

Equips, dispositius, materials i eines

Xavier Cuerpo Martinez, Carles Revert Boix

Instal·lacions elèctriques d'interior

Índex

Introducció	5
Resultats d'aprenentatge	7
1 Reconeixement de dispositius i materials en instal·lacions	11
1.1 Dispositius elèctrics bàsics	11
1.1.1 Estructura d'una instal·lació encastada	12
1.1.2 Mecanismes	13
1.1.3 Receptors	17
1.1.4 Conductors	20
1.1.5 Caixes de connexió	20
1.1.6 Automàtics d'escala	21
1.1.7 Regletes	22
1.2 Materials d'instal·lació	22
1.2.1 Tubs	22
1.2.2 Canals	24
1.2.3 Safates	25
1.2.4 Embolcalls i quadres	25
1.3 Eines i seguretat	26
1.3.1 Eines bàsiques	27
1.3.2 Eines de seguretat	31
1.3.3 Instruments de mesura elèctrica	31
1.3.4 Característiques dels instruments de mesura	32
1.3.5 Prevenció de riscos laborals en instal·lacions elèctriques d'interior	35
2 Materials elèctrics: conductors, tubs i canalitzacions	37
2.1 El cable elèctric	37
2.1.1 La resistència	39
2.1.2 Càlcul de la resistència d'un conductor	40
2.1.3 Escalfament	41
2.1.4 Aïllant	42
2.1.5 El pes	43
2.1.6 Secció i identificació de conductors	44
2.1.7 Característiques generals dels cables	45
2.1.8 Nomenclatura de cables	47
2.1.9 Cables d'alta seguretat	51
2.1.10 Guia per escollir un cable segons la normativa	55
2.2 Tubs i canalitzacions	55
2.2.1 Tipus de tubs	56
2.2.2 Tipus d'instal·lacions	58
2.2.3 Característiques i diàmetres dels tubs en funció del tipus d'instal·lació	58
2.2.4 Instal·lació i col·locació dels tubs	63
2.2.5 Canals protectores	65

2.3 Caixes universals, de derivació i de protecció 65

Introducció

Les instal·lacions elèctriques interiors són imprescindibles en qualsevol edifici d'avui dia. En aquesta unitat formativa veurem els materials elèctrics bàsics per a una instal·lació d'interior i les característiques dels sistemes d'instal·lació generals, no pas les especials com locals amb risc d'incendis, presència d'olis, temperatures altes o baixes o locals de concurrència pública. Aquestes necessiten uns materials i condicions especials.

A més de la instal·lació, s'ha de tenir en compte la seguretat, que la instal·lació no pugui causar danys a persones ni a béns materials, com ara per un incendi. Tanmateix, i no menys important, és la fiabilitat, és a dir, la certesa que la instal·lació no ens fallarà, i que estarà en funcionament sempre que la necessitem.

Per aconseguir aquesta fiabilitat i seguretat, és necessari conèixer bé els materials i dispositius de què consta la instal·lació. Conèixer-los és saber com funcionen i en quines lleis físiques i matemàtiques ens basem per entendre'n el funcionament. Per fer una instal·lació elèctrica d'interior segura i de qualitat, ens cal conèixer els materials que formaran part de la instal·lació, els diferents tipus i característiques de les instal·lacions i els diferents sistemes d'instal·lació.

Qualsevol instal·lació elèctrica bàsica deriva de la normativa recollida al Reglament electrotècnic per a baixa tensió, que és de compliment obligat.

A l'apartat "Reconeixement de dispositius i material en instal·lacions" es fa una identificació dels dispositius elèctrics bàsics per a una instal·lació interior i el material i els instruments que s'utilitzen en la instal·lació. És imprescindible conèixer a la perfecció aquests dispositius, la seva funcionalitat i la manera d'instal·lar-los per poder accedir a la resta d'unitats i a la normativa per aplicar. Per exemple, si s'ha de fer la instal·lació elèctrica amb una finalitat concreta primer s'han de conèixer quins dispositius hi ha al mercat i quines diferències hi ha entre aquests, per poder escollir el més adient per a la instal·lació. També s'expliquen quines eines, quines mesures de seguretat i de prevenció de riscos s'han de tenir en compte per fer una instal·lació correcta d'aquests materials.

L'apartat "Materials elèctrics, conductors, tubs i canalitzacions" tracta dels diferents tipus de conductors i les diferents maneres d'instal·lar-los. S'han de conèixer els diferents tipus de conductors, ja que en funció de la seva ubicació, intensitat, longitud, etc., serà necessari un tipus de conductor o un altre. I és molt important conèixer quina és la denominació, per poder identificar un conductor ja existent o per poder fer la llista de material necessari per a una instal·lació. En aquesta unitat també es tracten, un cop escollit el conductor, les diferents maneres d'instal·lar-lo. Per exemple, una indústria necessita que sigui fàcil fer el manteniment de la instal·lació i que sigui fàcilment modificable, per la qual cosa les instal·lacions poden ser superficials, mentre que en un habitatge no han de ser modificables o de fàcil manteniment, però sí que han de ser tan estètiques i dissimulades tant com sigui possible; per això, en aquest cas, utilitzarem un tipus d'instal·lació encastada.

Per treballar els continguts d'aquesta unitat didàctica, és convenient anar fent les activitats i els exercicis d'autoavaluació, llegir els annexos i consultar les adreces web d'interès.

Resultats d'aprenentatge

En finalitzar aquesta unitat l'alumne/a:

1. Reconeix equips, dispositius i materials utilitzats en instal·lacions elèctriques interiors de baixa tensió descrivint les seves característiques i relacionant-los amb la seva funció dins de la instal·lació.

- Identifica la funció d'equips, dispositius i materials d'una instal·lació elèctrica interior de baixa tensió.
- Identifica dispositius utilitzats en instal·lacions de baixa tensió (interruptors, commutadors, polsadors, interruptors automàtics, interruptors diferencials, protectors de sobretensions, entre d'altres), descrivint les seves característiques.
- Identifica materials diversos utilitzats en instal·lacions de baixa tensió (quadres, armaris, caixes de registre i de derivació, caixetins, safates, canals protectores, motlures, canaletes, tubs, entre d'altres) descrivint les seves característiques.
- Reconeix accessoris de suport de safates i canals protectores prefabricades o de construcció en obra (escaires, tipus omega i balancí, entre d'altres), de tubs (tacs, cargols, grapes, abraçadores i brides, entre d'altres) i d'unió entre canalitzacions, suport de caixes i llums, entre d'altres, relacionant-los amb la seva funció.
- Classifica els conductors elèctrics de baixa tensió utilitzats en instal·lacions interiors, descrivint les seves característiques i relacionant-los amb el tipus d'instal·lació on s'utilitzen.
- Identifica conductors elèctrics de baixa tensió interpretant les dades estampades sobre la seva coberta i/o sobre els embolcalls amb els que es comercialitzen.
- Identifica diferents tipus de llums: encastades o de superfície, equipades o no amb equips auxiliars i els seus accessoris, segons el tipus d'instal·lació.
- Reconeix bases de preses de corrent i clavilles, domèstiques i industrials, descrivint les seves característiques.

2. Munta canalitzacions, suports i caixes en una instal·lació elèctrica de baixa tensió interior aplicant les tècniques de muntatge corresponents i descrivint el procediment.

- Identifica eines i equips utilitzats en operacions de muntatge i manteniment d'una instal·lació relacionant-los amb la seva funció.
- Prepara el material, eines i equips necessaris per al muntatge de canalitzacions, tubs i suports en instal·lacions elèctriques de baixa tensió en edificis, seguint les indicacions donades.
- Col·labora en el traçat d'instal·lacions.
- Col·loca caixes de registre o derivació i caixes per a mecanismes seguint les indicacions donades.
- Instal·la, doblega, adapta, i fixa els tubs seguint les indicacions donades
- Construeix suports per a les canalitzacions (perfils, angles, varetes roscades, entre d'altres), seguint les indicacions donades.
- Instal·la, manipula i adapta safates, canals protectores, canaletes i motllures, seguint les indicacions donades.
- Identifica i estén cables en safates o dintre de tubs i els etiqueta i prepara per a la seva connexió, seguint les indicacions donades.
- Utilitza les eines adequades, segons el tipus d'intervenció.
- Respecta els criteris de qualitat establerts.
- Compleix les normes de prevenció de riscos laborals i de protecció ambiental.
- Participa activament en el grup de treball, contribuint al bon desenvolupament de les relacions personals y professionals.
- Manté hàbits d'ordre, puntualitat, responsabilitat i pulcritud en el desenvolupament de tota l'activitat.

3. Compleix les normes de prevenció de riscos laborals i de protecció ambiental en el muntatge i manteniment d'instal·lacions elèctriques interiors, identificant els riscos associats, les mesures i equips per prevenir-los.

- Identifica els riscos laborals en les tasques de muntatge i manteniment d'instal·lacions elèctriques interiors (manipulació de materials, equips, eines, utensilis, màquines, realització de proves i verificacions d'instal·lacions, reparació i substitució d'elements, treballs en altura, 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. Reconeixement de dispositius i materials en instal·lacions

Gran part de la feina d'un tècnic d'instal·lacions elèctriques domèstiques consisteix, bàsicament, a fer instal·lacions elèctriques i connectar i configurar els equips que componen aquestes instal·lacions.

El cablatge incorrecte, una mala connexió o la utilització d'eines no apropiades poden representar una font de problemes en la instal·lació. Aquests problemes, de vegades difícils de localitzar, determinen un mal funcionament i un focus d'avaries que redunden en un increment dels costos de manteniment i reparació, que serien fàcilment evitables si es complissin les normes bàsiques de treball i ens adaptéssim a les normatives específiques.

Inicialment en aquesta unitat es proposa la identificació de tots els cables, materials i dispositius bàsics per fer instal·lacions elèctriques bàsiques en habitatges i petits locals comercials.

El tècnic elèctric d'instal·lacions domèstiques d'interior és l'encarregat de triar tot l'equipament i la connexió de la instal·lació elèctrica. Però el tècnic elèctric no es limita a les connexions elèctriques entre els diferents dispositius que componen la instal·lació, sinó que ha de fer feines de mecanització dels equips en la instal·lació elèctrica d'interior, com per exemple:

- Instal·lació de canaletes.
- Manipulació de tub de PVC.
- Fixació d'equipament sobre l'emplaçament d'acord amb la normativa específica.
- Connexió de cables sobre regleta i amb soldadura.

1.1 Dispositius elèctrics bàsics

Cada circuit elèctric que forma part de la instal·lació elèctrica d'un habitatge ha de tenir entitat pròpia. És a dir, tot circuit elèctric es pot dissenyar per separat, i triar correctament els mecanismes elèctrics necessaris del circuit proposat i la connexió concreta i correcta entre aquests mecanismes per aportar les diferents solucions demanades.

Els dispositius elèctrics bàsics d'actuació són els diferents elements que permeten aportar solucions a les propostes plantejades. En depèn el funcionament correcte del circuit. S'han de trobar en llocs estratègics per facilitar-ne l'ús.

1.1.1 Estructura d'una instal·lació encastada

Per a polsadors, interruptors, commutadors, commutadors de creuament i preses de corrent, l'estructura de muntatge encastada varia molt en funció del fabricant i del model. De manera genèrica, consta de les parts següents:

- Bastidor.
- Marc.
- Tecla o tapa.
- Mecanisme (polsador, interruptor, commutador, commutador de creuament o presa de corrent).
- Caixa universal.

Per tenir més informació sobre les caixes per encastar podeu consultar la secció dels annexos, on hi ha un catàleg de caixes, les seves especificacions i com es poden instal·lar.

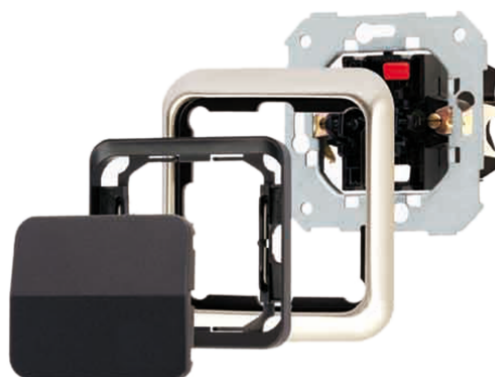
Per a una instal·lació encastada, el primer que s'ha d'instal·lar és la caixa universal i ubicar-la al forat a la paret. Les mesures més habituals són $75 \times 65 \times 41$ mm, i normalment es poden unir pels costats per poder incloure més dispositius. Als laterals incorpora uns forats per on es poden introduir els diferents tubs que porten els cables elèctrics (vegeu la figura 1.1).

FIGURA 1.1. Exemple de 3 caixes universals encastades



Els cables s'han de connectar al mecanisme (D) i aquest s'ha de col·locar al bastidor metàl·lic (A), afegir-ne el marc (B), i finalment la tecla o tapa (C). Aquest últim element és el que està a l'abast de l'usuari i és el que està al nivell de la superfície. L'esquema complet de la instal·lació es pot veure a la figura 1.2.

FIGURA 1.2. Estructura d'una instal·lació encastada



A la figura 1.3 es pot veure l'aspecte final de com quedaria una instal·lació encastada, a nivell de superfície i de quines parts es compona si es treu el marc i les tapes.

FIGURA 1.3. Aspecte final instal·lació encastada



1.1.2 Mecanismes

Dintre del bastidor estan ubicats els diferents mecanismes. En funció de la utilitat que els vulguem donar poden ser:

- Polsadors.
- Interruptors.
- Commutadors.
- Commutadors d'encreuament.
- Preses de corrent.

Polsador

El polsador és l'element bàsic d'accionament de dos terminals, té un estat en repòs que pot ser normalment obert (**NO**, en estat de repòs no deixa circular el corrent elèctric), o normalment tancat (**NC**, en estat de repòs deixa circular el corrent elèctric). Per a l'ús en circuits elèctrics d'habitatges generalment s'utilitzen els polsadors **NO**. Quan hi actuem deixa el seu estat de repòs i permet la circulació del corrent pel circuit; quan hi deixem d'actuar, torna automàticament al seu estat de repòs (vegeu la figura 1.4).

FIGURA 1.4. Polsador amb indicador lluminós



La utilització més habitual dels polsadors acostuma a ser per accionar els timbres o bronzidors d'accés als domicilis o per accionar les llums d'una escala.

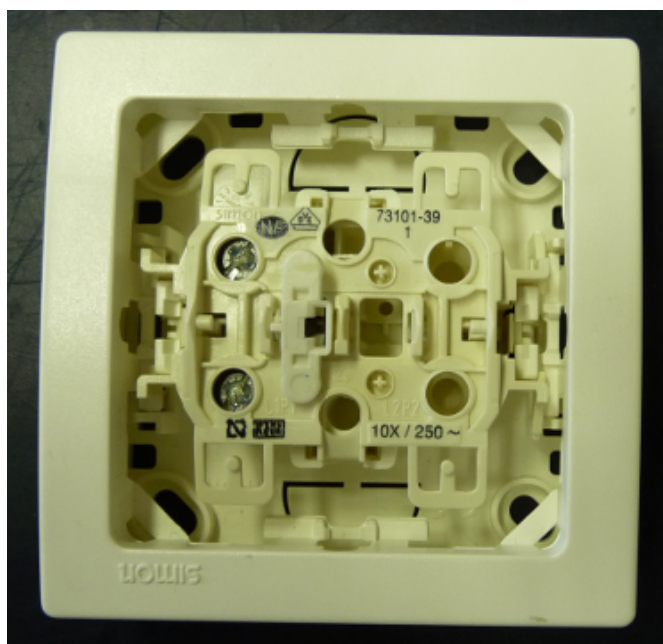
Segons el model del fabricant poden incorporar un indicador lluminós, que facilita veure'l en la foscor.

