI.

d'EPI, segons el que estableix el Reial decret 773/1997, les eines o els útils, encara que estiguin dissenyats per protegir contra un determinat risc (eines elèctriques aïllants, etc.).

- L'EPI ha de ser portat o subjectat pel treballador i utilitzat de la forma prevista pel fabricant.
- L'EPI ha de ser element de protecció per a la persona que l'utilitza, no per a la protecció de productes o persones alienes. D'acord amb això hi ha peces utilitzades per a la protecció d'aliments o bé per evitar contagis a les persones que no tenen consideració d'EPI, com, per exemple, els elements utilitzats pels manipuladors d'aliments o els utilitzats en determinats sectors sanitaris.
- Els complements o accessoris la utilització dels quals sigui indispensable per al funcionament correcte de l'equip i que contribueixen a assegurar l'eficàcia protectora del conjunt, també tenen la consideració d'EPI.

Un cas il·lustratiu: l'arnès anticaiguda

En el cas, per exemple, de les caigudes d'alçada, l'equip fonamental de protecció és l'arnès anticaiguda. No obstant això, perquè aquest equip ofereixi una protecció adequada, és necessari complementar-lo amb un element d'amarratge adequat i, fins i tot, si escau, amb un absorbidor d'energia. Aquests dispositius complementaris també són EPI i tant l'arnès anticaiguda com els elements d'amarratge s'han d'utilitzar conjuntament. Per tant, quan s'utilitzen accessoris o complements, si aquests són indispensables per al funcionament eficaç de l'EPI, s'ha de procedir de la mateixa manera que si es tractés d'un EPI.

Tot **equip de protecció individual** ha de complir els requisits establerts per a la seva comercialització i així ha de complir unes condicions d'homologació, certificació, etc., les quals es recullen en les corresponents normatives europees. Fonamentalment hem d'observar que l'EPI tingui:

- La categoria i el marcatge CE

La categoria indica els riscos davant dels quals ens protegeix: riscos menors, generals o mortals.

4.2.2 Eines de mà bàsiques

Tot seguit, es presenten les diverses eines que un electricista tindrà a les mans en més d'una ocasió per donar solució a una avaria, una incidència, o qualsevol altre treball relacionat en el seu camp professional.

Punxons

Eines fabricades d'acer dur rematades en punta (excepte el passador) i amb diverses formes en funció de la seva utilització.

El **punxó de centrar** té la punta emmotllada amb precisió, concèntrica amb la tija (angle induït 60°).

S'utilitza per marcar el lloc en què s'ha de fer un forat, d'aquesta manera s'evita que el trepant tingui trepidacions o es balancegi en efectuar aquesta operació.

Com alçaprens vol dir com a palanca, falca o gat.

Tornavisos

Dissenyats exclusivament per afloixar o estrènyer cargols, és probablement l'eina més utilitzada. Consta de tres parts: mànec, fil i fulla (figura 4.5).

FIGURA 4.5. Tornavís



Imatge: fixedgear a <http://goo.gl/Beave>

En el tornavís s'hi poden diferenciar aquestes parts:

- **El mànec** és estriat, per afavorir l'adherència, i té l'extrem arrodonit. No ha de ser copejat, ja que es s'esquerdarà o prendrà la forma de fong. (En el document publicat per l'SPM hi ha un error i diu que el mànec ha d'estar "rasurat per afavorir l'amarratge".)
- **El fil** és d'acer i normalment de secció cilíndrica, amb un tipus de secció quadrada o proveït d'una virolla hexagonal que permet utilitzar una clau i augmentar el parell d'arrossegament. (Per a aquesta finalitat mai no s'ha d'utilitzar unes alicates.)
- **La boca:** presenta diverses formes, segons els tipus de cargols que hi ha al mercat. És d'acer temperat, per evitar el desgast, i com més dur és el tremp, més perill hi ha que es trenqui quan s'hi fa força en els casos en què el tornavís s'empra com a alçaprem.

Hi ha dos tipus de tornavisos:

- **Tornavís d'estrella:** són més segurs d'utilitzar que els del tipus normal, atès que ofereixen:
 - Menor tendència a relliscar.
 - Distribució de la pressió més uniforme (i menor desgast).

- **Tornavís descentrat:** s'utilitza quan l'espai no és suficient per treballar amb un tornavís recte comú. Té un full forjat en línia amb la tija o també un de forjat en angle recte (perpendicular).

Les alicates sovint es consideren una eina universal.

Alicates

Són instruments metàl·lics compostos de dos braços travats per un pern. Tenen diferents usos i formes, i poden presentar en les mandíbules mordasses planes amb una petita concavitat i amb tall.

Hi ha diferents tipus d'alicates:

- **Alicates de puntes:** molt usades per donar forma a cables i xapes fines de metall (figura 4.6), poden ser de puntes rodones, planes o corbades.

FIGURA 4.6. Alicates de puntes



Imatge: CosmoCAX a <http://goo.gl/J2Yj2>

- **Alicates de tall:** amb tall frontal, inclinat o lateral, segons les necessitats del treball i tipus de material usat (figura 4.7).

FIGURA 4.7. Alicates de tall



Imatge: CosmoCAX a <http://goo.gl/inD7Y>

- **Alicates universals:** alicates d'ús més corrent (figura 4.8). Serveixen per tallar, doblegar, subjectar, etc.

FIGURA 4.8. Alicates universals



Imatge: CosmoCAX a <http://goo.gl/PLo2y>

Tenalles

Són instruments metàl·lics compostos de dos traços travats per un pern i s'empren per tallar filferros, perns, fleixos, etc. Les mordasses de tall tenen la duresa especificada pel fabricant per a la classe de material que hagin de tallar i exigeixen lubricació freqüent.

