

Xarxes elèctriques en mitjana tensió

Desenvolupament de xarxes elèctriques i centres de transformació

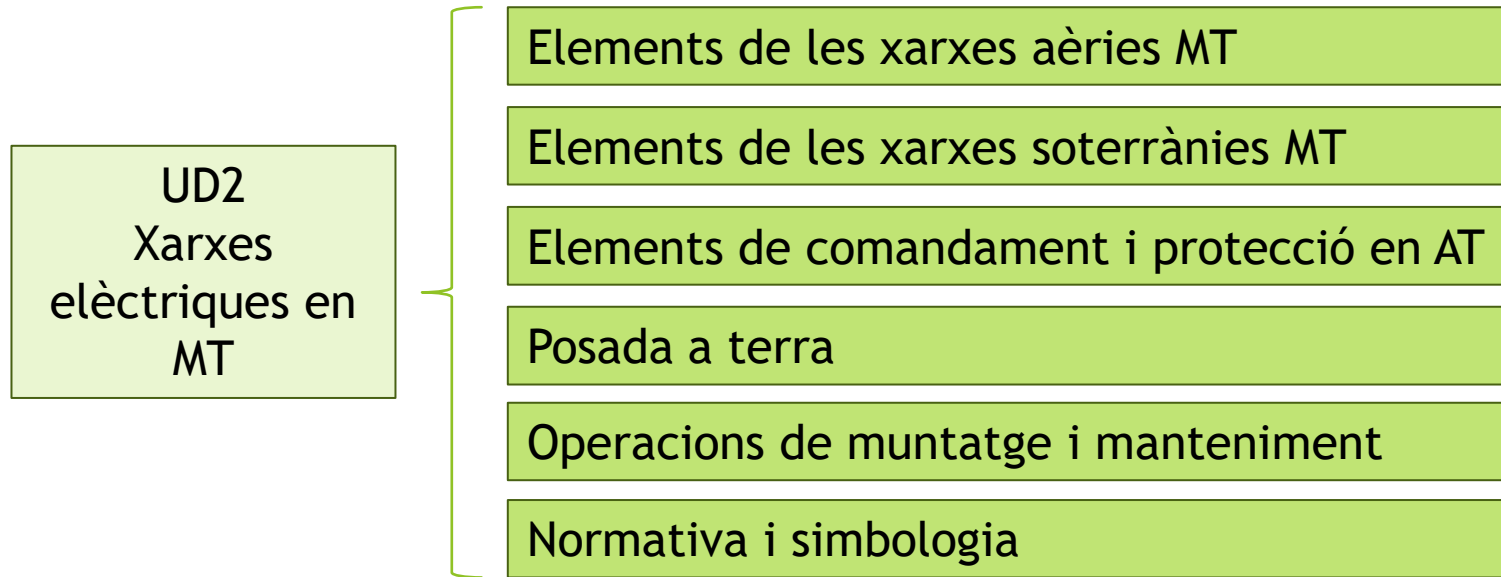
CFGS Sistemes electrotècnics i automatitzats



Pau Casesnoves

Centre Integrat de Formació Professional

Esquema de la unitat



Normativa d'aplicació

- ▶ Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- ▶ Normes companyia elèctrica.
- ▶ Normes UNE.

Línies elèctriques MT	Línies elèctriques aèries amb conductors nus	Suports	Metà·lics
			Formigó
			Fusta
		Creueres	Metà·liques
		Ferratges	
	Línies elèctriques aèries amb conductors aïllats trenats	Aïlladors	Porcellana
			Vidre
			Sintètics
		Conductors	Nu Alumini-acer
			Aïllat trenat
		Cimentacions	
	Línies soterrànies	Rases (<i>zanjas</i>)	
		Conductors	
		Entroncaments (<i>empalmes</i>)	

Introducció

- ▶ Les línies de mitjana tensió tenen el seu inici a les subestacions reductores, que passen d'alta tensió a mitjana. En el cas de Balears aquestes subestacions passen de 66 kV a 15 kV.
- ▶ Després les línies de mitjana tensió duen l'electricitat als centres de transformació seguint algunes de les estructures ja vistes (radial, bucle, fus...)
- ▶ Encara que el Reglament de Línies d'Alta Tensió (RLAT) no defineix que és la mitjana tensió, es considera mitjana tensió a l'alta tensió de tercera categoria (de 1 fins a 30 kV).
- ▶ En aquesta unitat es tractaran els elements d'aquestes línies, tant aèries com soterrades.