Interruptor

Fixeu-vos que els interruptors tenen en el seu mecanisme 2 cargols, un per connectar l'entrada i l'altre per connectar la sortida.

L'interruptor és l'element bàsic d'accionament de dos terminals amb enclavament, és a dir, té un estat de posició oberta, el qual no permet la circulació d'intensitat, i un estat de posició tancada, el qual permet la circulació d'intensitat. Per passar d'una posició a una altra l'usuari hi ha d'actuar canviant-ne l'estat. És el més utilitzat i el més senzill per poder encendre o apagar el llum d'una habitació. D'igual manera que el polsador, pot incorporar un petit llum de senyalització que en facilita l'accionament (vegeu la figura 1.5).

FIGURA 1.5. Mecanisme d'un interruptor



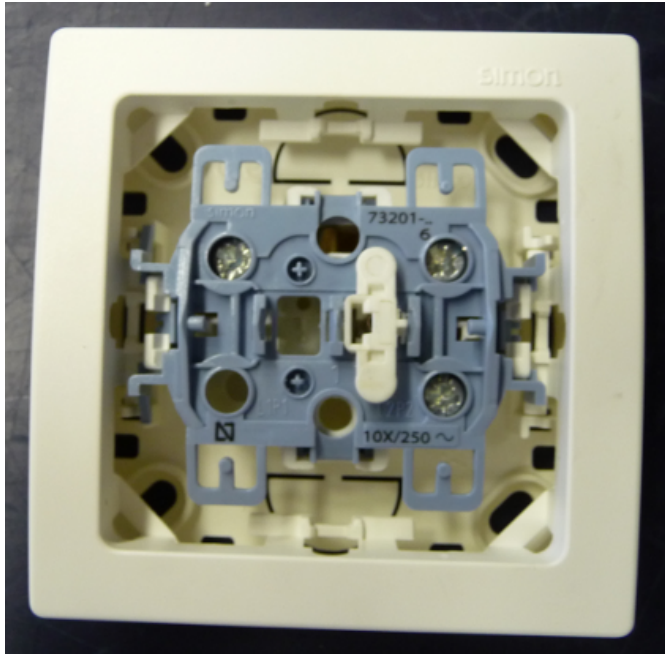
Per tenir més informació dels diferents mecanismes que hi ha al mercat consulteu els annexos d'aquesta unitat, on trobareu un catàleg de mecanismes amb les seves especificacions tècniques.

Commutador

Un commutador és un mecanisme elèctric amb tres terminals; un d'aquests és comú per als altres dos, de manera que entre el comú amb un dels terminals estarà en posició oberta i amb l'altre terminal en posició tancada. Si actuem sobre el commutador, es permuten les posicions i passen a tancat els terminals que es trobaven en posició oberta i a obert els terminals que es trobaven en posició tancada. La finalitat d'aquest element és la de deixar circular el corrent elèctric des de dos punts diferents (vegeu la figura 1.6).

Els commutadors de posició tenen en el seu mecanisme 3 cargols, una entrada i dues sortides o a l'inrevés.

FIGURA 1.6. Mecanisme d'un commutador



L'aspecte exterior del commutador és idèntic al de l'interruptor, perquè la tecla o tapa és la mateixa, i només es veu la diferència en el seu funcionament i en el nombre de terminals (3) que té el mecanisme.

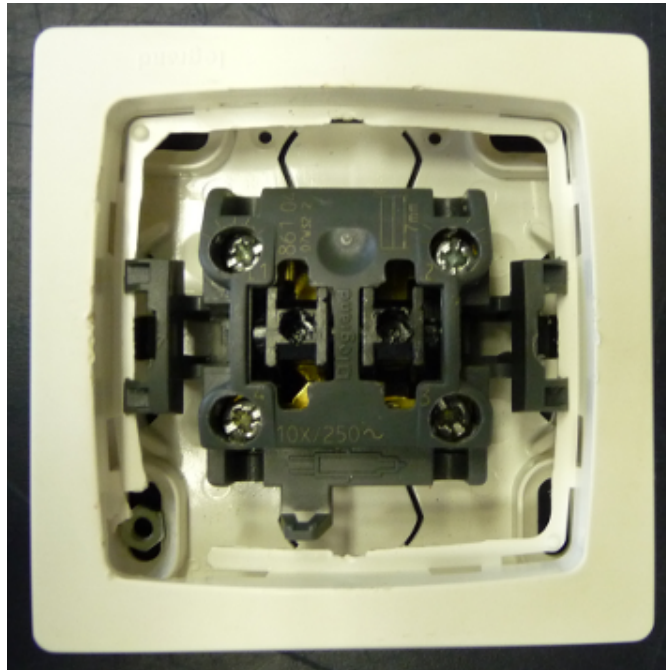
Per a un instal·lador és molt important identificar quin dels 3 terminals és el terminal comú perquè la instal·lació funcioni correctament. En funció del fabricant i model del commutador poden estar identificats pel color (negre i vermell), per la posició, etc. De totes maneres, sempre es poden identificar amb una prova de continuïtat amb un comprovador.

Commutador d'encreuament

El commutador d'encreuament és un mecanisme elèctric de quatre terminals, dos d'entrada i dos de sortida, de manera que una entrada està connectada a una sortida. Quan actuem sobre l'accionament, les sortides s'intercanvien i connecten l'altra entrada (vegeu la figura 1.7).

Els commutadors d'encreuament tenen en el seu mecanisme 4 cargols, tenen dues entrades i dues sortides o a l'inrevés

L'aspecte exterior és idèntic a l'interruptor i l'única manera d'identificar-lo és pels 4 terminals. En funció del fabricant i model es poden diferenciar per la posició del terminals, colors, etc.

FIGURA 1.7. Mecanisme d'un commutador d'encreuament

Preses de corrent

Un altre mecanisme que es pot incorporar al bastidor és una presa de corrent. Les preses consten de 2 elements:

FIGURA 1.8. Base de presa de corrent

- Base de la presa: és la part que va encastada, i on es connecten els conductors (fase i neutre). També incorpora la connexió del conductor de protecció (terra). En funció de la intensitat que consumeixi l'element que es connectarà s'utilitzaran unes bases o altres. Per exemple, poden ser de 16 A per a les d'ús general i de 25 A per al forn (vegeu la figura 1.8 i la figura 1.9).

- Tapa: és la part accessible i visible des de l'exterior. És on apareixen els 2 forats per connectar els diferent aparells. El filferro dels costats acostuma a ser el contacte del conductor de protecció (terra).

FIGURA 1.9. Diferents tapes de presa de corrent



1.1.3 Receptors

Qualsevol element que transforma l'energia elèctrica en qualsevol altre tipus d'energia rep el nom de *receptor elèctric* o també de *càrrega elèctrica*.

En el nostre cas d'instal·lacions en habitatges, pràcticament la totalitat de les càrregues dels circuits seran lumíniques, en qualsevol de les seves variants, encara que poden ser acústiques. L'instal·lador sempre ha de tenir present que els receptors elèctrics s'han d'ubicar en el punt que puguin generar el màxim rendiment.

Entre les lumíniques, podem destacar la làmpada i el tub fluorescent, i entre les acústiques trobem el bronzidor, les tèrmiques, etc.

Làmpada incandescent

La làmpada és un tipus de receptor que transforma l'electricitat elèctrica en electricitat lumínica. Dins dels circuits elèctrics és un dels components més utilitzats, ja sigui del tipus incandescent, halogen, de baix consum, etc.

Làmpada de descarrega

Un altre tipus de receptor que transforma l'electricitat elèctrica en electricitat lumínica són les làmpades de descarrega, com per exemple el tub fluorescent. Cal destacar que, a diferència de les làmpades incandescents, els tubs fluorescents tenen associats altres elements necessaris per funcionar correctament que s'hauran de tenir en compte i reflectir en la instal·lació. L'esquema de connexió i els elements necessaris es poden veure a la figura 1.10, figura 1.11, figura 1.12 i figura 1.13.

FIGURA 1.10. Reactància convencional

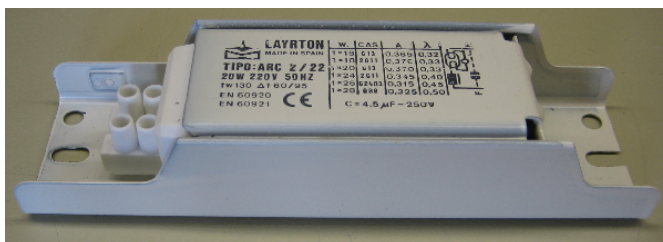


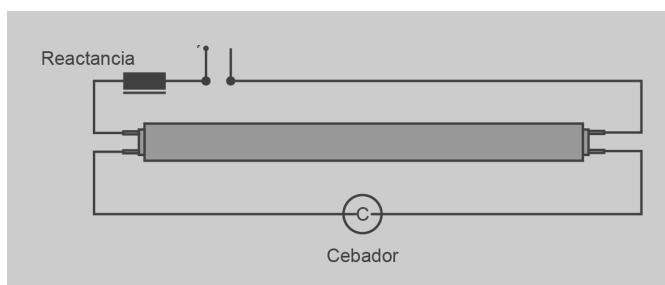
FIGURA 1.11. Reactància electrònica



FIGURA 1.12. Encebador



FIGURA 1.13. Esquema de connexió



Les fonts de llum luminescent són aquelles en què la llum produïda s'obté per excitació d'un gas sotmès a descàrregues elèctriques entre dos elèctrodes. El principi de funcionament per aconseguir llum mitjançant luminescència s'aconsegueix en establir un corrent elèctric entre dos elèctrodes, situats a l'interior d'un tub ple de gas o vapor ionitzat.

Prenent com a exemple el fluorescent, perquè funcioni correctament calen els elements següents:

- Tub fluorescent: és de vidre i a l'interior del tub hi ha vapor de mercuri. Als extrems van connectades unes "patilles" metàl·liques.
- Reactància: està composta per un enrotllament o bobina de fil de coure esmaltat sobre un nucli de xapes magnètiques. De reactàncies n'hi ha de dos tipus:
 - Convencionals (en aquest cas, i per al funcionament del fluorescent, necessitarà un encebador, vegeu l'apartat següent).
 - Electrònica (no és necessari l'encebador).
- Encebador: consta d'unes làmines bimetal·liques que es posen en contacte o no en funció de la calor de l'atmosfera que les envolta. Aquestes làmines bimetal·liques estan a l'interior d'una ampolla de vidre amb gas neó. Fa les funcions de polsador automàtic.

La diferència de potencial queda aplicada per mitjà de la reactància i en sèrie amb els filaments del tub. L'encebador va connectat en paral·lel amb el tub. A l'interior de l'encebador, el gas neó es comença a escalfar perquè el gas s'ionitza. Com que l'atmosfera de l'encebador s'escalfa, les làmines bimetal·liques es corben i s'arriben a tocar. Quan l'encebador té les làmines en contacte, té el circuit tancat i fa que el corrent circuli pels filaments del tub, fet que provoca l'emissió dels electrons, que en xocar amb els àtoms de gas que conté el tub, desplacen de les seves òrbites els electrons del gas ionitzat i absorbeixen energia. Passats uns instants, els electrons desplaçats tornen a la seva posició inicial i alliberen l'energia presa amb anterioritat, en forma de radiacions, principalment ultraviolades.

Timbre i bronzidor

El timbre o bronzidor és un element que transforma l'energia elèctrica en energia acústica. S'utilitza bàsicament com a element de senyalització o avís (vegeu la figura 1.14).

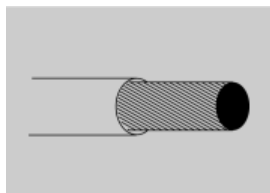
FIGURA 1.14. Timbre



El timbre consta d'un electroimant, una peça mòbil anomenada *martell* i una campana. Quan s'aplica una diferència de potencial als borns, circula un corrent

per la bobina que atrau el martell per tocar la campana. En el cas del bronzidor, no té ni martell ni campana, i consta d'una placa, que quan se li subministra corrent altern vibra i copeja la caixa del mecanisme.

1.1.4 Conductors

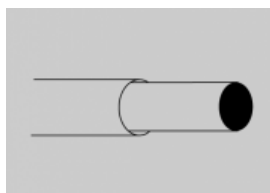


Cable flexible

Els cables són materials conductors que transporten l'energia elèctrica als receptors quan els diversos mecanismes elèctrics de control ho permeten. És la part de la instal·lació que ha de ser més inaccessible a l'usuari, generalment oculta. Al mercat hi ha diferents tipus de conductors en funció de la instal·lació elèctrica en què s'empraran.

Segons el seu aïllament es poden trobar:

- Conductors nus: quan el conductor no disposa de cap recobriment ni cap tipus d'aïllant.
- Conductors aïllats: quan el conductor és recobert per un material aïllant. S'utilitzen on està recomanat utilitzar-los per raons de seguretat de les persones. Hi pot haver conductors unipolars (una conducció elèctrica) o multipolars (amb diferents fases i conductors), coneguts popularment com a mànegues.



Cable rígid

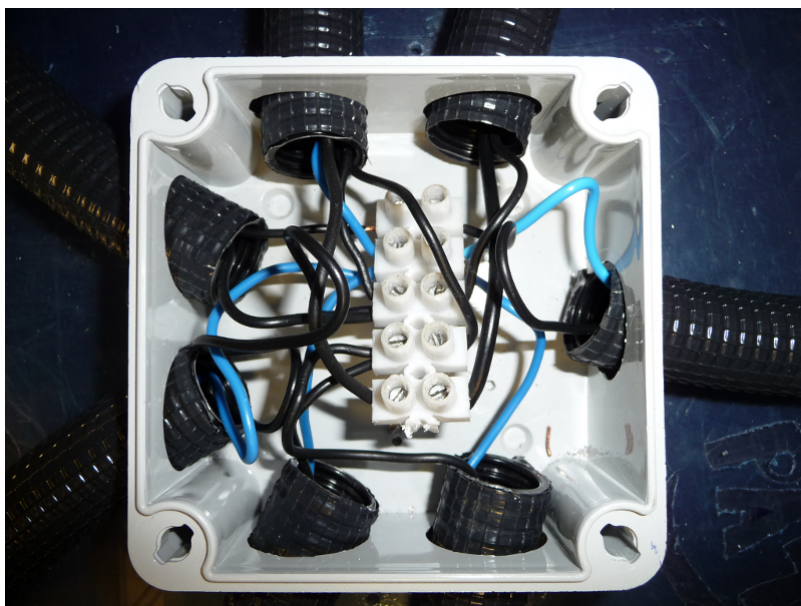
Segons la seva forma poden ser:

- Cables flexibles: estan constituïts per molts conductors sense aïllar, de diàmetre molt petit i en espiral.
- Cables rígids: estan constituïts per un únic conductor més gruixut.