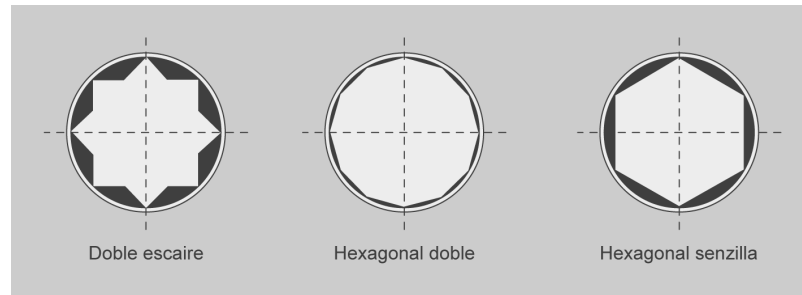
- **Tenalles de tall per a filferro i perns:** en els talls s'ha d'aplicar la força formant angle recte amb el filferro o peça que es vulgui tallar i s'ha de girar cap amunt i cap avall.

Claus de torsió

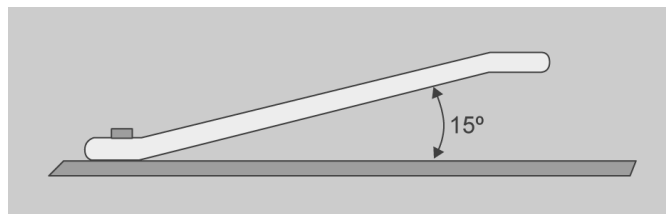
La gran varietat de claus utilitzades per girar femelles, perns i accessoris de muntatge indica la importància de conèixer la finalitat i les limitacions de cada tipus, entre els quals cal esmentar els següents:

- **Claus de casquet i de tub:** resulten adequades quan cal exercir prou força i la fiabilitat és un factor important. Les claus de casquet i de tub envolten completament la femella i l'agafen per totes les cantonades, en lloc de les dues que queden subjectes amb una clau de boca, de manera que no rellisquen lateralment i, així, s'elimina el perill d'obertura de les boques. Se subministren amb tres classes d'obertures (figura 4.9):

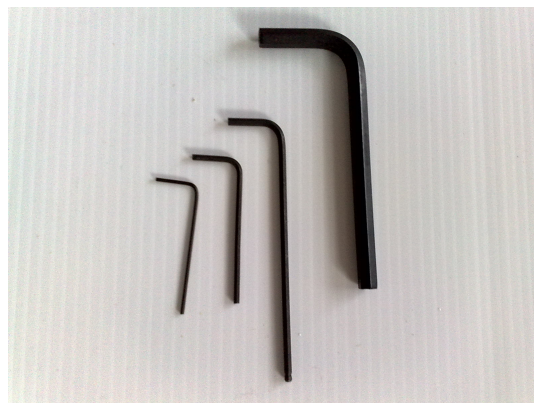
- Doble esquadra
- Hexagonal doble
- Hexagonal senzilla

FIGURA 4.9. Obertures de claus de casquet i de tub

- **Claus de cub** (figura 4.10): el cub envolta per complet la femella o el cap del pern, i presenta dotze osques (disposades en cercle), cosa que permet afliurar o estrènyer contínuament la femella amb un moviment mínim del mànec. La característica principal d'aquesta clau és la impossibilitat de desfer-se de la rosca. Es fabriquen rectes i també amb un angle de 15° entre pla de cap i mànec, cosa que permet allotjar la mà de l'operari.

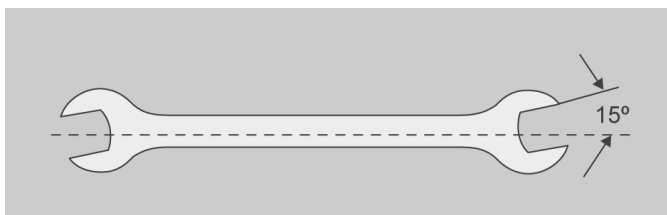
FIGURA 4.10. Claus de cub

- **Clau allen:** especial per a cargols embotits, el cap presenta l'empremta corresponent (figura 4.11).

FIGURA 4.11. Clau allen

Imatge: newmanfactory a <http://goo.gl/GNLOY>

- **Claus de boca:** claus de mida proporcional a l'obertura de la boca, només s'utilitzen claus fixes de dimensió adequada a la feina que s'ha de fer, poden relliscar si no encaixen degudament (figura 4.12).

FIGURA 4.12. Clau de boca

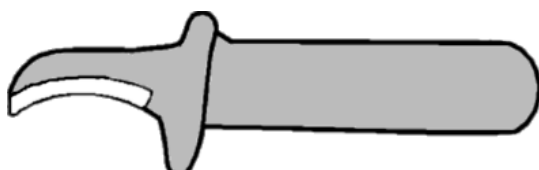
Característiques de les claus de boca

Les **claus de boca** tenen el cap i l'obertura en angle amb el cos, angle que generalment és de 15° i de vegades de 22,5°, cosa que permet treballar en llocs reduïts simplement girant la clau (es redueix l'arc mínim per al gir a 30°, la meitat del que es necessitaria si la clau fos recta).

Com a regla general s'ha de girar la clau en lloc d'empènyer, si es deixa anar sobtadament l'operari pot lesionar-se. Si no hi ha més remei que empènyer la clau, la mà romandrà oberta per a no escorxar els artells.