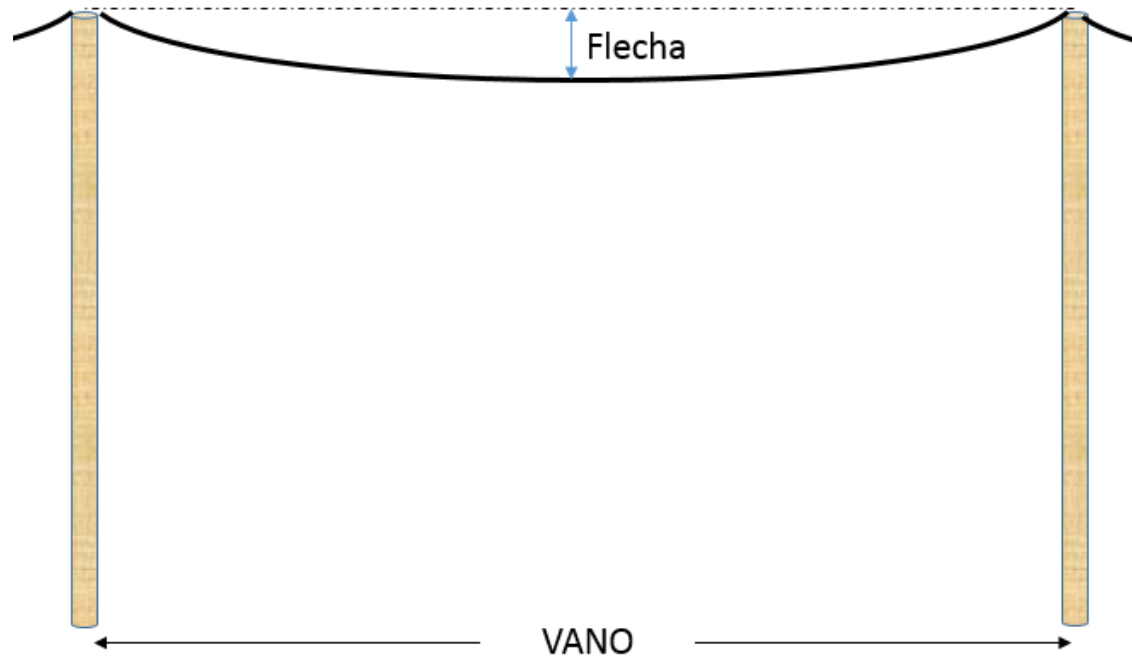
Línies aèries

Les xarxes aèries poden ser de cable nu o aïllat, encara que normalment s'utilitzen de cable nuu.

S'utilitzen quan les línies discorren per llocs despoblats o poc poblats

Coneixements previs

- Obertura/llum (*vano*): és la distància entre suports consecutius d'una línia.
- Fletxa: és la distància màxima entre l'horitzontal dels suports i el punt més baix del conductor.



Elements d'una xarxa aèria

- ▶ Suports
- ▶ Creueres
- ▶ Aïlladors
- ▶ Ferramenta
- ▶ Cables i conductors
- ▶ Protecció de l'avifauna

Suports - Fonaments

- ▶ Podran ser realitzats en formigó, formigó armat o acer.
- ▶ Els suports de fusta i formigó no necessiten fonaments. Però s'han de clavar en terra una profunditat de 1,3 metres pels suports de menys de 8 metres, i augmentar 0,1 m per cada metre més d'alçada.
- ▶ Compliran amb la normativa de l'apartat 3.6 de la ITC-LAT 07.



Suports - Connexió a terra

- ▶ Els suports estaran connectats a terra (excepte els de fusta) per mitjà de plaques, piques, cables enterrats o una mescla de tots ells (dependrà del terreny, etc.).
- ▶ No obstant això, tots els suports han de tenir una connexió que pugui desconectar els elèctrodes de terra del suport per a mesurar la resistència a terra.



Suports - Materials



(fusta)



(HV)



(C)



(CH)

Poden ser metàl·lics gelosia (C), xapa metàl·lica (CH), de formigó vibrat (HV), formigó vibrat buit (HVH), fusta (poc ús en MT) o altres materials apropiats

Apropiat vol dir que presenti una resistència elevada als agents atmosfèrics.

Suports - Classificació segons el tipus d'aïllador



- **Suports de suspensió.** Tenen l'aïllador en suspensió, i per tant només suporten el pes del tram de cable (tant el suport com l'aïllador)



- **Suports d'amarrament.** Tenen els aïlladors que subjecten el cable a cada part, per tant han de suportar la tracció del cable. El suport, a més del pes del cable, pot resistir certs esforços de tracció.

Suports - Classificació segons la seva funció

- ▶ **Suports d'ancoratge.** Són suports d'amarrament que proporcionen punts fermes que evitin la propagació al llarg de la línia d'esforços longitudinals de caràcter excepcional (per exemple si cau un suport). S'instal·laran com a mínim cada tres quilòmetres.
- ▶ **Suports de fi de línia.** Són suports d'amarrament, situats en l'origen i final de la línia, i tenen la funció de suportar en sentit longitudinal la tracció de tots els conductors en un sol sentit.