La gran majoria de les instal·lacions elèctriques d'habitatges avui dia està encastada, i per poder treballar amb els cables, aquests circulen sota tubs, malgrat que hi ha d'altres sistemes d'instal·lacions, com fixats directament sobre les parets o subterranis.

1.1.5 Caixes de connexió

Les connexions entre els diferents cables que transportaran l'energia elèctrica als receptors i els mecanismes es fan a les caixes de connexions mitjançant regletes de connexió. Les caixes de connexions podem dir que són l'únic punt de la instal·lació en què es pot tenir accés al cablatge, i per això són tan importants. Poden ser superficials o encastades, en funció del tipus d'instal·lació (vegeu figura 1.15).

FIGURA 1.15. Caixa de connexió

1.1.6 Automàtics d'escala

El circuit automàtic d'escala és una configuració destinada a donar servei d'il·luminació a un espai en què la connexió es farà mitjançant l'acció voluntària del sol·licitant i la desconexió es farà de manera automàtica, la qual es produirà transcorregut un cert temps. Aquest temps de retard des de l'activació del circuit fins a la desconexió s'ha de calcular com el temps màxim que es necessita per fer el recorregut més llarg, i tenint present sempre la possibilitat que el recorregut l'hagin de fer persones de mobilitat reduïda (vegeu la figura 1.16).



Automàtic d'escala

FIGURA 1.16. Automàtic d'escala que a la part lateral incorpora l'esquema de connexió

Per dur a terme la temporització d'aquests tipus de circuits, al mercat hi ha una gran diversitat de mecanismes elèctrics, especialment destinats a fer aquesta tasca, que reben el nom d'*automàtics d'escala*. Com succeeix en la gran majoria dels problemes que ens plantegem resoldre, mai no hi ha una solució única. Hi ha la configuració de 3 fils (es distribueixen 3 fils) i la configuració de 4 fils (es distribueixen 4 fils). En qualsevol cas, l'aparell mateix incorpora un esquema de connexió. A més de l'automàtic d'escala, per funcionar la instal·lació s'empren pulsadors i els diferents punts de llum.

1.1.7 Regletes

Les anomenades *regletes de connexió* permeten unir i fer derivacions entre conductors d'una manera estable i fiable.

Es comercialitzen en diferents formes i mides en funció de l'aplicació en la qual s'utilitzaran i el diàmetre de conductor que allotjaran.

Tenen un orifici d'entrada i un de sortida, que garanteixen la continuïtat elèctrica, envoltats de material aïllant, que sol ser de plàstic, però també n'hi ha de tipus ceràmic o de baquelita (vegeu figura 1.17).

Entre borns contigus hi ha un orifici que permet allotjar-hi un cargol per si cal fixar-lo. Aquestes regletes s'utilitzen de manera massiva per a fer connexions en caixes de registre en instal·lacions domèstiques.

FIGURA 1.17. Regletes de connexió



1.2 Materials d'instal·lació

Segons l'REBT s'entén com a canalització elèctrica el conjunt constituït per un o diversos conductors elèctrics i els elements que n'asseguren la fixació, i en el seu cas, la protecció mecànica.

1.2.1 Tubs

Per a la protecció mecànica i elèctrica s'utilitzen tubs protectors, que segons la ITC-BT-21 poden ser:

- Metàl·lics.
- No metàl·lics.
- Compostos (metàl·lics i no metàl·lics).

Els tubs es classifiquen en els tipus següents:

- Tubs rígids: requereixen tècniques especials per fer les diferents corbes en un traçat (vegeu la figura 1.18).

FIGURA 1.18. Tub rígid



- Tubs corbables: es poden corbar fàcilment amb les mans (sense la necessitat d'eines específiques). Els més utilitzats són els tubs de PVC, coneguts com a corrugats (vegeu la figura 1.19).

FIGURA 1.19. Tub corbable



- Tubs flexibles: estan dissenyats per suportar, al llarg de la seva vida útil, un nombre limitat d'operacions de flexió. La diferència entre un tub flexible i un corbable està en el nombre de vegades que es pot corbar. El corbable és el que està dissenyat per corbar-se puntualment. El flexible és el que està dissenyat per corbar-se moltes vegades.
- Tubs soterrats: estan dissenyats per suportar pressions i impactes considerables.

En funció del tipus d'instal·lació s'utilitzarà un tub o un altre. En instal·lacions sota tub és necessari la utilització de guies passafils. Si el tram de tub és curt,

es dobleguen els tubs i simplement s'introdueixen dintre del tub fins a arribar a l'altre extrem. Però si el tram és llarg, o simplement la introducció dels cables directament falla, serà necessària la utilització de guies passafils.

Les guies tenen 2 puntes clarament diferenciades. Per una banda està acabada en una punta rodona o bola per facilitar-ne la penetració dintre del tub, i per l'altra en una anella, on es fixen els conductors. Simplement s'haurà d'introduir la punta rodona de la guia per un extrem del tub, i anar estirant la guia fins que arribi a l'altre extrem del tub. En aquest punt s'introduirà el conductor subjectat a l'altre extrem de la guia, i s'haurà d'estirar de la guia fins que tot el conductor hagi travessat tot el tub. Al mercat hi ha guies de diferents materials; les més utilitzades són les de niló i les d'acer.

1.2.2 Canals

La canal protectora és un material d'instal·lació constituït per un perfil de parets perforades o no, destinades a allotjar conductors o cables i que està tancat per una tapa desmuntable.

El material de fabricació acostuma a ser de PVC, i el reglament a la ITC-BT-21 les classifica en grups:

- Canals protectores amb protecció IP4X o superior o “canals amb tapa d'accés que només es poden obrir amb eines”.

El codi IP

Aquest codi indica el grau de protecció d'un element envers la penetració de cossos sòlids i líquids. Per al cas d'un element amb protecció IP4Xm, indica que no pot penetrar un cos sòlid de diàmetre superior a 1 mm.

FIGURA 1.20. Canal



- Canals protectores amb protecció inferior a IP4X o “canals amb tapa d'accés que es pot obrir sense eines”.

Al mercat hi ha molts tipus de canals, i en alguns casos poden incorporar mecanismes amb els seus propis accessoris. D'aquesta manera la instal·lació queda protegida (cables i mecanismes), i es pot fer la connexió dels cables i mecanismes al seu interior.

1.2.3 Safates

Les safates portacables són un sistema de suport rígid continu dissenyat per al suport i distribució de cables elèctrics, per a cablatge estructurat, xarxes de computació, telefonia, etc. Poden suportar línies de potència d'alta tensió, cables de distribució de potència de baixa tensió, cables de control i diferents tipus de cables per a telecomunicacions (vegeu la figura 1.21). L'objecte de les safates és el suport i la conducció dels conductors. Només es pot emprar sota conductor aïllat sota coberta amb tensió assignada 0.6/1 Kv

Consulteu l'apartat "Materials elèctrics, conductors, tubs i canalitzacions" d'aquest mateix mòdul per a més informació.

FIGURA 1.21. Safata



Al moment de dissenyar i planificar un sistema de canalització mitjançant safates portacables, hem de considerar els diferents tipus que n'hi ha al mercat: de fons perforat, de tipus escala, reixes, etc.

També s'ha de tenir en compte el material, de PVC o metàl·liques, i els elements de fixació a les parets. Les safates metàl·liques s'hauran de connectar a la xarxa de terra.

La utilització més habitual és en indústries, magatzems, centres de producció, etc.

1.2.4 Embolcalls i quadres

Segons el REBT-BT-01 es defineix com a embolcall tot element que assegura la protecció dels materials contra certes influències externes i la protecció, en qualsevol direcció, davant contactes directes (vegeu la figura 1.22).

FIGURA 1.22. Embolcall d'un quadre elèctric

En la pràctica, s'entén com a embolcall tot element que envolta el material elèctric i les seves connexions. El cas més habitual quan es parla d'embolcall és fer referència al quadre elèctric. S'entén com a quadre elèctric l'element fonamental per a la distribució elèctrica que en el seu interior té la subdivisió de la instal·lació en circuits, i allotja els mecanismes de protecció, i en el cas de comandament, de les línies elèctriques que alimenten.

Els quadres elèctrics tenen com a missió tant la protecció dels materials elèctrics davant de contactes directes, com allotjar els diferents mecanismes de protecció i comandament dels diferents circuits d'una instal·lació. Acostumen a portar a l'interior una guia DIN per poder allotjar els diferents elements de protecció i seccionament.

Al mercat n'hi ha de diferents tipus: amb porta opaca, amb porta transparent, de diferents mides, de destinats a indústries, a habitatges, etc. En general són modulables, i es pot escollir entre un quadre d'instal·lació a superfície o que sigui encastable.

1.3 Eines i seguretat

Per poder connectar i desconnectar tot aquest material calen unes eines que permetin fer les connexions adequades i, a més a més, amb seguretat per a les persones i per als elements que formen la instal·lació.

D'eines n'hi ha de molts tipus al mercat, però les més emprades són les que es detallen aquí. A l'hora d'escollir una eina, a part de la seva funcionalitat, s'ha de tenir en compte si està correctament aïllada per evitar un contacte elèctric amb una part activa de la instal·lació.

A banda de les eines, un cop s'ha instal·lat el mecanisme, l'instal·lador ha de fer diferents mesures per assegurar-se que s'ha instal·lat correctament.

1.3.1 Eines bàsiques

Les eines bàsiques formen part indispensable de les instal·lacions elèctriques.

Les principals eines elèctriques són el tornavís, les alicates, les tisores, el pelafils i la guia passafils.

El tornavís

El tornavís és una eina que s'utilitza per estrènyer cargols que generalment són de diàmetre petit. A la figura 1.23 es mostra un tornavís de punta estrella.

FIGURA 1.23. Tornavís



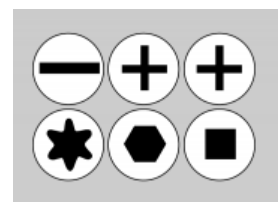
El tornavís està constituït per tres parts:

- Mànc: element per on se subjecta de material aïllant.
- Cos: barra de metall que uneix el mànc i la punta. El diàmetre i longitud varia en funció del tipus de tornavís.
- Punta: part que s'introdueix al cargol. En funció del tipus de cargol s'ha d'usar un tipus de punta.

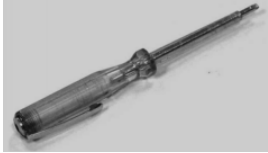
FIGURA 1.24. Punttes intercanviables per a tornavís



Les punttes dels tornavisos poden ser molt variades: poden ser plana o de ranura, d'estrella (tipus Phillips), d'estrella (tipus Pozidriv), d'asterisc (tipus Torx), hexagonal (tipus Allen) i quadrada (tipus Robertson). La punta del tornavís pot ser



Formes de les punttes intercanviables per a tornavís



Tornavís cercapols

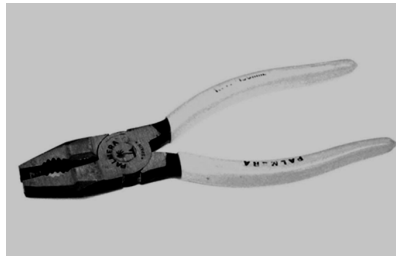
fixa, cas en què es canvia de tornavís en funció del tipus de cargol, o intercanviable, cas en què el mateix mànec serveix per a totes les puntes. A la figura es poden veure diferents tipus de puntes intercanviables.

Un altre tornavís que s'utilitza a les instal·lacions elèctriques és el tornavís cercapols, que té un mànec transparent amb una làmpada de neó connectada al cos metàl·lic i a la part posterior del mànec. El tornavís cercapols s'utilitza per localitzar la fase d'un circuit col·locant la punta del cercapols al punt que s'ha de comprovar i amb un dit de la mà se subjecta la part posterior del mànec. Si la làmpada s'il·lumina és que hi ha una fase del circuit.

El tornavís s'ha d'usar correctament i amb seguretat. Els tornavisos tenen diverses grandàries, i s'ha de triar la que millor s'adapti al cargol. Per a circuits elèctrics, els tornavisos han de tenir aïllat el cos metàl·lic i el mànec.

Les alicates

FIGURA 1.25. Alicates universals



Les alicates són unes eines amb molts usos, de moltes grandàries i formes segons la funció que hem de realitzar. Les alicates que s'utilitzen per a electricitat han de dur protegida tota la zona metàl·lica amb material aïllant per evitar accidents elèctrics.

Les alicates més utilitzades a les instal·lacions elèctriques són:

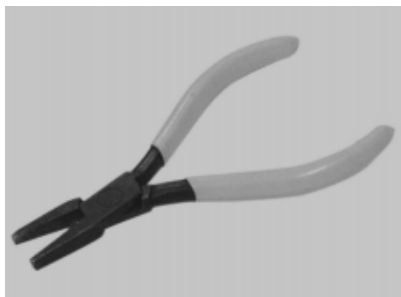


Alicates de tall

- Alicates universals: tenen diferents aplicacions: subjectar, doblegar i tallar (vegeu la figura 1.25).
- Alicates de tall: S'utilitzen per tallar els fils i els cables. Hi ha alicates de tall frontal i alicates de tall diagonal.
- Alicates de punta cònica: s'utilitzen per donar la forma rodona als terminals dels conductors que s'han de fixar amb cargols (vegeu la figura 1.26).

FIGURA 1.26. Alicates de punta cònica

- Alicates de punta plana: s'utilitzen per realitzar treballs de precisió. Tenen superfícies de contacte planes i hi ha alicates de punta plana l'extrem de les quals és de forma arrodonida per poder realitzar treballs de precisió (figura 1.27).

FIGURA 1.27. Alicates de punta plana

- Alicates de punta cigonya: s'utilitzen per subjectar cargols i poder cargolarlos en llocs de difícil accés. Estan formades per dues puntes en forma de bec de cigonya, on l'extrem es troba doblegat (vegeu la figura 1.28).

FIGURA 1.28. Alicates de punta de cigonya

Les tisores

Les tisores són una eina de tall que consta de dues fulles metàl·liques, afilades pel costat interior, acabades en un buit per introduir-hi els dits, i articulades en un eix pels seus extrems (palanca de primer ordre doble).

Les tisores d'electricista s'utilitzen per tallar i pelar conductors petits. Són més curtes i tenen les fulles més amples que altres tisores. Les tisores d'electricista han d'estar protegides. En la figura 1.29 es mostren unes tisores d'electricista.

FIGURA 1.29. Tisores d'electricista

El pelafils

Per veure com es fabriquen les diferents eines per a electricistes consulta la secció dels annexos on hi trobaràs un video on t'ho explica.