Ganivets

Instrument format per un full de ferro acerat i d'un tall només, amb mànec de metall, fusta o altre material. Es fabrica de diverses mides, segons els usos a què es destini (figura 4.13).

FIGURA 4.13. Ganivet

4.2.3 Accessoris i equips

Les eines més rellevants son:

- Bossa portaeines
- Maneta protegida aïllant per manipular fusibles BT
- Discriminador bipolar de tensioactius i detector de seqüència de fases

Bossa portaeines. La bossa portaeines cilíndrica està confeccionada amb teixit de lona amb reforços de cuir i té una nansa per transportar-la i penjar-la. S'aplica en qualsevol treball en què hi pugui haver perill de caiguda d'eines. Durant el treball pot romandre penjada en un punt fix, a l'abast del treballador. S'ha de netejar i guardar en llocs protegits contra la brutícia, la pols i les fonts de calor.

Maneta protegida aïllant per manipular fusibles BT: encara que no és una eina aïllada, en aquest apartat tractarem d'aquesta eina per extraure i col·locar fusibles



Bossa portaeines

BT, ja que cobreix els riscos associats al pas de corrent i els derivats de l'arc elèctric en BT (figura 4.14).

FIGURA 4.14. Maneta protegida aïllant per manipular fusibles BT



L'eina està constituïda per una mànega i una pinça, totes dues de material aïllant i unides sòlidament. La pinça està dissenyada per extreure i col·locar fusibles de fulles. Aquesta pinça és de funcionament automàtic i el seu mecanisme s'acciona manualment

La **maneta protegida aïllant** s'utilitza obligatòriament en l'extracció i la col·locació de fusibles de BT, en els quadres de distribució, centres de transformació, serveis auxiliars, caixes d'escomeses i derivació. S'encaixa el fusible en els buits de la pinça extractora i s'acciona el mecanisme de subjecció, per empresonada. S'ha de netejar la pinça de qualsevol matèria estranya i s'ha de tenir cura que el conjunt no presenti esquerdes i es mantingui sòlidament unit.

Discriminador bipolar de tensió i detector de seqüència de fases: senyalització de les tensions mitjançant díodes electroluminescents, simultàniament amb el so emès per un brunzidor piezoelèctric. Pot tenir un "test" de neó que duplica el senyal per evitar possibles errors. Se subministra amb pinces de "cocodril" i un estoig per guardar-lo (figura 4.15).

FIGURA 4.15. Discriminador bipolar de tensió i detector de seqüència de fases



El discriminador bipolar de tensió i detector de seqüència de fases és d'ús obligatori en les instal·lacions elèctriques de BT per dur a terme les tasques següents:

- **Verificar l'absència o la presència de tensió (50/110/220/380 V).** Quan s'ha de verificar l'absència o la presència de tensió, les puntes de contacte dels borns 1 i 2 (cables groc i verd) s'han de connectar. Cal que es connecti sempre en primer lloc el cable de massa o neutre, i en segon lloc el de tensió. Si el díode o nivell de díodes corresponents s'encén, cosa que confirma un senyal sonor, indica la presència de tensió. Primer de tot s'ha de desconnectar el cable de tensió i després el de massa o neutre.
- **Identificar la fase/neutre.** Per identificar la fase/neutre, en el **model MS-703**, l'indicador de neó Ph/N s'il·lumina quan es posa en contacte amb una fase la punta de color verd de la presa 1, i el born de terra està en contacte amb una massa o amb l'usuari. En el **model TAG-100**, es poden utilitzar al mateix temps els borns 2 (groc) i 3 (marró) o l'1 (verd) i 3 (marró). S'ha de posar la punta de contacte 1 o 2 sobre el conductor per verificar i la 3 sobre un conductor de terra. Si el visor Ph/N s'il·lumina, es tracta d'una fase. Si roman apagat, és el neutre.
- **Comprovar el sentit de rotació de les fases (220/380 V).** Per comprovar el sentit de rotació de les fases s'han d'utilitzar les **pines de cocodril**. Cal assegurar-se prèviament de la presència de tensió en les tres línies, per a la qual cosa s'han d'emprar les puntes de contacte 1 i 2. Posteriorment es connecta la tercera punta de contacte del born 3. Si el díode o el visor s'encén, la rotació de les fases té lloc en el sentit horari. Si roman apagat, el sentit és l'invers.

Instruccions d'ús del discriminador bipolar de tensió

A l'hora de **manipular** el discriminador bipolar de tensió i detector de seqüència de fases, l'usuari ha d'estar equipat amb guants aïllants de classe 00 i utilitzar estoreta aïllant.

Per a la seva **conservació**, recordeu que el discriminador bipolar de tensió i detector de seqüència de fases en el seu conjunt s'ha de mantenir dins de l'estoig de guarda previst per a aquesta finalitat, i s'ha de procurar evitar que s'hi produeixin cops i deformacions, així com exposar-lo a la humitat, la brutícia i la pols.

4.3 Procediments d'excavació, col·locació de tubs i condicionament de rases

Abans de començar els treballs, en cas que hagi estat possible conèixer les connexions d'altres serveis en les finques construïdes, cal indicar-ne les situacions respectives per tal de prendre les precaucions que calgui.

Prèviament a procedir a l'**obertura de les rases**, cal **obrir cates** de reconeixement per tal de confirmar o rectificar el traçat previst, que ha de ser **el més rectilini possible i paral·lel** en tota la seva longitud a les voreres o les façanes d'edificis. A més, en el traçat de les rases, cal tenir en compte el radi mínim que cal deixar en la corba d'acord amb la secció del conductor o els conductors que hagin de ser canalitzats.