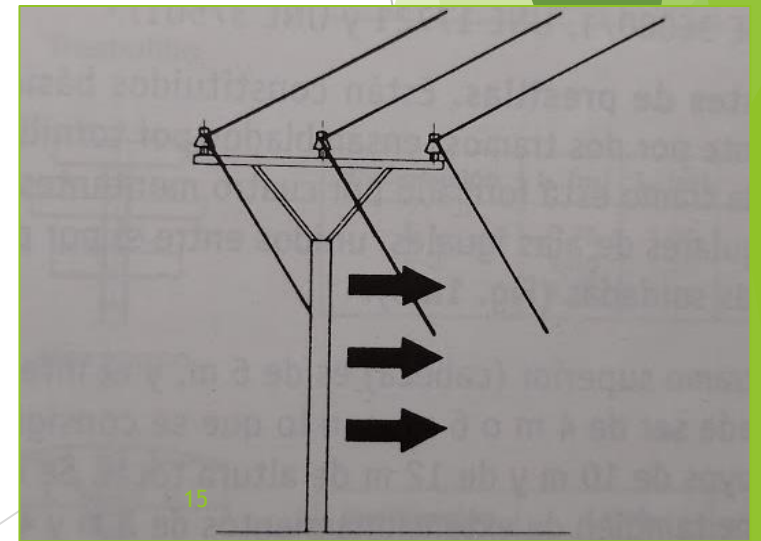
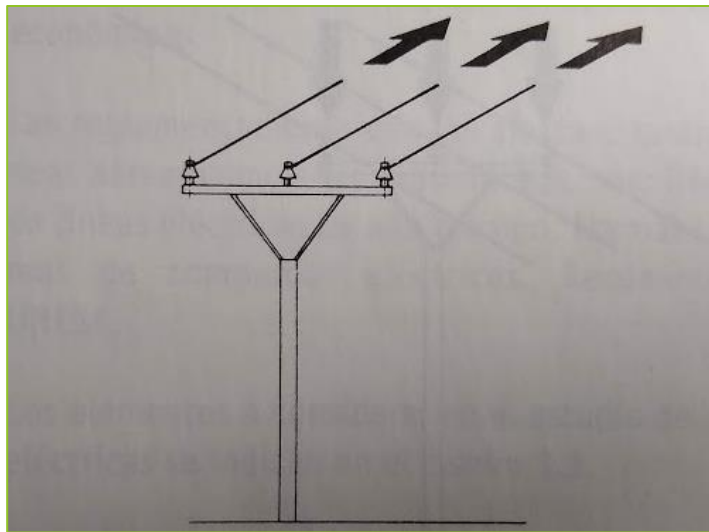
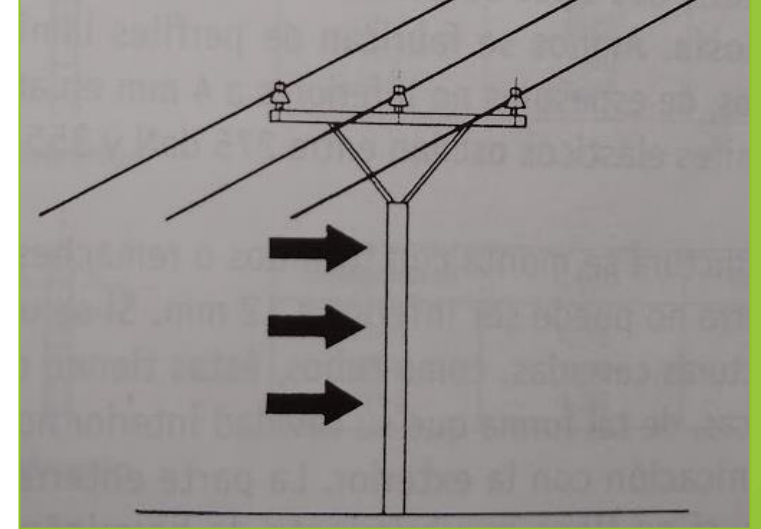
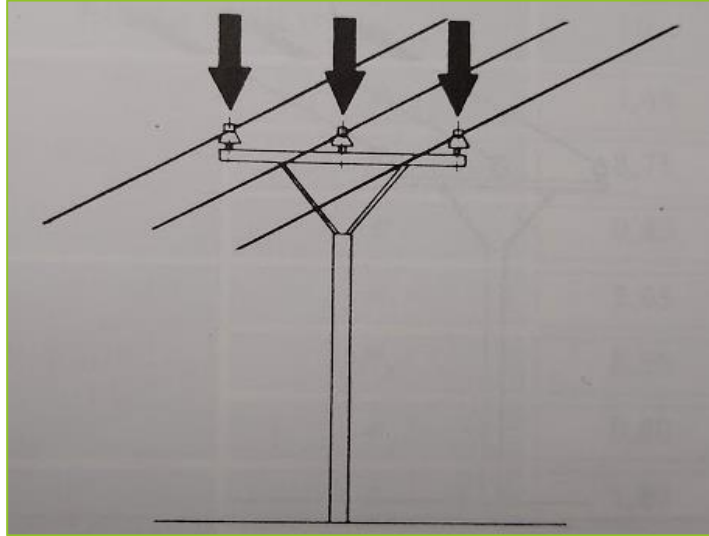
Suports - Classificació per la posició relativa al traçat de la línia