FIGURA 1.30. Pelafils

El pelafils és una eina de l'electricista que permet tallar i pelar els cables petits (vegeu la figura 1.30).

Permet l'ajustament de la longitud i profunditat de la pelada.

La guia passafils

Canvis de direcció als tubs protectors

Les guies passafils serveixen per introduir els cables a dins dels tubs protectors i permeten salvar els canvis de direccions dels tubs. Però si el tub és molt llarg d'una caixa de derivació a una altra i hi ha canvis de direcció molt tancats, pot haver-hi dificultats per poder passar el cable. És per aquesta raó que les corbes dels tubs de proteccions han de ser tan obertes com sigui possible.

La guia passafils s'utilitza per passar els cables per l'interior dels tubs o canals de protecció. La guia passafils és molt útil per passar els cables per un tub llarg o que tingui canvis de direcció. La guia passafils té un extrem amb un moll acabat en una punta arrodonida i a l'altre extrem un forat per lligar els cables.

La manera d'utilitzar-lo consisteix a passar primer la guia passafils des d'una caixa de derivació o de mecanisme per un tub fins a l'altra caixa de derivació o de mecanismes, de forma que a cada extrem del tub hi hagi guia passafils. Amb un dels extrems de la guia lligats als cables es poden passar els cables pel tub.

Els cables s'uneixen a l'extrem de la guia passafils de manera esgraonada i amb cinta aïllant per facilitar la introducció dels cables al tub.

1.3.2 Eines de seguretat

Les instal·lacions elèctriques es posen i es mantenen en algunes ocasions sense la desconexió de la tensió, amb la qual cosa és necessari utilitzar eines de seguretat per evitar accidents.

Les eines més importants són:

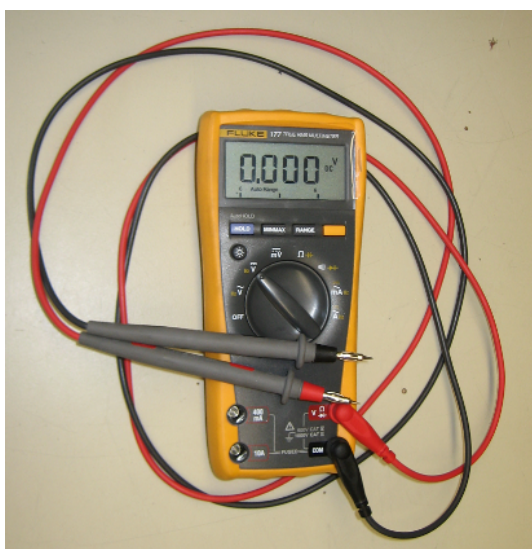
- Els guants de seguretat: són guants amb un aïllant que varia en funció de la tensió de treball.
- Pantalla protectora: s'utilitza quan es treballa en alta tensió per protegir el cap en cas d'arc elèctric.
- Altres eines de seguretat: les parts conductores de l'electricitat de qualsevol eina que s'utilitzi a les instal·lacions elèctriques han d'estar aïllades.

1.3.3 Instruments de mesura elèctrica

El muntatge de les instal·lacions requereix unes comprovacions de funcionament i després un manteniment amb la localització i la reparació de les possibles avaries.

Les comprovacions del funcionament i la localització d'avaries es realitzen amb els instruments de mesura elèctrica.

FIGURA 1.31. Multímetre



Els instruments de mesura elèctrica es poden classificar segons:

- El tipus de senyal que s'ha de mesurar: pot ser corrent altern (el corrent varia la seva magnitud i polaritat periòdicament) o continu (el corrent no varia la seva amplitud ni polaritat periòdicament).
- El tipus d'indicació: poden ser analògics (una agulla indica la mesura) o digitals (una pantalla mostra la mesura amb números).
- La magnitud que s'ha de mesurar: pot ser voltímetres, amperímetres, ohmímetres, vatímetres o multímetres (vegeu figura) en funció de si es vol mesurar en volts, amperes, ohms, wats o diverses mesures que es poden seleccionar.
- El tipus de precisió.

1.3.4 Característiques dels instruments de mesura

Les mesures amb instruments elèctrics es realitzen segons unes característiques que afecten les mesures i que, per tant, s'han de conèixer.

Les característiques més importants dels instruments de mesura són:

- Escala: Els instruments amb diferents escales permeten fer mesures entre zero i el fons d'escala, que és el valor màxim d'aquesta escala. L'escala es pot seleccionar i la mesura sempre s'ha de referir a l'escala escollida. La selecció de l'escala s'ha de fer amb l'escala més petita sense que se superi amb l'objectiu de tenir la màxima precisió.
- Exactitud: és la capacitat d'un instrument de mesurar un valor proper al valor de la magnitud real. Un instrument és més exacte com més s'assemblin el valor mesurat i el valor real.
- Precisió: és la capacitat d'un instrument de realitzar mesures similars. Un instrument és exacte i precís amb mesures totes properes entre si i alhora properes al valor desitjat. Un instrument exacte és precís però no necessàriament al contrari.
- Sensibilitat: és la relació que hi ha entre la variació de la magnitud que es mesura i la variació a l'instrument. És a dir, la sensibilitat és el valor mínim que es pot mesurar i que produeix un canvi a l'instrument.
- Temps de mesura: és el temps necessari perquè la mesura s'estabilitzi en el seu valor final.
- Error de mesura: és la diferència entre el valor real i el valor mesurat.

Les causes dels errors són múltiples i impliquen una incertesa. Quan es realitzen les mesures, els errors poden provenir d'errors sistemàtics i accidentals.

Els errors accidentals són aleatoris i, per tant, de difícil solució.

Els errors sistemàtics són causats pel mateix instrument de mesura o pel mètode d'utilització de l'instrument per part del tècnic. Els errors sistemàtics més habituals són:

- Error ambiental: és un error degut a les condicions de l'entorn. Per aquesta raó és important conèixer els marges ambientals d'ús de l'instrument.
- Error de l'instrument: amb el temps els instruments van perdent la seva capacitat d'exactitud i s'han de calibrar.
- Error metodològic: és un error degut a un ús incorrecte de l'instrument quan es fa la mesura. Aquest tipus d'error es pot minimitzar coneixent l'ús correcte de l'instrument.

Els errors són sempre presents a les mesures i es fa necessari avaluar-los, cosa que donarà informació de la precisió dels instruments de mesura. Aquesta avaluació es pot fer mitjançant l'error absolut i l'error relatiu.

1. **Error absolut:** és la diferència entre el valor mesurat i el valor real.

$$\varepsilon_{abs} = Valor_{mesurat} - Valor_{real}$$

Per exemple, per trobar l'error absolut d'una mesura de tensió amb un voltímetre amb les següents dades:

- Tensió mesurada: 234 V.
- Tensió real: 230 V.

S'ha de calcular la diferència entre el valor mesurat i el valor real:

$$\varepsilon_{abs} = Valor_{mesurat} - Valor_{real} = 234 - 230 = 4V$$

2. **Error relatiu:** és l'error comès per unitat de mesura i es calcula amb el quocient entre l'error absolut i el valor real. L'error relatiu s'expressa en percentatge.

$$\varepsilon_{relatiu} = \frac{\varepsilon_{abs}}{Valor_{real}} \cdot 100 = \frac{Valor_{mesurat} - Valor_{real}}{Valor_{real}} \cdot 100$$

Així, per trobar l'error relatiu d'una mesura de tensió amb un voltímetre amb les següents dades:

- Tensió mesurada: 234 V.
- Tensió real: 230 V.

S'ha de calcular amb el quocient entre l'error absolut i el valor real:

$$\varepsilon_{relatiu} = \frac{\varepsilon_{abs}}{Valor_{real}} \cdot 100 = \frac{Valor_{mesurat} - Valor_{real}}{Valor_{real}} \cdot 100 = \frac{234 - 230}{230} \cdot 100 = 1,74\%$$

Existeix un altre tipus d'error relatiu: l'**error relatiu al final d'escala**. L'error relatiu al final d'escala relaciona l'error absolut amb el final (o fons) d'escala i permet establir la classe de precisió de l'instrument de mesura:

Errors deguts a les condicions ambientals

Els errors deguts a condicions ambientals poden ser importants si es treballa amb l'instrument fora dels marges que indica el fabricant, com són la temperatura, la humitat, la pressió, els camps electromagnètics...

Mesures del valor real i del valor mesurat

El valor mesurat és l'únic que es pot conèixer amb l'instrument de mesura. El valor real es pot obtenir amb un instrument d'alta precisió o instrument patró.

Error absolut i relatiu

L'error absolut dona informació de la desviació entre el valor mesurat i el valor real. L'error relatiu dona més informació, ja que compara la desviació entre el valor mesurat i el valor real amb el valor real.

$$\varepsilon_{relatiuFE} = \frac{\varepsilon_{abs}}{Valor_{fonsd'escala}} \cdot 100 = \frac{Valor_{mesurat} - Valor_{real}}{Valor_{real}} \cdot 100$$

La classe de precisió d'un instrument es determina a partir de l'error absolut màxim de diferents mesures (vegeu taula 1.1).

En la taula 1.1 es mostren les classes de precisió dels instruments de mesura.

TAULA 1.1. Classe de precisió dels instruments de mesura

Classe	Aplicacions
0,1 i 0,2	Instruments de gran precisió per a investigació
0,5	Instruments de precisió per a laboratoris
1	Instruments de mesura de corrent continu portàtil per al servei tècnic
1,5	Instruments de mesura de corrent altern portàtil per al servei tècnic
2,5 i 5	Instruments de mesura indicadors per a quadres elèctrics

Exemple de determinació de la classe de precisió d'un instrument

Volem trobar la classe de precisió d'un voltímetre que utilitza un fons d'escala de 400 V i que realitza les mesures de la taula 1.2.

TAULA 1.2. Taula de mesures

	Voltímetre de mesura	Voltímetre patró
Mesura 1	123 V	110 V
Mesura 2	224 V	230 V
Mesura 3	325 V	330 V
Mesura 4	51 V	50 V
Mesura 5	134 V	115 V

Haurem de trobar l'error absolut màxim:

$$\varepsilon_{abs1} = Valor_{mesurat1} - Valor_{real1} = 123 \text{ V} - 110 \text{ V} = 13 \text{ V}$$

$$\varepsilon_{abs2} = Valor_{mesurat2} - Valor_{real2} = 224 \text{ V} - 230 \text{ V} = -6 \text{ V}$$

$$\varepsilon_{abs3} = Valor_{mesurat3} - Valor_{real3} = 325 \text{ V} - 330 \text{ V} = -5 \text{ V}$$

$$\varepsilon_{abs4} = Valor_{mesurat4} - Valor_{real4} = 51 \text{ V} - 50 \text{ V} = 1 \text{ V}$$

$$\varepsilon_{abs5} = Valor_{mesurat5} - Valor_{real5} = 134 \text{ V} - 115 \text{ V} = 19 \text{ V}$$

L'error absolut màxim s'obté amb la mesura 5, que dona 19 V:

$$\varepsilon_{absmaxim} = \varepsilon_{abs5} = 19 \text{ V}$$

L'error relatiu al fons d'escala és:

$$\varepsilon_{relatiuFE} = \frac{\varepsilon_{abs}}{Valor_{fonsd'escala}} \cdot 100 = \frac{19 \text{ V}}{400 \text{ V}} \cdot 100 = 4,75\%$$

La classe de precisió s'ajusta per damunt; per tant, l'instrument de mesura és de classe de precisió 5.

1.3.5 Prevenció de riscos laborals en instal·lacions elèctriques d'interior

En l'ofici de l'electricista, per evitar o minimitzar els riscos associats als locals i equips de treball o les seves conseqüències, es poden aplicar una sèrie de mesures de prevenció i protecció. A més a més, també s'ha de tenir en compte la utilització d'escales, i per tant, l'ús de mesures específiques.

Algunes de les mesures són:

- Risc de caigudes a diferent nivell:
 - Instal·lar baranes, passamans i rodapeus en totes les plataformes elevades.
 - Garantir el bon estat de conservació de les escales.
 - Muntar i utilitzar adequadament les escales.
 - Evitar l'ús d'elements inestables (tamborets, caixes, cadires) per a l'accés a llocs elevats.
 - Utilitzar sempre equips de protecció individual davant del risc de caigudes verticals (cinturons de seguretats o arnesos).
 - Comprovar que la coberta suporta el pes del cos i de l'equip, quan s'ha de treballar a sobre.
- Risc de relliscades i caigudes al mateix nivell.
 - Utilitzar calçat antilliscant.
 - Mantenir l'ordre i la neteja (terra net, sense cables, etc.).
 - Estar atent als desnivells, les irregularitats o els desperfectes del terra.
- Risc de talls, abrasions i cops.
 - Utilitzar l'eina adient per a cada tasca.
 - Mantenir les eines en bon estat i transportar-les adequadament.
 - Utilitzar màquines segures, amb la marca CE.
 - Utilitzar les màquines de manera correcta, segons les instruccions del fabricant.
 - Desar les eines tallants en fundes.
- Risc amb escales: les escales de mà han de tenir la resistència i els elements de suport i subjecció necessaris perquè utilitzar-les en les condicions requerides no representi un risc de caiguda, per ruptura o desplaçament d'aquestes. Abans d'utilitzar una escala de mà, cal assegurar-se de l'estabilitat que té. La base de l'escala ha de quedar sòlidament assentada. Les escales de mà es revisaran periòdicament.

- Risc relacionat amb l'actitud del treballador: per prevenir accidents s'ha de promoure l'acceptació de les mesures de seguretat, i formar el treballador sobre les situacions de risc que es pot trobar en cada tasca. S'ha de promoure la responsabilitat per la seguretat dels companys de feina i informar sobre les possibles conseqüències de la no-utilització dels equips de protecció.

2. Materials elèctrics: conductors, tubs i canalitzacions

Són molts els materials que es necessiten per fer una instal·lació elèctrica, a més són molt cars i el preu segueix pujant, sobretot el preu del coure, que als últims anys s'ha triplicat. Per això es fa necessari estalviar i optimitzar les instal·lacions. Per aconseguir aquesta optimització, cal fer un bon ús dels materials. Emprar el que cal, ni més ni menys.

L'element més importat és el cable elèctric, pel qual passen els electrons que porten l'energia elèctrica, i sense el qual seria impossible l'execució d'una instal·lació elèctrica. Però a més del cable són necessaris altres elements que fan la instal·lació més segura i fiable. I això és el que pretén la reglamentació, en concret, el Reglament electrotècnic per a baixa tensió (REBT) i la normativa UNE (una norma espanyola), fer les instal·lacions més segures i fiables.

Els elements, a més del cable, són els tubs i les canalitzacions que protegeixen els conductors enfront de deterioraments que puguin vindre de l'exterior (aigua, cops...).

Tant el conductor com els altres elements, cal que tinguin unes dimensions i característiques suficients, i això només és possible gràcies a les reglamentacions (REBT) i a les normalitzacions (UNE).