Cal estudiar la senyalització de les obres d'acord amb les normes municipals, i determinar aquelles proteccions de seguretat viària que es requereixen en el cas de la rasa, així com establir els passos que són necessaris per tal de poder accedir als portals, els habitatges, els comerços, els garatges, etc., i la quantitat de xapes de ferro que cal posar a sobre de la rasa per facilitar el pas dels vehicles.

4.3.1 Demolició de paviments

La demolició de paviments s'ha de fer en una amplitud que estigui d'acord amb el projecte i en funció dels cables que s'han d'instal·lar, i s'han d'utilitzar els mitjans manuals o mecànics necessaris.

Per evitar la contaminació acústica cal –com manifesten els organismes municipals– utilitzar compressors insonoritzats.

Quan s'utilitzin mitjans mecànics en la demolició, l'excés de demolició que es produeixi per aquest motiu no s'ha de tenir en compte a l'hora de fer el mesurament, i ha de passar a considerar-se com a demolició real la prevista en el projecte inicial.

En el cas de calçades amb morter asfàltic o formigons en massa, però, s'ha de fer prèviament un tall amb disc a tot l'ample, que s'ha de reposar, independentment del que correspongui a la rasa tipus.

4.3.2 Obertura de rases

Abans de l'inici de l'obra, el director de l'obra ha d'obtenir de les empreses de serveis l'afectació que la traça indicada en el plànol d'obra té sobre les seves instal·lacions. L'encarregat de l'obra, per part del contractista, ha de conèixer les adreces i els telèfons d'aquestes empreses per tal de poder comunicar-s'hi en cas de necessitat.

Un cop complerts aquests requisits, l'obra s'inicia efectuant **cates de prova** cada 6 o 8 m, a fi de comprovar els serveis que hi ha i determinar la millor ubicació per a l'estesa. En marcar el traçat de rases s'ha de tenir en compte el radi mínim de curvatura que cal respectar en els canvis de direcció.

Així mateix, s'han de deixar “ponts” cada 10 m com a apuntalaments naturals per evitar desprendiments de terres i caiguda del paviment (sobretot si plou). Alhora

Qualsevol dany ocasionat a tercers és imputable a l'empresa que executa els treballs.

s'han de comprovar els encreuaments que s'utilitzaran, en el cas que s'hagin d'emprar, i se n'han de poder constatar la viabilitat.

En el cas de **construcció de tubulars noves**, s'ha de procedir a fer-les per carrils de circulació, obrint-los i tapant-los successivament, fins a l'últim, en què es col·loquen els tubs i el formigó i es continua amb els trams anteriors.

Quan el caràcter del trànsit rodat permeti la col·locació de planxes de ferro adequades, no s'ha de tapar la rasa oberta, però s'ha de tenir la precaució de fixar-les sobre el pis mitjançant elements apropiats.

Sempre que es pugui s'ha d'utilitzar l'excavació amb màquina. Les rases s'excaven fins a la profunditat establerta en el projecte, es posen apuntalaments en el cas que la naturalesa del terreny ho faci necessari. En alguns municipis és obligatòria retirar diàriament les terres. La rasa ha d'estar tancada a banda i banda amb tanques metàl·liques sense solució de continuïtat i en ordre d'alineació acurat.

El **fons de la rasa** ha d'estar en terreny ferm per evitar esllavissaments en profunditat que sotmetrien els cables a esforços per estirament. S'ha de procurar deixar, si és possible, **un pas de 0,50 m** entre la rasa i les terres extretes, per tal de facilitar la circulació del personal de l'obra i evitar que caigui en la rasa. Les terres s'han de mantenir netes de runes. La **longitud màxima** de les rases en un sol tall és aquella que les normes municipals permetin.

Durant l'execució dels treballs a la via pública s'han de deixar els passos suficients per a vehicles i vianants, així com expedit els accessos a edificis, comerços o garatges. Les excavacions o els obstacles s'han de senyalitzar adequadament segons el que prescriuen les ordenances municipals.

4.3.3 Construcció de canalitzacions en calçada

Quan per raons degudament justificades no sigui possible l'estesa dels cables directament soterrats a les voreres, s'ha de procedir a construir la canalització a la calçada segons les dimensions que s'indiquen en el projecte. Els casos més freqüents es donen quan les voreres estan saturades de serveis, propis o aliens.

Les rases que s'han de construir han de ser paral·leles a la línia de vorera i a una distància de 60 cm, la qual es reserva per evitar els claveguerons de recollida d'aigües i construccions futures.

Sempre que la **profunditat de la rasa** sota calçada sigui inferior a **90 cm**, s'han d'utilitzar **xapes de ferro** o altres dispositius que garanteixin la resistència mecànica equivalent.

L'obertura de rases es pot fer a mà, a màquina o de manera mixta.

Si amb motiu de les obres d'obertura de la rasa...

...apareixen instal·lacions d'altres serveis, s'han de prendre les precaucions que calgui per no danyar-les, en acabar els treballs s'han de deixar en les condicions que es trobaven primitivament, i s'ha de respectar tot allò que ordena el capítol d'encreuaments i paral·lelismes.

4.3.4 Canalitzacions entubades

Les canalitzacions entubades s'efectuen en els casos que es descriuen tot seguit i en aquells en què la solució normal de cable soterrat no és l'aconsellada. En els trams rectes, per facilitar l'estesa, s'han de deixar cates obertes cada 40 o 50 m, segons el tipus de cable, d'una longitud mínima de 2 m; en aquestes cates s'interromp la continuïtat de la canonada (figura 4.16).

Un cop estès el cable, les cates es tapen de la mateixa manera que les rases. En els canvis de direcció s'han de col·locar arquetes prefabricades de formigó o se n'han de construir de maó, i les seves dimensions han de ser les necessàries perquè el radi de curvatura d'estesa sigui com a mínim vint vegades el diàmetre exterior del cable. No s'admeten angles inferiors a 90°, els quals, tot i així, s'han de limitar als indispensables.

FIGURA 4.16. Una serie de canalitzacions entubades



La col·locació de tubs en sec s'ha de fer, principalment, en els llocs que afectin l'accés a garatges i a determinats immobles, o quan per raons de seguretat en llocs de trànsit rodat o de circulació de vianants no interressi tenir rases obertes.

Els tubs utilitzats han de ser de polietilè, i el seu diàmetre, que ve donat en el projecte, no ha de ser inferior a PN 140 mm. En els casos en què sigui necessari, i amb l'autorització del tècnic responsable, aquesta mida es pot variar.

Construcció de tubulars formigonades: en els casos d'encreuaments de calçades i en llocs d'accés a garatges de vehicles de gran tonatge s'ha de procedir a construir tubulars formigonades.

El perfil o el prisma de la tubular ha de ser el que vingui determinat en les solucions constructives corresponents definides en el projecte. En el cas d'encreuaments de

calçades s'ha de deixar un tub lliure de reserva per a possibles ampliacions.

La **rasa per a tubulars** ha d'estar oberta en la seva totalitat per tal de poder donar-hi un lleuger pendent que eviti l'acumulació d'aigua a l'interior dels tubs, al mateix temps que se n'ha de comprovar la viabilitat.

Els tubs queden segellats amb escumes expansibles impermeables i ignífugues.

Els tubs han de disposar d'acoblaments que evitin la possibilitat que es produeixin fregaments interns contra les vores durant l'estesa. A més, s'han d'acoblar tenint en compte el sentit de tir dels cables. El **bloqueig dels tubs** s'ha de dur a terme amb formigó de resistència H-100 quan provingui de planta o amb una dosificació del ciment de 200 kg/m³ quan es faci a peu d'obra, per tal d'evitar que la beurada s'introdueixi a l'interior dels tubs pels acoblaments.

Acabada la tubular, s'ha de procedir netejar l'interior tot fent passar una esfera metàl·lica de diàmetre lleugerament inferior al d'aquells, amb moviment de vaivé, per eliminar les possibles filtracions de ciment; posteriorment, de forma similar, s'ha de passar un escovilló o bossa de draps per escombrar els residus que hi puguin quedar.

El formigó de la tubular no ha d'arribar fins al paviment de rodament, ja que facilita la transmissió de vibracions i, sempre que es pugui evitar, ha d'intercalar una capa de terra o de sorra que faci d'amortidor.

4.3.5 Canalitzacions mixtes MT/BT

Quan simultàniament s'han d'instal·lar cables d'MT i BT pel mateix traçat, s'ha de construir una canalització de característiques tals que permeti la ubicació de tots dos serveis. En els plànols constructius s'han d'haver desenvolupat les diferents combinacions fins a un màxim de dos circuits d'MT i dos circuits de BT, amb ampliacions de fins a quatre circuits de BT.

Per a condicionants administratius dels organismes competents, per la impossibilitat simultània de la línia del circuit de BT amb el d'MT, o per altres motius que el tècnic de l'obra consideri necessaris, es poden instal·lar, en una 1a fase, tubs en el terreny per a l'estesa posterior dels cables.

4.3.6 Canalitzacions per a serveis auxiliars

En algunes ocasions es fa necessari la col·locació en la rasa de tubs de reserva per a serveis futurs amb destinació a telecomunicacions o serveis generals d'una altra índole.

Els tubs han de ser de polietilè, han de tenir un diàmetre de 63 mm, i s'han

de soterrar a una profunditat de 60 cm. En els canvis de direcció pronunciats, superiors a 60°, i en els trams rectes superiors a 100 m, s'han de fer arquetes de registre per facilitar l'estesa posterior dels conductors.

4.4 Fases de muntatge d'una instal·lació de xarxa subterrània de baixa tensió

Les fases de muntatge en el cas d'una instal·lació de xarxa subterrània de BT són les següents:

- Realitzar l'obertura de rases per mitjans manuals o amb l'ajut de maquinària.
- A continuació, procedir a posar un llit de sorra al llarg de tota la rasa i a retirar qualsevol material que pugui danyar els tubs que s'han d'instal·lar.
- Col·locar les canalitzacions previstes en el projecte, per la qual cosa cal complir tot el que s'indica sobre això a la ITC-BT-07 apartat 2.1.2. Quan per necessitat de la instal·lació la línia que s'està fent tingui encreuaments o paral·lelismes amb altres instal·lacions, s'han de guardar les distàncies que estableix la mateixa ITC-BT-07. Els tubs poden anar col·locats en un, dos o tres plans.
- A continuació, posar una altra capa de sorra amb un gruix de 0,10 m per sobre dels tubs, envoltant-los completament. Col·locar també una cinta de senyalització de color groc ataronjat o placa de PVC rígida que adverteixi de l'existència de cables. La seva distància mínima a terra ha de ser de 25 cm, i pel que fa a la part superior de la canalització, de 25 cm. S'ha de procedir al farciment de la rasa, i s'ha de deixar el ferm i el gruix del paviment, per a aquest emplenat s'ha d'utilitzar terra procedent de l'excavació i terra de préstec. Cal tenir previstes arquetes per als cables o punts d'accés a la xarxa de BT a la d'escomesa, derivacions i entroncaments, i en els altres punts que siguin necessaris per fer possible l'estesa i la substitució dels cables.
- Procedir a fer l'estesa de conductors, normalment per procediments mecànics, excepte quan es tracti de petites longituds.
- Una vegada allotjats els conductors a l'interior dels tubs, procedir a connectar-los.
- Reconstruir el paviment deteriorat, si escau.