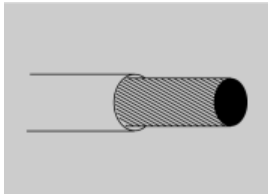
Hi ha, a més, una part molt important per portar a terme la instal·lació: les caixes de derivació i les connexions. És a dir, no es permet fer qualsevol connexió, en qualsevol lloc, un costum molt generalitzat en el món no professional de l'electricitat. Una mala connexió en un mal lloc és font de moltes avaries i en el pitjor dels casos de greus accidents i incendis.

2.1 El cable elèctric

L'element per on som capaços d'enviar l'energia o el corrent elèctric, des d'allà on es disposa fins on es consumeix, és el *cable elèctric*.

El cable elèctric, com qualsevol altre objecte de la tècnica o de la ciència, cal estudiar-lo per veure com funciona. D'aquesta manera aprofitem al màxim els avantatges, i reduïm al mínim els possibles inconvenients. El cable, doncs, divideix en dues parts o components físics: el **conductor** i l'**aïllant**. El conjunt conductor i aïllant és el que normalment anomenem *cable elèctric*.

El REBT entén per **cable elèctric** el conjunt constituït per un o més conductors aïllats, el seu revestiment individual, l'eventual protecció del conjunt, i els eventuais revestiments de protecció que es disposin. Pot tenir, a més, un o més conductors no aïllats.



El cable elèctric té a dins un gran nombre de fils caragolats

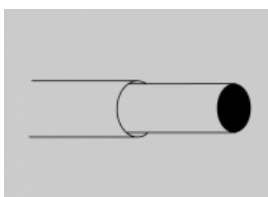
Per a l'estudi del **conductor** elèctric ens aprofitem dels avenços de la física i la matemàtica en aquest camp. El que es tracta és d'associar els fenòmens físics a les fórmules matemàtiques que ens interessin per després poder conèixer i dimensionar una instal·lació elèctrica.

El fenomen més important associat al conductor elèctric és la resistència que aquest ofereix al pas dels electrons.

La **resistència** és un element molt important, ja que en funció d'aquest el conductor s'escalfarà més o menys. Que un conductor s'escalfi és poc desitjable perquè els conductors porten uns aïllants plàstics que no suporten altes temperatures, es fonen. Aquesta escalfor també pot ser el començament d'un incendi. Aquest fenomen d'escalfament és també conegut com a *efecte Joule*, en honor al seu descobridor.

Els conductors no poden tenir qualsevol diàmetre, ni tampoc poden ser del color que més ens agradi per motius estètics. El conductor, per seguretat, fiabilitat i per reduir costos són d'uns diàmetres fixos i d'uns colors que varien depenent de la funció que desenvolupen dins de la instal·lació.

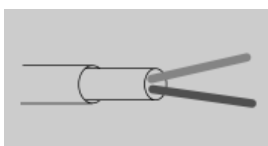
Pel que fa als **aïllants**, són de materials polimèrics. N'hi ha principalment de dos tipus: els termoplàstics, que aguanten només fins als 70 °C de temperatura, però que són barats; i els termoplàstics, que aguanten fins a 90 °C de temperatura i que són més cars. A més a més, hi altres tipus per a aplicacions especials, com ara que siguin elàstics o que no facin fum en cremar-se. A més, els aïllants tenen diferents colors que ens vénen imposats per les reglamentacions i normalitzacions per distingir les diferents funcions que tenen dins la instal·lació. I no per qüestions estètiques, o imposicions dels fabricants.



El fil elèctric consta d'aïllant (part externa) i conductor (part interna). El conductor només té un fil.

Pel que fa al nom que el cable elèctric pren en el món professional de l'electricitat és molt divers. S'utilitzen altres paraules, a més de *cable elèctric*, per diferenciar tipus o agrupacions de conductors elèctrics i aïllaments. A continuació us presentem tot un seguit de termes específics per parlar de material elèctric amb propietat:

- Fil: conductor cilíndric unipolar i amb un únic fil de coure o alumini.
- Cable o cable unipolar: conductor elèctric format per diversos fils enrotllats amb espiral.
- Mànegua o cable multipolar: conjunt de fils o cables aïllats amb una coberta exterior comuna a tots aquests.
- Pletina: conductor de secció rectangular. Emprat en quadres elèctrics i bobinatges de motors i transformadors de potència elevada.

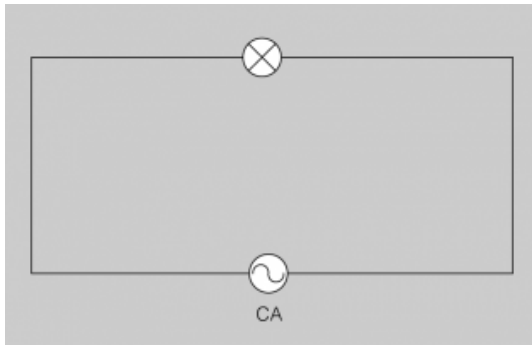


Mànegua o cable multipolar

2.1.1 La resistència

Quan parlem d'un circuit elèctric ràpidament ens ve al cap una imatge com la de la figura 2.1.

FIGURA 2.1. Circuit elèctric



En aquest, i per poc que coneguem la simbologia, veiem una font de tensió i una làmpada que consumeix tot el corrent. I tots dos estan units per un **conductor** que suposem *ideal*, és a dir, un conductor que transmet tota l'energia elèctrica que genera la font fins al consumidor, la làmpada, i no tenim cap tipus de pèrdua. En la situació real això no és veritat, hi ha pèrdues, però aquestes pèrdues de vegades són tan petites que no es tenen en compte. En el cas dels circuits elèctrics sí que cal tenir-les en compte, ja que poden arribar a ser importants i en alguns casos perilloses.

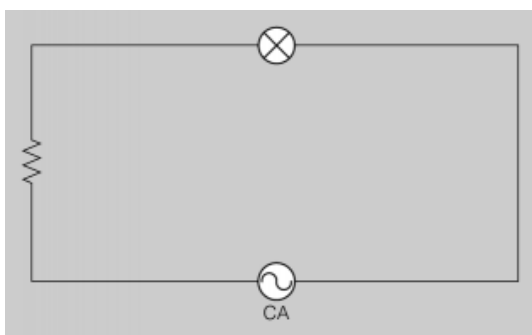
Les pèrdues del conductor són degudes al fet que tot conductor s'oposa, ofereix una resistència al pas del corrent elèctric.

Aleshores si volem apropar-nos més a la realitat, és a dir, que el circuit elèctric ideal s'apropi més al que realment passa, hem de representar en l'esquema del circuit l'efecte que la resistència té.

Com fem per fer el circuit més fidel a la realitat?

Hem de posar una resistència R (figura 2.2) en la qual suposem concentrada tota la resistència que ofereix el conductor al pas del corrent:

FIGURA 2.2. Circuit elèctric amb resistència



Un dels camps de la tecnologia més avançada és la recerca de materials que ofereixin la mínima resistència al pas del corrent elèctric: els *superconductors*.

En realitat aquesta resistència no és un element independent o extern com passa als circuits electrònics. En l'electrònica les resistències sí que són uns elements físics independents que s'utilitzen per limitar el pas del corrent o provocar una caiguda de tensió.

Els conductors dels circuits electrònics com ara els cables elèctrics, o les unions soldades entre components també tenen una resistència, però aquesta no la tenim normalment en compte per dues raons: la primera és que els corrents són mínims, entorn de mA, i la segona és que les resistències són molt curtes, entorn de cm. Però a les instal·lacions elèctriques els corrents són mínims, entorn de cm. Però a les instal·lacions elèctriques els corrents són molt més elevats, entorn de desenes o centenars d'amperes, i les distàncies fàcilment són centenars de metres. Així doncs, quan posem en marxa una instal·lació elèctrica cal tenir en compte la resistència que el cable elèctric té, tant a efectes de caiguda de tensió com a efectes d'escalfament.

Així doncs, quan posem en marxa una instal·lació elèctrica cal tenir en compte la resistència que el cable elèctric té, tant a efectes de caiguda de tensió com a efectes d'escalfament.

2.1.2 Càlcul de la resistència d'un conductor

Quan parlem de resistència ens referim a la resistència que ofereixen els electrons al pas del corrent elèctric. Aquest fenomen físic és molt clar, però no ens val conèixer-lo i prou, sinó que hem de ser capaços de quantificar-lo; és a dir, de mesurar-lo, de calcular-lo i de posar-li unitats. I per això és imprescindible l'ús de les matemàtiques, matemàtiques molt senzilles però necessàries, i que tot aquell que vulgui conèixer el funcionament d'una instal·lació elèctrica caldria que sabés, fins i tot de memòria...

Quins són els factors que afecten la resistivitat d'un conductor?

Podem pensar en el corrent elèctric com un flux d'electrons, com una canonada per on passa aigua i que, tot passant-hi, va perdent força o millor dit, pressió. Si en comptes d'aigua, pensem en electrons, en comptes de canonada, en cable elèctric, i en comptes de pressió, tensió o voltatge, veiem més clarament quin és el funcionament de cada un dels elements. Així, per exemple, com més ampla és la canonada l'aigua perd menys pressió, en electricitat com més gran és la secció del conductor menys pèrdua de voltatge tenim. També hi influirà que la canonada sigui més o menys llarga i que sigui de metall o de plàstic, antiga o nova.

Secció

La secció d'un conductor no és el diàmetre d'aquest. Recordem que la secció d'una circumferència és

$$S = \pi \cdot \left(\frac{d^2}{4}\right)$$

on d és el diàmetre (mm), s la secció (mm²) i $\pi=3,1416$.

Els factors que intervenen en la resistència del conductor elèctric al pas del corrent són:

- **s: secció** del conductor, que cal expressar-la en mm². Com més secció més facilitat de pas tindran els electrons; així doncs, tenim que són inversament proporcionals: com més secció menys resistència.

- **l: longitud** del conductor, que cal expressar en metres. Lògicament, com més longitud els electrons aniran perdent “força”, és a dir, la resistència serà directament proporcional a la longitud. Com més longitud més resistència.
- **ρ : resistivitat.** És una constant que depèn del material, i el material més utilitzat per als conductors elèctrics són el coure ($= 1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$) i l'alumini ($= 1/35 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$). Com més resistivitat, més resistència presenta el conductor; així doncs, és directament proporcional. El coure és més bon conductor que l'alumini (té menys resistivitat), però té dos inconvenients: un és que el coure pesa molt més que l'alumini; l'altre és l'elevat preu del coure, que cada vegada és més elevat que el de l'alumini.

Aquests tres factors són els que intervenen en la resistència del conductor i ara només cal posar-los a la mateixa fórmula: els directament proporcionals multiplicant i els inversament proporcionals dividint.

La **resistència** d'un conductor en funció de les propietats físiques és:

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

Exemple de càlcul de resistència

Calculeu la resistència d'un conductor de coure de 25 m de longitud, i d'1,5 mm² de secció.

Solució:

ρ és la resistivitat que per ser coure és 1/56 mm²/m

l és la longitud en aquest cas 25 m

s és la secció del conductor, en aquest cas 1,5 mm²

Posant els valors a la fórmula:

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

$$R = \frac{1}{56} \cdot \frac{25}{1,5} = 0,30 \Omega$$

Una de les conseqüències de la resistència d'un conductor és la diferència entre la tensió inicial i la tensió final, que es coneix amb el nom de *caiguda de tensió*.

La caiguda de tensió és la responsable que a una instal·lació no hi arribin els 230 V que en un principi surten del transformador. És a dir, en surten 230 V, però com que el cable no és perfecte i té una resistència, ens arriben, per exemple, només 225 V. Això vol dir que la caiguda de tensió ha estat de 5 V.

2.1.3 Escalfament

Una altra de les característiques que cal tenir en compte en l'elecció del conductor és l'escalfament al qual estarà sotmès. Per què un conductor s'escalfa?

Resistivitat i conductivitat

La resistivitat (ρ) i la conductivitat (σ) són inverses; és a dir, un conductor com més resistivitat (ρ) menys conductivitat (σ). Matemàticament $\rho = 1/\sigma$. Les unitats també són inverses:

$$\rho = \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\sigma = \text{m}/\Omega \text{ mm}^2$$

Ohm

Mestre de matemàtiques alemany (1789-1854), Ohm va fer molt per posar fórmules matemàtiques als fenòmens físics fent els seus experiments al taller de l'escola. Fins aleshores, les matemàtiques i la física eren independents. Va tenir grans lluites amb els físics de l'època per posar fórmules matemàtiques als fenòmens físics. La coneguda llei d'Ohm és potser la fórmula més coneguda descoberta per Ohm.

És el corrent que passa pel conductor el que fa que aquest s'escalfi, per dir-ho així. La resistència o el fregament dels electrons al seu pas pel conductor fan que aquest s'escalfi. Els elements que intervenen en aquest escalfament són el corrent que hi passi, la resistència (R) i el temps (t) que estigui passant. Tot plegat ho podem resumir en la següent fórmula

$$\text{Energia Calorífica} = I^2 \cdot R \cdot t$$

on:

- R = resistència
- I = intensitat que passa pel circuit
- t = temps que està en marxa

Les estufes elèctriques es basen en l'escalfament d'una resistència.

James Prescott Joule

El descobridor de l'escalfament d'un conductor d'un corrent va ser l'anglès James Prescott Joule (per això també s'anomena *efecte Joule*); i la unitat internacional d'energia és el joule.

Per tant, hem de tenir en compte la quantitat de corrent que passa per un conductor per tal que no s'escalfi excessivament, ja que si ho fa es pot fondre l'aïllant, provocar un curtcircuit amb altres conductors i produir un incendi.

I a més, és una pèrdua d'energia el fet que el cable no tingui la suficient secció i s'escalfi. Un cable que no té prou secció s'escalfa segons

$$\text{Energia Calorífica} = I^2 \cdot R \cdot t$$

i aquest escalfament, aquesta energia calorífica, són directament pèrdues que es paguen a la companyia elèctrica i que no s'aprofiten. Com es pot veure en la fórmula de l'energia calorífica, la quantitat d'energia que es perd és més gran quan tenim més corrent (I^2) i quan el conductor té més resistència (R), és a dir, menys secció. I finalment, també hi influeix el temps que estigui en marxa, per la qual cosa si una càrrega té molta potència, i està funcionant durant molt de temps, és molt important que tingui un cable de bona secció per no tenir unes elevades pèrdues d'energia (dinners).

2.1.4 Aïllant

El cable elèctric no només té un element metàl·lic (coure o alumini) capaç de fer de suport perquè els electrons puguin circular lliurement. És necessari que entre diferents conductors no hi hagi contacte. Si entre diferents conductors que normalment estan a diferent tensió o voltatge hi ha contacte es produeix un curtcircuit; i les seves conseqüències són, en el millor dels casos, que les proteccions es desapareixen; fins i tot es pot produir un incendi per curtcircuit.

Perquè els conductors mantinguin la tensió aïllada d'altres conductors, és necessari que tinguin un aïllant.

Dielèctric vol dir 'no conductor de l'electricitat'.

L'**aïllant** és la peça de material dielèctric que suporta la tensió assignada als conductors i impedeix el contacte elèctric amb l'exterior.