4.5 Procediment d'estesa de cables i col·locació en safates

La càrrega i descàrrega, sobre camions o remolcs apropiats, s'ha de fer sempre mitjançant una **barra adequada** que passi per l'**orifici central de la bobina**. En

Les bobines no s'han d'emmagatzemar sobre un sòl tou.

cap cas es pot retenir la bobina amb corda, cables o cadenes que abracin la bobina i es recolzin sobre la capa exterior del cable enrotllat; així mateix no es pot deixar caure la bobina a terra des d'un camió o remolc.

El **radi de curvatura** del cable ha de ser sempre **superior a vint vegades** el seu diàmetre durant la seva estesa i **superior a deu vegades** el seu diàmetre un cop instal·lat. En cap cas, el radi de curvatura del cable ha de ser inferior als valors indicats a les normes UNE corresponents relatives a cada tipus de cable. Quan la temperatura ambient sigui inferior a 0°C, no es permet fer l'estesa del cable, a causa de la rigidesa que pren l'aïllament.

Hi ha una sèrie de circumstàncies i recomanacions que cal tenir presents a l'hora de fer **l'estesa**:

- Quan la **bobina es desplaci per terra**, rodant, cal fixar-se en el sentit de rotació, generalment indicat amb una fletxa, per tal d'evitar que s'hi afluixi el cable enrotllat.
- Abans de començar l'estesa del cable, s'ha d'**estudiar el lloc més adequat** per posar la bobina per tal de facilitar l'estesa.
- Quan **el sòl fa pendent**, és preferible realitzar l'estesa en sentit descendent.
- Per fer l'estesa, **la bobina ha d'estar sempre elevada** i ha de romandre subjecta amb barra i gats adequats al seu pes i dispositius de frenada.
- Els cables han de ser sempre desenrotllats i posats en el seu lloc amb la major cura possible, **tot evitant que pateixin torsió**, facin bucles, etc.
- Quan els cables s'estenguin a mà els operaris han d'estar distribuïts d'una manera uniforme al llarg de la rasa, han d'estar proveïts d'un sistema d'intercomunicació i han de ser especialistes en aquest tipus de treballs.
- També es pot fer l'estesa mitjançant cabrestants, tirant de l'extrem del cable al qual se li ha d'adaptar un cap apropiat; l'esforç de tracció per mil·límetre quadrat de conductor no ha de passar de l'indicat pel fabricant.
- És imprescindible col·locar dinamòmetres per mesurar aquesta tracció, el personal, igual que en el punt anterior, ha d'estar ensinistrat i equipat per poder reaccionar davant les anomalies de la línia que puguin sorgir.
- L'estesa s'ha de fer obligatòriament per corrons, que poden girar lliurement, i han d'estar construïts de manera que no danyin el cable.
- Durant l'estesa s'han de prendre precaucions per evitar que el cable no pateixi esforços importants, cops ni rascades.
- No es permet desplaçar lateralment el cable per mitjà de palanques o altres eines; s'ha de fer sempre a mà.
- Només de manera excepcional és permès desenrotllar el cable fora de la rasa i sempre sota la vigilància del director d'obra.

- Quan dos cables que es canalitzin hagin de ser empalmats, s'han de solapar almenys en una longitud de 0,50 m.

Compte!

Si amb motiu de les obres de canalització apareixen instal·lacions d'altres serveis, cal prendre totes les precaucions per no danyar-les i s'han de deixar en les mateixes condicions en què estaven primitivament un cop acabats els treballs.

Si involuntàriament es causés alguna avaria en aquests serveis, s'ha d'avisar amb tota urgència al director d'obra i a l'empresa corresponent responsable del servei, per tal de procedir a reparar-los.

L'encarregat de l'obra per part del contractista ha de conèixer la direcció dels serveis públics així com el seu número de telèfon per comunicar-s'hi en cas de necessitat.

Pel que fa a la **rasa**, a l'hora de fer l'estesa del cable cal tenir en compte les recomanacions següents:

- S'ha de recórrer les rases amb deteniment abans d'estendre el cable per comprovar que no hi ha pedres o altres elements durs que puguin danyar els cables en l'estesa.
- La rasa, en tota la longitud, ha d'estar oberta i ha de tenir una capa de sorra fina al fons abans de procedir a estendre-hi el cable.
- No s'ha de deixar mai el cable estès en una rasa oberta, sense haver pres abans la precaució de cobrir-lo amb una capa de 10 cm de sorra fina.
- En cap cas s'han de deixar els extrems del cable a la rasa sense haver-ne assegurat abans una bona estanquitat.

Pel que fa a la **canalització** dels cables, cal tenir present el següent:

- Si els pendents són molt pronunciats i el terreny és rocós i impermeable, hi ha el risc que la rasa de canalització serveixi de drenatge i origini un arrossegament de la sorra que serveix de llit als cables. En aquest cas s'ha d'entubar la canalització i assegurar-la amb formigó en el tram afectat.
- En el cas de canalitzacions amb cables unipolars, s'ha de col·locar cada metre i mig (1,5 m) una subjecció que agrupi les tres fases i el neutre, i els mantingui units.
- Les canalitzacions amb grans trams entubats s'han d'evitar en la mesura del possible, i si no fos possible fer-ho, s'han de construir arquetes intermèdies en els llocs marcats en el projecte o, contràriament, on assenyali el tècnic responsable de l'obra.
- Un cop estès el cable els tubs (inclosos els de reserva) s'han de tapar amb obturadors adequats o productes segelladors no combustibles ni emissors de gasos tòxics, de manera que el cable, si n'hi ha, quedi a la part superior del tub.

- Els cables han d'estar soterrats a profunditat no inferior a 0,6 m. Llevat de casos especials, els eventuais obstacles s'han d'evitar passant el cable per sota seu.

4.6 Tècniques de connexió i empalmament de conductors

Per confeccionar empalmaments i terminals s'han de seguir els procediments homologats establerts pel fabricant.

El tècnic supervisor ha de conèixer i tenir la documentació necessària per avaluar la confecció de l'entroncament o la terminació. En concret s'han de revisar els elements següents:

- Les dimensions del pelat de coberta, utilització de maneguets o terminals adequats i l'encast amb l'utilatge necessari, la neteja i la reconstrucció de l'aïllament (figura 4.17 i figura 4.18). Els empalmaments s'han d'identificar amb el nom de l'operari i només s'han d'utilitzar els materials homologats.

FIGURA 4.17. Tècniques de connexió i empalmament de conductors(I)



- La reconstrucció d'aïllament s'ha de fer amb les mans ben netes, dipositant els materials que componen l'entroncament sobre una lona neta i seca. El muntatge s'ha de fer ininterrompudament.
- Els empalmaments unipolars s'han d'efectuar escalonadament, per tant, cal tallar els cables amb distàncies de 50 mm, aproximadament, a partir dels extrems.

FIGURA 4.18. Tècniques de connexió i empalmament de conductors (II)

En el supòsit que l'entroncament requereixi una protecció mecànica, s'ha de fer el procediment de confecció adequat, per a la qual cosa s'ha d'utilitzar, a més, la caixa de polièster indicada per a cada cas.

Qualsevol anomalia que pugui ocasionar una avaria posterior s'ha de fer revisar i s'ha de fer constar en el full de control.

S'estableixen els codis següents:

- Empalme unipolar cable sec.
- Execució de terminals.

4.7 Posada a terra i continuïtat del conductor neutre

La posada a terra i continuïtat del neutre s'ha d'atènyer a allò que estableixen els capítols 3.6 i 3.7 de la ITC-BT 06.

4.7.1 Posada a terra del neutre

En els esquemes de distribució tipus TT i TN, el conductor neutre i el de protecció, per a l'esquema TN-S, han d'estar posats a terra en altres punts, **i com a mínim una vegada cada 500 metres de longitud de línia.**

Per fer la connexió de terra s'han de triar, amb preferència, els punts d'on parteixin les derivacions importants.

En les xarxes de distribució privades, amb origen en centrals de generació pròpia per a les quals es prevegi la posada a terra del neutre, s'ha de seguir el que s'ha especificat anteriorment per a les xarxes de distribució de les companyies elèctriques.

4.7.2 Continuïtat del conductor neutre

El conductor neutre no pot ser interromput en les xarxes de distribució, llevat que aquesta interrupció sigui realitzada amb algun dels dispositius següents:

- Interruptors o seccionadors omnipolars que actuïn sobre el neutre i les fases al mateix temps (tall omnipolar simultani), o que connectin el neutre abans que les fases i disconnectin aquestes altres abans que el neutre.
- Unions amovibles al neutre pròximes als interruptors o seccionadors dels conductors de fase, degudament senyalitzades, i que només puguin ser maniobrades mitjançant eines adequades; en aquest cas, el neutre no ha d'haver estat seccionat sense que ho estiguin prèviament les fases, ni connectades les fases sense haver-ho estat prèviament el neutre.

4.8 Marcatge de conductors

Els cables han de portar marques que indiquin el nom del fabricant i els seus característiques.

En el **procés d'estesa** es poden identificar els conductors amb cintes adhesives de color en cas que sigui una pràctica habitual. Només es permet allotjar un circuit (tres fases + neutre) per tub, i s'ha de marcar cada conductor per mitjà de cinta aïllant de colors (L1 = verd; L2 = groc; L3 = marró; Neutre = gris).

4.9 Plans de manteniment en xarxes subterrànies

Tot seguit, us donem una explicació dels diferents plans de manteniment en xarxes subterrànies, com verificacions periòdiques reglamentàries, manteniment

preventiu i predictiu, actuacions en la conservació de les instal·lacions, així com els plans de manteniment i la informació d'entrada per a la realització del pla de manteniment.

Verificacions periòdiques reglamentàries: verificacions realitzades cada tres anys, o terminis inferiors de temps, si aquests terminis estan recollits en normatives de caràcter autonòmic, amb la finalitat d'acreditar el compliment d'allò que estableix la reglamentació vigent esmentada en l'apartat anterior. Les verificacions periòdiques reglamentàries les han de fer els organismes de control autoritzats en els camps d'alta i baixa tensió.

Manteniment preventiu i predictiu: manteniment programat basat en la realització d'unes activitats ja preestablertes (gamma de manteniment) que es realitzen amb una freqüència basada en la criticitat de la instal·lació i l'històric d'incidències.