Els materials emprats per als aïllaments són els materials **polimèrics** i els **elastòmers**. El principal problema que presenten aquests materials és la poca resistència a les altes temperatures. És a dir, els materials només aconsegueixen suportar, com a màxim, uns 90 °C. A més temperatura es fonen i deixen de fer la seva funció. Aleshores els conductors perden l'aïllament i poden entrar en contacte amb altres conductors o materials a diferent tensió i es produeix un curtcircuit, tan conegut pel fet de ser el responsable de tants incendis.

Per veure com es fabriquen els cables i les diferents capes consulta la secció d'annexos on trobaràs un vídeo on t'explica el procés de fabricació.

Els tipus d'aïllants que s'utilitzen normalment a les instal·lacions electrotècniques interiors són:

- PVC (policlorur de vinil). És un termoplàstic molt econòmic i no suporta temperatures superiors a 70 °C. És el més utilitzat a les instal·lacions interiors domèstiques.
- EPR (etilè propilè). És un elastòmer derivat del cautxú i la seva principal característica és la flexibilitat.
- PE (polietilè) i XPLE (polietilè reticulat). És un termostable resistent a les altes temperatures de fins a 90 °C, per la qual cosa permeten fer instal·lacions més segures.

A més, cal mencionar una última exigència que ha entrat al món dels aïllants, sobretot els que s'utilitzen als locals de molta concurrència. Quan cremen no han de fer fum i no han de ser propagadors de la flama. Evidentment això fa augmentar-ne el cost, però és necessari que s'apliqui en instal·lacions en què hi ha d'haver un seriós compromís de seguretat, sobretot en locals d'una concurrència pública. Aquests tenen una composició de **poliolefina** per la seva baixa emissió de fums.

2.1.5 El pes

Al contrari del que pugui semblar, pesar les bobines de cables és molt útil per mesurar la quantitat de cable que hi queda.

La forma de procedir és la següent; primerament és pesa la bobina de cable de la qual sabem la longitud. Un cop utilitzat el cable necessari per a la instal·lació, tornem a pesar el que queda de cable i amb una senzilla regla de tres podem saber el cable que ens queda a la bobina.

Exemple de càlcul de cable restant

Una bobina de cable de 16 mm² de 100 m pesa 6,6 kg. Si després d'utilitzar-lo en una instal·lació pesa 2 kg, quant cable ens queda a la bobina?

Solució:

$$L = \frac{2 \cdot 100}{6,6} = 30,30 \text{ m}$$

En els catàlegs dels fabricants el pes és una dada que sol aparèixer. En la taula 2.1 podem veure alguns pesos significatius del cable H05VV-K i a la taula 2.2 alguns pesos significatius del cable H07V-K:

TAULA 2.1. Pes del cable H05VV-K, mànega de coure amb aïllament PVC

Secció (mm ²)	Pes (kg/km)
2 x 4	333
3 x 4	264
2 x 2,5	134
3 x 2,5	170

TAULA 2.2. Pes del cable H07V-K, cable unipolar de coure amb aïllament PVC

Secció (mm ²)	Pes (kg/km)
1 x 4	45
1 x 6	64

Per veure les dades que els fabricants de cables donen als seus catàlegs consulteu la secció "Annexos" que trobareu al web d'aquest mòdul.

El pes també té la seva importància a les grans instal·lacions, on per una safata o per un tub passen una gran quantitat de cables. El pes d'aquests pot fer que el tub es doblegui i que a llarg termini es trenqui. A les grans instal·lacions cal fer càlculs del pes dels conductors i de la resistència dels tubs o safates.

2.1.6 Secció i identificació de conductors

Les seccions dels conductors elèctrics també estan normalitzades, la qual cosa fa que només determinades seccions siguin utilitzades. Aquestes seccions normalitzades es poden trobar en l'RBT-ITC-19, en les UNE o fins i tot als catàlegs dels fabricants (vegeu taula 2.3).

TAULA 2.3. Seccions normalitzades (mm²)

1,5	2,5	4	6	10	16	25	35
50	70	95	120	150	185	240	300

Cal recordar que aquestes seccions no són ni el diàmetre del cable, ni la secció total del cable (aïllant més conductor), sinó que són la secció del conductor sol. Per saber la secció total del cable, és a dir, la secció del conductor més l'aïllant, cal anar una vegada més als catàlegs dels fabricants de cables elèctrics.

Un dels aspectes més importats a les instal·lacions elèctriques són les identificacions dels cables. Seguint la normativa (EN-UNE) i reglamentació (REBT), els cables s'identificaran mitjançant un codi de colors que mostra la seva funció dins la instal·lació, que és el que podeu veure en la taula 2.4.

TAULA 2.4. Codi de colors i funció

Color del cable	Funció
Negre, Gris, Marró	Fases
Blau	Conductor neutre
Verd-i-groc, Groc	Conductor de protecció

Normes harmonitzades

Perquè a tot el territori europeu hi hagi lliure comerç es va acordar (1983) que totes les normatives dels diversos estats es basarien en les normes europees (EN), i només serien traduïdes a les diverses llengües per les entitats normatives estatals (UNE).

No seguir aquest codi de colors pot suposar una falta greu en una instal·lació amb les conseqüents sancions. Si més no, també pot suposar un greu accident, si per exemple, un conductor de protecció s'utilitza com a fase, i el que treballa no ho sap, pot haver-hi un greu accident.

2.1.7 Característiques generals dels cables

De conductors n'hi ha de molts tipus; algunes de les característiques que cal tenir en compte són:

Tensió assignada

La tensió assignada d'un cable és la tensió de referència per a la qual s'ha dissenyat el cable, i que serveix per a definir els assajos elèctrics. La tensió assignada s'indica mitjançant la combinació de dos valors U_0 / U , expressats en volts, així:

- U_0 és el valor eficaç entre qualsevol conductor aïllat i el terra (revestiment metàl·lic del cable o medi circumdant)
- U és el valor eficaç entre dos conductors de fase qualssevol d'un cable multipolar o d'un sistema de cables unipolars

En un sistema de corrent altern, la tensió assignada d'un cable ha de ser almenys i com a mínim igual que la tensió nominal del sistema per al qual està previst. Aquesta condició s'aplica tant per al valor U_0 com per al valor U .

De manera general es pot entendre que la tensió assignada és similar a la tensió d'aïllament, és a dir, el valor màxim de tensió que pot suportar un cable sense que l'aïllament perdi les seves propietats dielèctriques. D'aquesta manera un cable de tensió assignada 450/750 V podria suportar fins a 450 V entre fase i terra i 750 V entre fase i fase.

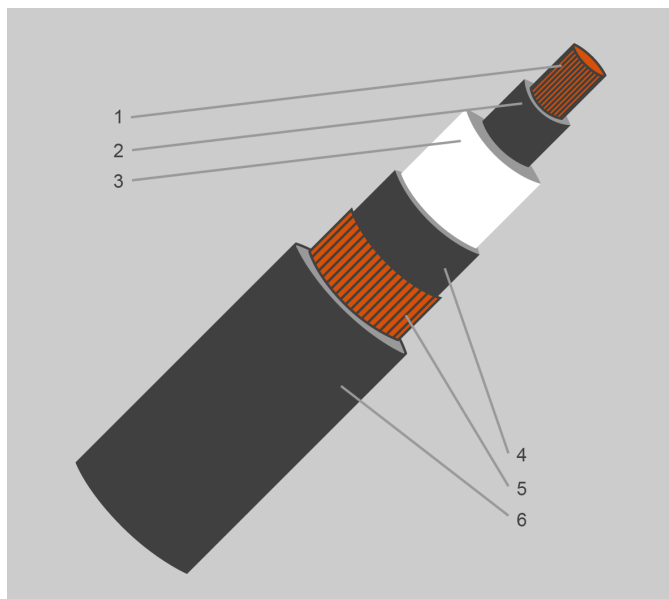
Composició

De cables elèctrics n'hi ha una gran quantitat de tipus, en funció de la tensió nominal, la instal·lació, i l'ambient on funcionarà. De manera genèrica un cable unipolar pot constar de les parts següents (vegeu la figura 2.3):

- Conductors (1): els conductors poden ser de coure o d'alumini i tenen com a missió conduir el corrent. A part del material, també es podrien classificar en funció de si el conductor és extraflexible, flexible o rígid. En el cas dels rígid poden estar formats d'un sol filferro o diversos filferros.
- Capa semiconductora del conductor (2): el conductor es pot recobrir per una capa semiconductora, que té una missió doble: per una part impedir la

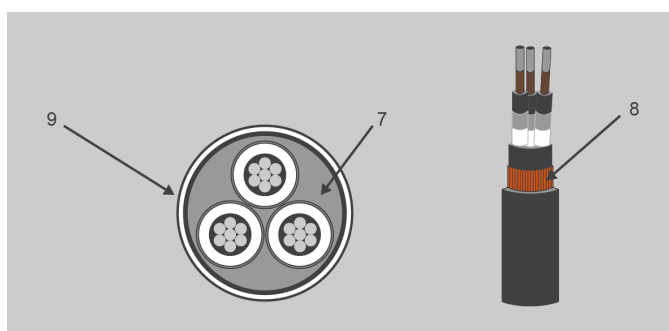
ionització de l'aire, que es produiria entre el conductor i el material aïllant, i per una altra millorar la distribució del camp elèctric a la superfície del conductor.

- Aïllant (3): cada conductor porta un embolcall aïllant, de diferents característiques segons el tipus de cable. Els més emprats són:
 - Policlorur de vinil (PVC): el PVC és un polímer termoplàstic sintètic obtingut per polimerització del clorur de vinil com a únic monòmer. El policlorur o el clorur de vinil són una font de greus impactes ambientals, tant en la fabricació (emissions de clorur de vinil i generació de residus especials), com en el processament (ús de metalls pesants i altres substàncies químiques problemàtiques) i la incineració (emissions d'àcid clorhídric i organoclorats). Fins que va aparèixer el polietilè reticulat com a aïllant, el PVC ha estat un destacat aïllant per a cables de baixa tensió.
 - Polietilè reticulat (XLPE o PER): l'XLPE és com es coneix l'aïllament amb polietilè reticulat. Entre les seves característiques tenim una gran estabilitat tèrmica, baixes pèrdues dielèctriques i una fàcil instal·lació per fer connexions i empalmaments.
 - EPR: l'EPR és com es coneix l'aïllament amb goma etilè-propilè. Les seves característiques inclouen els avantatges de l'XLPE, i a més té un molt bona resistència a la temperatura (gran estabilitat tèrmica) i a la ionització (efecte corona). A part d'aquestes n'hi ha moltes altres combinacions: goma d'etilè-propilè, goma de silicona, etc.
- Cinta semiconductora de l'aïllant (4).
- Pantalla (5): s'aplica una pantalla sobre cadascun dels conductors amb la finalitat de mantenir el camp elèctric a l'interior del cable i limitar la influència de cables propers. Normalment està constituïda per coure.
- Coberta exterior (6): són les capes o embolcalls externs que actuen com a protecció de cables elèctrics, com per exemple suportar els efectes mecànics produïts durant la vida útil: estesa del cable, fregament, pressions, etc. També hi ha cables multipolars. Els més habituals són els tripolars (3 fases) i els tetrapolars (3 fases més neutre). Aquests cables també es coneixen com a cables multiconductors o mànegues.

FIGURA 2.3. Estructura cable unipolar

De manera general, els cables multiconductors tenen les mateixes parts, però s'inclouen a més a més les següents (vegeu la figura 2.4):

- Farciment (7): té com a missió donar forma cilíndrica al conjunt de conductors.
- Armadura (8): va col·locada sobre el farciment i és un embolcall constituït per cintes, platines o filferros metàl·lics, que té com a missió evitar les pèrdues per inducció.
- Coberta (9): recobriment exterior del cable.

FIGURA 2.4. Estructura cable multiconductor

2.1.8 Nomenclatura de cables

Perquè tots els fabricants i usuaris de cables elèctrics utilitzin la mateixa nomenclatura, cal que estigui normalitzada per un organisme oficial. Altrament, cada fabricant posaria el nom comercial al seu producte i després hi hauria moltes confusions. Per exemple, podem parlar de sumihplex, pireghrol, retatenax... però

Cables multipolars o mànegues

Diversos conductors sota la mateixa coberta:

- Un conductor cable unipolar
- Dos conductors cable bipolar
- Tres conductors cable tripolar
- Quatre conductors cable tetrapolar

aquests noms no ens diuen res. Són de coure o d'alumini? Quin tipus d'aïllant? Unipolars o multipolars? Totes aquestes preguntes hem de poder contestar-les només veient el nom del cable.

En el cas dels cables elèctrics fins a 450/750 V, la normativa que utilitzem és l'UNE 20434, que està harmonitzada amb les normatives europees més importats. Això fa que s'anomeni un cable d'igual manera a tot el territori europeu.

La designació normativa dels conductors està formada per les següents parts:

- Correspondència amb altres normatives:
 - **H**: cable conforme a les normes harmonitzades
 - **A**: cable nacional reconegut i autoritzat
 - **N**: cable nacional no reconegut
- Tensió nominal:
 - **03**:300/300 V
 - **05**:300/500 V
 - **07**: 450/750 V
- Tipus de material aïllant + coberta:
 - **E**: polietilè
 - **V**:policlorur de vinil
 - **V5**:mescla de policlorur de vinil resistent a l'oli
 - **R**:goma natural o goma estirè/butadiè
 - **Z1**:compost termoplàstic de poliolefina (baixa emissió de fums)
 - **Z**:mescla reticulada de poliolefina (baixa emissió de fums)
 - **X**:polietilè reticulat
 - **N**:policloroprens(neoprens) només per a cobertes
- Formació del conductor després de guió:
 - **F**:flexible per servei mòbil (classe-5 UNE 21022)
 - **H**:extraflexible per servei mòbil (classe-6)
 - **K**:flexible per a instal·lació fixa
 - **R**: rígid, secció circular, diversos fils (classe-2 UNE 21022)
 - **U**:rígid, secció circular, de només un fil (classe-1)
- Nombre i secció nominal dels conductors:
 - Nombre de conductors aïllats
 - x: signe de multiplicació (que serà substituït per una *G* en el cas que sigui el conductor de protecció verd-i-groc)
 - Secció nominal del conductor en mm²

Les classes de l'UNE-21022

Defineixen la quantitat de fils amb els quals compta el conductor. Com més fils més flexible i classe més alta:
 Classe-1: un fil (rígid) Classe-2: fins a 61 fils Classe-5: fins a 1.768 fils Classe-6: fins a 2.350 fils Depèn del diàmetre del conductor.