El manteniment predictiu

Aquesta modalitat de manteniment es basa en la realització d'activitats de mesurament o assajos per tal de detectar possibles errors abans que es produeixin i donar un marge de temps per corregir-los sense perjudicar el servei o les instal·lacions.

La periodicitat d'aquest tipus d'activitats pot ser fixa o no, segons l'element i el resultat dels mesuraments o assaigs anteriors.

Manteniment correctiu: manteniment necessari per corregir un error que ha deixat l'equip o la instal·lació en condicions inadequades d'exploració.

Conservació d'instal·lacions: actuacions de caràcter no elèctric destinades a mantenir adequadament les infraestructures que suporten o contenen equips elèctrics (suports, edificis, enllumenats, carrers, vegetació, etc.). La periodicitat de les actuacions està determinada en funció de les anomalies registrades en les verificacions rutinàries de les instal·lacions, amb la finalitat d'assegurar la conservació correcta d'una instal·lació i allargar-ne la vida.

Els **plans de manteniment** han de contenir almenys la informació següent:

- Instal·lacions afectades per l'actuació
- Tipus d'actuació que es realitzarà en cada instal·lació
- Dates proposades de realització de les actuacions

La informació d'entrada per a la realització del pla de manteniment (figura 4.19) és la formada per les dades següents, en funció dels tipus de treball definits:

- Històric i instal·lacions per revisar
- Posada en servei d'instal·lacions noves
- Incidències
- Defectes detectats en les revisions
- Informació i històric de càrregues a les instal·lacions

- Revisions reglamentàries i de manteniment
- Reclamacions

FIGURA 4.19. Manteniment en centres de distribució: Full de revisió i inspecció

[illegible]

4.10 Avaries tipus en xarxes subterrànies

Les avaries les podem classificar depenent de si la causa és interior o exterior a la línia:

- Per **causa interna**
 - Arc extern
 - Intensitat de curtcircuit
 - Sobreintensitat.
- Per **causa externa**
 - Cop d'eina
 - Rascada a l'estesa del cable
 - Avaries en els cables propers
 - Corriment de terres
 - Inundació
 - Descàrrega atmosfèrica
 - Corrosió química i electrolítica
 - Envelliment de l'aïllant

Aquestes causes d'avaries provoquen tres tipus de perturbacions:

- Conductor tallat
- Contacte entre conductors
- Contacte entre conductor i terra

4.10.1 Localització d'avaries

La localització del tipus d'avaría és senzilla, mentre que siguin independents entre si, tanmateix la localització del lloc on s'ha produït és més complicada.

En el cas de la **localització de les perturbacions**:

- **Conductor tallat:** s'ha de fer un assaig de continuïtat, per a la qual cosa s'ha d'utilitzar un mesurador d'aïllament. Es procedeix unint els conductes entre si i a terra en un extrem. La resistència mesurada per l'aparell entre el conductor tallat i el terra és molt superior a l'obtinguda per a la resta de conductors.
- **Contacte entre conductors:** han de romandre aïllats els seus extrems i s'ha de mesurar la resistència entre cada dos conductors. La resistència mesurada entre els dos conductors posats en contacte és molt petita, mentre que les altres mesures donen un valor més elevat.
- **Contacte entre conductor i terra:** es mantenen aïllats els seus extrems i s'ha de mesurar la resistència entre cada conductor i el terra. La resistència entre el terra i el conductor unit a terra és molt reduïda en comparació amb la resta de conductors.

La **localització** d'una avaría consta de dues etapes:

- **Prelocalització:** s'ha de situar l'anomalia amb un important marge d'error. Per fer-ho, serveix partir de l'origen que es doni i aplicar altres mètodes més exactes, però de menys abast, que es descriuen en l'apartat de localització exacta.
- **Localització exacta:** s'han d'utilitzar els elements següents:
 - El generador de tensions de xoc
 - El reflector d'impulsos

El generador de tensions de xoc: aquest generador consta d'un transformador elevador, un rectificador, un condensador i elèctrodes. El condensador emmagatzema energia subministrada pel rectificador a una tensió elevada. Els elèctrodes es connecten als extrems de la línia subterrània i aquests extrems es troben el més a prop possible de l'origen de l'avaría, que es dona a través de la prelocalització.

Mode de localització exacta d'avaries amb el generador de tensions de xoc

Els extrems oposats de la línia s'han de posar en circuit obert. Accedim a ambdós extrems obrint les arquetes que els siguin més properes. Per fer les connexions dels elèctrodes, i per obrir els extrems de la línia suposadament defectuosa, se seccionen si pot ser per punts d'entroncament.

S'han de connectar els dos elèctrodes als tres conductors consecutivament de dos en dos, i aquests han de descarregar l'energia acumulada en el condensador. El defecte es comporta com una resistència en paral·lel, de manera que l'impuls passa i produeix una pertorbació mecànica o soroll i una pertorbació magnètica deguda al pas de corrent.

Per mitjà d'un micròfon i un receptor es capta el punt de defecte d'una manera exacta.

El reflector d'impulsos: amb el reflector d'impulsos, la localització es produeix per mitjà del temps de retard de l'eco (rebot) d'un impuls de tensió que injectem al cable.

Mode de localització exacta d'avaries amb el reflector d'impulsos

Quan s'utilitza la pantalla oscil·loscòpica s'observen superposats els dos impulsos, el d'anada i el d'arribada. La distància aproximada a què hi ha el defecte es troba multiplicant la velocitat de la propagació de l'impuls enviat, una dada que sabem, pel temps que tarda aquest impuls en arribar.