Exemples de nomenclatures de cable i el seu significat

H05VV-F 4 G 6:

- H: cable de tipus harmonitzat 05: tensió nominal d'aïllament 300/500 V VV: aïllament i coberta de PVC
- F: cable flexible per a serveis mòbils (classe 5) 4 G: quatre conductors, un dels quals verd-i-groc 6: secció de 6 mm²

A07Z1-K 1 x 16:

- A: cable tipus nacional 07: tensió nominal d'aïllament 450/750 V Z1: compost termoplàstic de poliolefina (baixa emissió de fums)
- K: flexible per a instal·lació fixa 1 x: 1 conductor 16: secció de 16 mm²

H07Z-R 1 x 240:

- H: cable tipus harmonitzat 07: tensió nominal d'aïllament 450/750 V Z: mescla reticulada de poliolefina (baixa emissió de fums)
- R: rígid, secció circular, diversos fils (classe-2) 1 x: 1 conductor 240: secció de 240 mm²

Per al cas de cables de tensió assignada 0,6/1 kV s'utilitza la norma UNE 21-123, en què la designació dels cables es fa mitjançant 3 parts, segons apareix a la taula 2.5.

TAULA 2.5. Parts en la designació de conductors 0,6/1 kV

Part	Descripció
1	Tipus constructiu (aïllament, coberta de separació, proteccions metàl·liques i coberta exterior)
2	Tensió nominal del cable, expressada en kV
3	Indicacions relatives als conductors

Tipus constructiu

Es defineix el tipus constructiu d'un conductor 0,6/1 kV definint-ne l'aïllament (taula 2.6), la coberta de separació (taula 2.7), les proteccions metàl·liques o armadura (taula 2.8) i el material de la coberta exterior (taula 2.9).

TAULA 2.6. Aïllament

Codi aïllament	Descripció
V	Policlorur de vinil
E	Polietilè
R	Polietilè reticulat
D	Etilè propilè

TAULA 2.7. Coberta de separació

Codi coberta de separació	Descripció
E	Polietilè
V	Policlorur de vinil
N	Policloroprè
I	Polietilè clorosulfonat

TAULA 2.8. Proteccions metàl·liques o armadura

Codi proteccions metàl·liques	Descripció
O	Pantalla sobre el conjunt de cables aïllats cablats
F	Armadura de fleixos d'acer
FA	Armadura de fleixos d'alumini o d'aliatge d'alumini
M	Armadura de filferros d'acer
MA	Armadura de filferros d'alumini o d'aliatge d'alumini
Q	Armadures de platines d'acer
QA	Armadures de platines d'alumini o d'aliatge d'alumini
P	tub continu de plom
PA	tub llis d'alumini
AW	tub corrugat d'alumini

TAULA 2.9. Coberta exterior

Codi coberta exterior	Descripció
E	Polietilè
V	Policlorur de vinil
N	Policloroprè
I	Polietilè clorosulfonat

Tensió nominal

S'expressarà en kV i designarà els valors U_0 i U de la forma U_0/U .

Indicacions relatives als conductors

Per definir els conductors s'utilitzen les dades de la taula 2.10. La xifra, la secció i la naturalesa són obligatoris, i la resta opcionals.

TAULA 2.10. Definició conductors

Codi	Descripció
Xifra	Correspon al nombre de conductors seguit del signe x
Secció	Nominal dels conductors seguit de mm^2 . Primer dels conductors de fase i després del neutre, separats pel signe /

TAULA 2.10 (continuació)

Codi	Descripció
K	Forma del conductor, circular compacta (opcional)
S	Forma del conductor, circular sectorial (opcional)
Naturalesa del conductor	Si és de coure no indicarà res, i es designarà amb Al si és alumini
Pantalla	Si es requereix un tipus de pantalla metàl·lica d'una secció determinada, s'indicaran les dues dades en la designació del cable a continuació de la naturalesa del material del conductor i separats d'aquesta pel signe + (opcional)

Exemples de nomenclatures de cable i el seu significat

R V F V 0,6/1 kV 3 x 120/70

- Aïllament de polietilè reticulat
- Separació de policlorur de vinil
- Protecció metàl·lica de flexos d'acer
- Coberta exterior de policlorur de vinil
- Tensió nominal de 0,6 kV entre fase i terra i 1 kV entre fases
- 3 cables de coure de 120 mm² cadascun i un de 70 mm², que és el neutre

2.1.9 Cables d'alta seguretat

En cas d'un incendi, la seguretat dels conductors depèn dels paràmetres següents:

Comportament davant la propagació de l'incendi**No propagador de la flama**

Els cables no propagadors de la flama són aquells que, instal·lats individualment, no propaguen el foc al llarg de la instal·lació, ja que s'autoextingeixen quan la flama que els afecta es retira o s'apaga. Norma UNE-EN-50265 (es denominen *S*)

No propagador de l'incendi

Els cables no propagadors de la flama són aquells que no propaguen l'incendi al llarg de la instal·lació, fins i tot quan té un gran nombre de cables, ja que s'autoextingeixen quan la flama que els afecta es retira o s'apaga. Norma UNE-EN 50266 (es denominen *AS*)

Consulteu la secció d'annexos, on trobareu un document amb un cable concret del mercat, la seva denominació i les seves especificacions tècniques.

Resistents al foc

Són els cables que, a més de no propagar ni el foc ni la flama al llarg de tota una instal·lació, mantenen el servei durant un incendi prolongat i després, fins i tot si durant el foc es destrueixen els materials orgànics del cable a la zona afectada. En particular, s'acostumen a emprar en serveis essencials com circuits d'emergència o circuits de ventilació en aparcaments i garatges.

La resistència al foc està determinada per la norma UNE-EN 50200. Aquests cables es denominen amb les sigles AS+.

En la figura 2.5 i la figura 2.6 podem veure exemples de les proves de resistència al foc d'un cable:

FIGURA 2.5. Prova de resistència al foc d'un cable

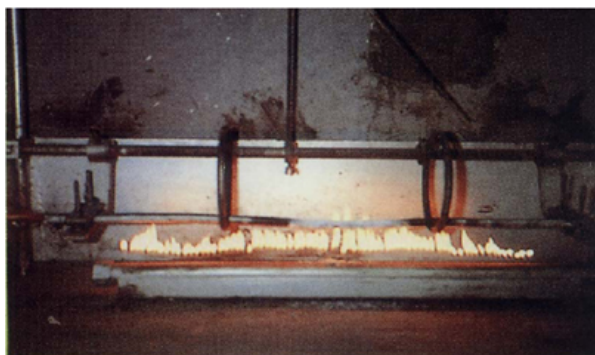


FIGURA 2.6. Prova de resistència al foc d'un cable



Emissió de gasos àcids, tòxics i corrosius

En el cas d'un incendi elèctric és molt important la composició dels gasos que s'emeten i el tipus de fum que s'origina. Si es té en compte la evacuació de les persones i la seva salut, s'haurà d'instal·lar uns conductors amb baixa emissió de fums i amb gasos no tòxics. Les dos proves que es fan en aquests cables d'altat seguretat son els de lliure d'halògens i baixa opacitat de fums.

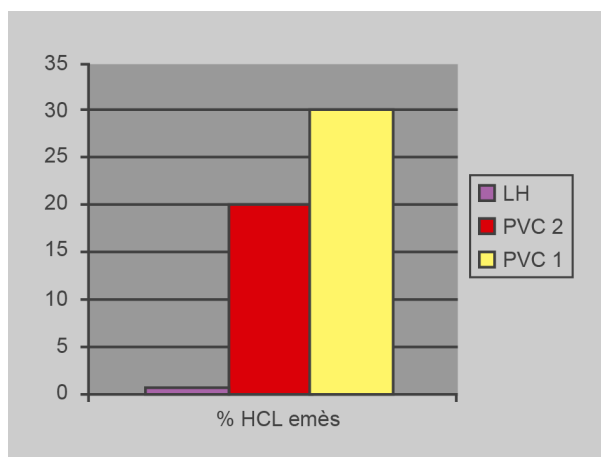
Lliure d'halògens

És un assaig en què s'analitzen els gasos que es desprenen durant la combustió dels materials procedents dels cables en cas d'incendi. S'ha demostrat que la inhalació de gasos tòxics i corrosius és la principal causa de mortaldat en els incendis.

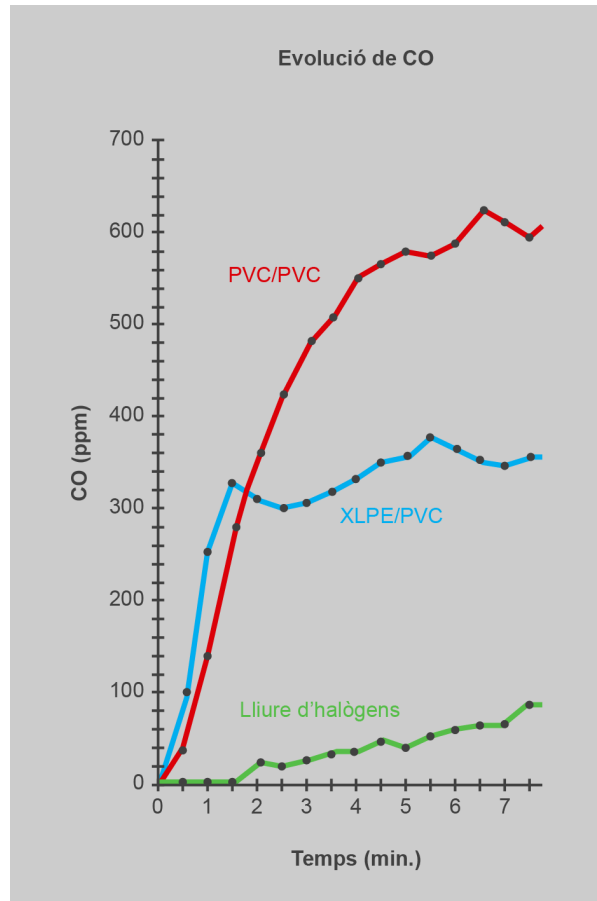
En un incendi d'un cable convencional es generen una gran quantitat de fums amb un alt contingut de monòxid de carboni, diòxid de carboni i d'àcid clorhídric, aproximadament un 30%. En canvi, un conductor lliure d'halògens genera en la combustió menys del 0,5%.

En la figura 2.7 i la figura 2.8 es pot veure la diferència en l'emissió de gasos tòxics entre un cable lliure d'halògens i un de convencional.

FIGURA 2.7. Emissió de gasos



LH: lliure d'halògens, emissió del 0,5%. PVC1, PVC2: cables més habituals, amb percentatge d'emissió entre un 20% i un 30%

FIGURA 2.8. Emissió de gasos

Diferents estudis confirmen que els 3-4 minuts inicials són crucials per evitar les víctimes ocasionades en els incendis. En els conductors lliures d'halògens l'evolució del monòxid de carboni és molt lenta i reduïda.

Baixa opacitats de fums. Densitat de fums

Un cable convencional en cas d'incendi desprèn una gran quantitat de fum negre i espès (transmitància lumínica inferior al 10% als 15 minuts d'un assaig en una cabina, segons la norma UNE-EN 50268). En canvi, un cable lliure d'halògens amb una baixa opacitat de fums desprèn un fum gairebé transparent (transmitància lumínica superior al 60% després de l'assaig en cabina segons la norma UNE-EN 50268).

En cas d'incendi, és de vital importància facilitar la sortida de les persones, que amb gran quantitat de fum de color negre és gairebé impossible. Per tant, en determinats casos, l'elecció d'un conductor amb baixa opacitat de fums és l'opció més segura.

En la figura 2.9 podem veure un exemple d'assajos d'opacitat de fums en diferents cables.

FIGURA 2.9. Assaig d'opacitat de fums

2.1.10 Guia per escollir un cable segons la normativa

Per a cada part d'una instal·lació elèctrica el reglament determina unes característiques específiques per als conductors. En funció de la part de la instal·lació (interior, derivació individual, distribució, etc.) i del tipus de local (habitatge, lloc amb risc d'incendi, lloc humit, etc.) es recomana un tipus de cable o un altre.

De forma general, els tipus de cable més emprats són els H07-VK , VV-K, RV-K, RZ1-K(AS) i ESO7V-K (AS).

Per veure el cable específic a cada part d'una instal·lació i en funció del tipus de local consulta la secció d'annexos on trobaràs dos taules amb tota la informació del Reglament resumida.

2.2 Tubs i canalitzacions

Podem distingir diversos tubs per a l'execució d'instal·lacions elèctriques en funció del material de què estan fets i de la forma en què són tractats a l'hora de fer la instal·lació. Per classificar els diversos tubs i en quin tipus d'instal·lació han de fer-se servir, utilitzarem la ITC-BT-21 de l'RBT. Aquesta ITC ens marca:

- El tipus d'instal·lació marca el tipus de tub a utilitzar.
- Les característiques tècniques que han de complir els tubs.
- La quantitat de conductors que poden anar dins de cada tub.

2.2.1 Tipus de tubs

Podem distingir els següents tipus de tubs en funció de les seves propietats físiques:

Tubs rígids



Tub rígid

Són aquells que necessiten una eina o procés especial per fer-ne les corbes. I poden ser:

- Corbament en calent, són normalment de PVC o PE i per fer la corba cal escalfar-los.
- Corbament amb màquina especial. Són d'acer galvanitzat i presenten una elevada resistència als cops.

Pel que fa als diàmetres dels tubs rígids, n'hi ha diversos d'estàndard (vegeu taula 2.11).

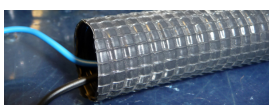
TAULA 2.11. Diàmetre interior-exterior dels tubs rígids

Diàmetre exterior (mm)	Diàmetre interior (mm)
16	10,5
20	14
25	18
32	24,5
40	31,5
50	40,5
63	52

Tubs corbables

Són aquells que es poden corbar amb la mà, i poden ser de PVC o metàl·lics. Estan pensats per utilitzar-se en instal·lacions fixes; per tant, encara que siguin corbables a mà tenen un cert grau de flexibilitat que cal no sobrepassar.

Tubs flexibles



Tub flexible

Estan dissenyats i s'utilitzen per suportar al llarg de la seva vida útil una gran quantitat de flexions. S'utilitzen en maquinària mòbil.

Pel que fa als diàmetres dels tubs flexibles, n'hi ha diversos d'estàndard (vegeu taula 2.12).

TAULA 2.12. Diàmetre interior i exterior de tubs flexibles

Diàmetre exterior (mm)	Diàmetre interior (mm)
16	10,7
20	13,4
25	18,5
32	24,3
40	31,2
50	39,6

Tubs soterrats

La característica més important d'aquests tubs i que els diferencia dels altres és la seva elevada resistència a la compressió.

Les resistències a la compressió, l'impacte i les temperatures mínima i màxima d'instal·lació i servei defineixen les característiques bàsiques més rellevants dels tubs, que se solen representar mitjançant un codi de 4 xifres. El primer dígit fa referència a la resistència a la compressió (vegeu la taula 2.13), el segon a la resistència a l'impacte (vegeu la taula 2.14), i els dos següents són les temperatures mínima i màxima d'instal·lació i servei.

TAULA 2.13. Resistència a la compressió

Classificació	Tubs	Força de compressió (N)
2	Lleuger	320
3	Mitjà	750
4	Fort	1250
5	Molt fort	4000

TAULA 2.14. Resistència a l'impacte

Classificació	Tubs	Força de compressió (N)
1	Molt lleuger	0,5
2	Lleuger	1
3	Mitjà	2
4	Fort	6
5	Molt fort	20

Per al cas de tubs en canalitzacions superficials ordinàries fixes, la codificació mínima per a les 4 característiques bàsiques correspon a 4321. Aquest codi, juntament amb la característica de "no propagador de la flama", defineix el producte per instal·lar. Significaria que té una resistència forta a la compressió (4), una resistència mitjana a l'impacte (3) i una temperatura mínima d'instal·lació i servei de -5 graus (2) i màxima de 60 graus (1) (no s'adjunta taula perquè normalment s'utilitzen sempre aquests dos números).

2.2.2 Tipus d'instal·lacions

Cada un dels tubs s'utilitza preferentment en una o altra instal·lació. Per això és important fer una classificació de les diferents instal·lacions i el tub que cal emprar:

- Canalització fixa en superfície: els tubs han de ser preferentment rígids i en casos especials es poden emprar tubs corbables.
- Canalitzacions encastades: els tubs protectors han de ser rígids, corbables o flexibles i amb unes propietats mecàniques mínimes per suportar els possibles fregaments i escalfaments. Hi distingim 3 tipus:
 - Tubs en canalitzacions encastades en parets tèrmiques aïllants.
 - Tubs en canalitzacions en buits de la construcció o en falsos sòls o falsos sostres.
 - Tubs en canalitzacions encastades en parets d'obra (figura 2.10).
- Canalització aèria o amb tubs a l'aire: són destinades a alimentar a màquines o elements de mobilitat restringida i els tubs han de ser flexibles.
- Canalitzacions soterrades: per a aquest tipus d'instal·lacions cal fer servir tubs especialment fabricats per al soterrament amb molt bona resistència a la compressió.

FIGURA 2.10. Exemple instal·lació encastada en parets d'obra



2.2.3 Característiques i diàmetres dels tubs en funció del tipus d'instal·lació

En funció del tipus d'instal·lació tenim unes característiques de tubs i de quantitat de cables que poden allotjar que estan clarament especificades en la ITC-BT-21.

1) Tubs en canalitzacions fixes en superfície: a les canalitzacions superficials, els tubs han de ser preferentment rígids i en casos especials corbables. Un exemple

d'aquests casos especials seria quan la instal·lació s'ha realitzat amb tub rígid de muntatge superficial, i posteriorment s'han instal·lat els llums; l'ús de tubs corbables pot compensar les possibles desviacions. Aquests tubs han de complir unes característiques, com per exemple, resistència a l'impacte, temperatura màxima i mínima de servei, resistència a la flama. Per assegurar-nos que els tubs compleixen aquestes característiques, cal fer els assajos que ens indiquen les normes UNE-EN 50086-2-1 per als rígids i la 50086-2-2 per als corbables. Com ens recorda la ITC-BT-21, els tubs han de tenir un diàmetre que permeti un fàcil allotjament i extracció dels cables o conductors aïllats. En la taula 2.15 figuren els diàmetres exteriors mínims dels tubs en funció del nombre i la secció dels conductors o cables per conduir.

TAULA 2.15. Diàmetres exteriors mínims dels tubs en canalitzacions fixes en superfície

Secció Nominal dels conductors unipolars (mm ²)	Nombre de conductors				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	40
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	–
185	50	63	75	–	–
240	50	75	–	–	–

Per a més de 5 conductors per tub o per a conductors aïllats o cables de seccions diferents que cal instal·lar al mateix tub, la seva secció interior ha de ser com a mínim igual a 2,5 vegades la secció que ocupen els conductors.

2) Tubs en canalitzacions encastades: a les canalitzacions encastades, els tubs protectors poden ser rígids, corbables o flexibles i les seves característiques mínimes són donades per la ITC-BT-21 i les normes UNE-EN 50086 per a cadascun dels tipus de tubs. Els tubs han de tenir un diàmetre que permeti un fàcil allotjament i extracció dels cables o conductors aïllats. En la taula 2.16 figuren els diàmetres exteriors mínims dels tubs en funció del nombre i la secció dels conductors o cables per conduir.

TAULA 2.16. Diàmetres exteriors mínims dels tubs en canalitzacions encastades

Secció Nominal dels conductors unipolars (mm ²)	Nombre de conductors				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	50	63	75	–	–
150	40	63	75	75	–
185	50	75	–	–	–
240	63	75	–	–	–

Per a més de 5 conductors per tub o per a conductors aïllats o cables de seccions diferents que cal instal·lar al mateix tub, la seva secció interior ha de ser com a mínim igual a 3 vegades la secció que ocupen els conductors.

Es pot comprovar que fa falta més diàmetre als tubs encastats que als superficials. Les instal·lacions encastades tenen més corbes i això fa que el pas dels cables sigui més difícil, aleshores cal utilitzar tubs d'un diàmetre més gran que a les instal·lacions superficials. A més a més, els tubs encastats es reescalfen més i convé que el tub sigui ample per evitar justament aquests escalfaments.

3) Canalitzacions aèries o amb tubs a l'aire: en les canalitzacions a l'aire destinades a alimentar màquines o elements de mobilitat restringida, els tubs han de ser flexibles i les seves característiques mínimes les estableix la norma UNE-EN 50086.

Els tubs han de tenir un diàmetre que permeti un fàcil allotjament i extracció dels cables o conductors aïllats. En la taula 2.17 figuren els diàmetres exteriors mínims dels tubs en funció del nombre i la secció dels conductors o cables per conduir.

TAULA 2.17. Diàmetres exteriors mínims dels tubs en canalitzacions aèries o tubs a l'aire

Secció Nominal dels conductors unipolars (mm ²)	Nombre de conductors				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

Per a més de 5 conductors per tub o per a conductors aïllats o cables de seccions diferents que cal instal·lar al mateix tub, la seva secció interior ha de ser com a mínim igual a 4 vegades la secció que ocupen els conductors.

4) Tubs en canalitzacions soterrades: per a les canalitzacions soterrades s'utilitzen tubs fabricats a propòsit. I les seves característiques mínimes han de ser suficients per passar els assajos de la norma UNE-EN 50086.

En la taula 2.18 figuren els diàmetres exteriors mínims dels tubs en funció del nombre i la secció dels conductors o cables per conduir.

TAULA 2.18. Diàmetres exteriors mínims dels tubs en canalitzacions soterrades

Secció Nominal dels conductors unipolars (mm ²)	Nombre de conductors				
	≤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	—

Per a més de 10 conductors per tub o per a conductors o cables de seccions diferents per instal·lar al mateix tub, la seva secció interior ha de ser com a mínim igual a 4 vegades la secció que ocupen els conductors.

Quan la quantitat de cables és superior al valor que apareix en les taules cal multiplicar, depenent del tipus d'instal·lació, per 2,5 o per 3 o per 4 la secció ocupada pels cables, però com sabem la secció ocupada pels cables?

Per calcular la secció que ocupen els conductors, és necessari saber el tipus de cable que anirà dins del tub, dada que als catàlegs dels fabricants de cables normalment apareix, la secció total ocupada pel cable, és a dir, no tan sols la del conductor, sinó la del conductor més l'aïllant o aïllants que puguin portar. En la taula 2.19 podem veure diferents seccions totals de diferents cables.

TAULA 2.19. Seccions totals, conductor més aïllant

Cable	Conductors X secció del conductor (mm ²)	Diàmetre Exterior (mm)
H07v-K	1 x 1,5	3,4
	1 x 2,5	4,1
	1 x 4	4,8
	1 x 6	5,3
H07V-U	1 x 1,5	3,2
	1 x 2,5	4,1
	1 x 4	4,4
H07V-R	1 x 6	5,2
H05VV-F	2 x 1,5	7,5
	3 x 1,5	8,3
	2 x 2,5	9,4
	3 x 2,5	10,1
	2 x 4	10,5
	3 x 4	11,7
	4 x 4	13,2

Exemple de càlcul del diàmetre del tub que cal emprar menys de 5 conductors (instal·lació encastada)

Quin serà el diàmetre exterior del tub (en mm) a una canalització encastada si han d'anar 3 conductors de 2,5 mm² de secció?

Solució

Segons la taula 2.16, el diàmetre exterior del tub serà de 20mm

Exemple càlcul del diàmetre del tub que cal emprar més de 5 conductors (instal·lació encastada)

Si hem de posar 8 cables H07V-K de 2,5 mm², quin diàmetre de tub ens farà falta per a un tub en instal·lació encastada?

Solució

Cada cable té un diàmetre exterior de 4,1 mm segons la taula 2.19; així doncs, cada cable ocuparà la següent secció:

$$s = \pi \cdot r^2$$

$$s = \pi \cdot \frac{d^2}{4} = \pi \cdot \frac{4,1^2}{4} = 13,20 \text{ mm}^2$$

$13,2 \cdot 8 = 105 \text{ mm}^2$ és el que ocupen els 8 cables; però que ha de ser 3 vegades més gran que l'ocupat pels cables segons la ITC-21.

$$105 \cdot 3 = 316 \text{ mm}^2$$

Amb 316 mm^2 de secció exterior es calcula el radi exterior:

$$R = \sqrt{\frac{s}{\pi}} = \sqrt{\frac{316}{\pi}} = 10,02 \text{ mm}$$

Si el radi exterior és de 10,02 mm, el diàmetre serà 2·radi, és a dir, $2 \cdot 10,02 = 20,04 \text{ mm}$

Agafarem un tub que tingui un diàmetre exterior el superior normalitzat. Segons la taula per instal·lacions encastades el normalitzat següent és 25 mm.

Una altra forma de fer el mateix (més ràpida) es la següent:

1. Si tenim 8 de $2,5 \text{ mm}^2$, la secció total seria $8 \cdot 2,5 = 20 \text{ mm}^2$
2. Seria com un únic conductor de 20 mm^2
3. A la taula d'instal·lacions encastades, entrem amb 1 conductor de 20 mm^2
4. Com no n'hi ha, agafem el superior, 25 mm^2 , i el diàmetre del tub que li correspon és de 25 mm. El mateix.

2.2.4 Instal·lació i col·locació dels tubs

Com podem comprovar, la ITC-BT-21 ens dóna unes clares indicacions de com cal fer la instal·lació i col·locació dels tubs que reproduïm a continuació:

- El traçat de les canalitzacions s'ha de fer seguint línies verticals i horitzontals paral·leles a les arestes de les parets que limiten el local on s'efectua la instal·lació.
- Els tubs s'han d'unir entre si mitjançant accessoris adequats a la seva classe que assegurin la continuïtat de la protecció que proporcionen als conductors.
- Com podem veure en la figura 2.11, en la instal·lació d'aquest tub hem seguit les línies de les arestes de la paret i hem utilitzat l'accessori adequat per assegurar la continuïtat de la protecció.
- Els tubs fixos en superfície es fixen per mitjà de brides o abraçadores protegides contra la corrosió i subjectes sòlidament. La distància entre aquestes ha de ser com a màxim de 0,5 metres. S'han de col·locar fixacions a una part i a l'altra dels canvis de direcció, dels empalmaments i a la proximitat immediata de les entrades en caixes o aparells.

A la figura 2.11 podem veure l'ús d'una abraçadora. Per a una instal·lació perfecta i, d'acord amb el que diu el Reglament, en aquesta instal·lació del tub de la figura

2.11 falta una altra abraçadora a l'altre costat perquè és un empalmament. És de sentit comú que en un empalmament el tub té menys consistència i per això es fa necessari col·locar fixacions a una part i l'altra. En aquest cas només l'han posat en una part.

FIGURA 2.11. Accessoris per a tubs. Ús d'un accessori perquè la protecció del tub sigui efectiva.



També hi han abraçadores de doble pota com la de la figura 2.12, que proporcionen millor subjecció.

- Amb els tubs fixos encastats cal tenir en compte que les regates no posin en perill la seguretat de les parets o sostres on es fan. Les dimensions de les regates han de ser prou espaioses perquè els tubs quedin coberts per una capa d'un centímetre d'espessor, com a mínim. Als angles, el gruix d'aquesta capa es pot reduir a 0,5 centímetres.
- Els tubs fixos encastats destinats a la instal·lació elèctrica de les plantes inferiors no s'han d'instal·lar entre forjat i revestiment.

FIGURA 2.12. Abraçadora de doble pota



- En cas que s'utilitzin tubs encastats en parets, és convenient col·locar els recorreguts horitzontals (no en diagonal), a 50 centímetres, com a màxim, de terra i sostres, i a les verticals, a una distància dels angles de les cantonades no superiors a 20 centímetres.

2.2.5 Canals protectores

La canal protectora és un material d'instal·lació constituït per un perfil tant de parets perforades com no perforades destinat a allotjar conductors o cables i tancat per una tapa desmuntable, d'acord amb el que indica la ITC-BT-01 (Terminologia).

Les canals han de tenir les característiques que disposen les normes de la sèrie UNE-EN 50085 i es classifiquen d'acord amb el que s'hi estableix:

- En les canals protectores classificades com a “canals amb tapa d'accés que només es pot obrir amb eines”, d'acord amb la norma UNE-EN 50085-1 es pot:
 - Utilitzar conductor aïllat, de tensió assignada 450/750 V.
 - Col·locar mecanismes com ara interruptors, preses de corrent, dispositius de comandament i control, etc., d'acord amb les instruccions dels fabricants.
 - Realitzar empalmaments de conductors a l'interior i connexions als mecanismes.
- En les canals classificades com a canals amb tapa d'accés que es pot obrir sense eines només es pot utilitzar conductor aïllat sota coberta estanca, de tensió mínima de 300/500 V.

El nombre màxim de conductors que poden estar allotjats a l'interior d'una canal ha de ser compatible amb la fàcil instal·lació d'aquests i considerant la incorporació d'accessoris a la mateixa canal.

Per a la instal·lació tenim en compte el mateix que per als tubs de muntatge en superfície.

2.3 Caixes universals, de derivació i de protecció

Els empalmaments o derivacions es faran sempre a les caixes i mitjançant regletes de connexió (de la grandària adient al cable) i mai retorcent els conductors entre ells.



Exemple de canals protectores

En l'apartat “Reconeixement de dispositius i materials en instal·lacions” podeu consultar fotos de caixes universals, de derivació i de protecció.

Podem fer una classificació de les caixes segons l'ús que se'n faci:

- Caixes universals: destinades a allotjar els mecanismes com ara interruptors o bases de corrent. Poden ser encastades o de superfície; per norma general les mesures són 75 65 41 mm.
- Caixes de derivació o empalmament: destinades a allotjar les connexions entre conductors, poden ser quadrades o circulars, i hi ha de diverses mides i també encastades o de superfície, aquestes últimes normalment estanques.
- Caixes de protecció: destinades a allotjar els elements de comandament i protecció (magnetotèrmics i diferencials). La seva mida depèn del nombre de mòduls a posar (8, 12, 24, 28, 48) amb ICP a part o no. A la figura 2.13 es pot veure un quadre de protecció d'un habitatge amb electrificació elevada amb l'ICP separat de la resta d'elements de comandament i protecció.

FIGURA 2.13. Caixa de protecció amb electrificació elevada