- ▶ **Suports d'alineació.** Són suports de suspensió o amarrament en trams rectilinis de la línia. La seva funció és la de sostenir els conductors, mantenint-los elevats del sòl la distància establerta en el projecte.
- ▶ **Suports d'angle.** Són suports d'amarrament col·locats en un angle del traçat de la línia. Han de suportar els esforços resultants de tracció.



Suports - Esforços

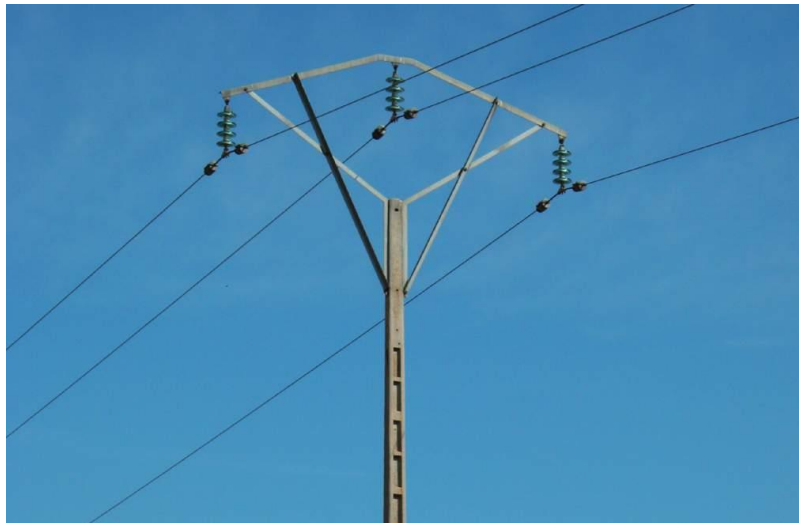
- ▶ Vertical (V): deguts al pes dels conductors. En ocasions degut a gel en zones de muntanya.
- ▶ Transversal (T): deguts a l'acció del vent sobre el suport o per l'acció de la tracció dels conductors quan formen un angle,
- ▶ Longitudinal (L): deguts a la tracció longitudinal dels conductors, principalment als suports d'inici i final de línia.



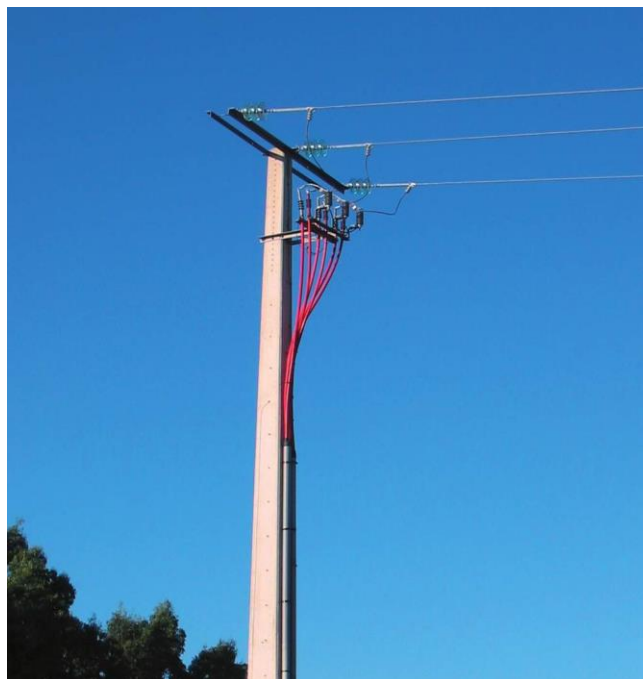
Creueres

- ▶ Són els dispositius destinats a col·locar-se en el cap del suport.
- ▶ La seva funció és sustentar els conductors a través d'aïlladors.





“Bóveda”



Recta o coplanar



En bandera

Creueres - Tipus (1)

Creueres - Tipus (2)

Triangle

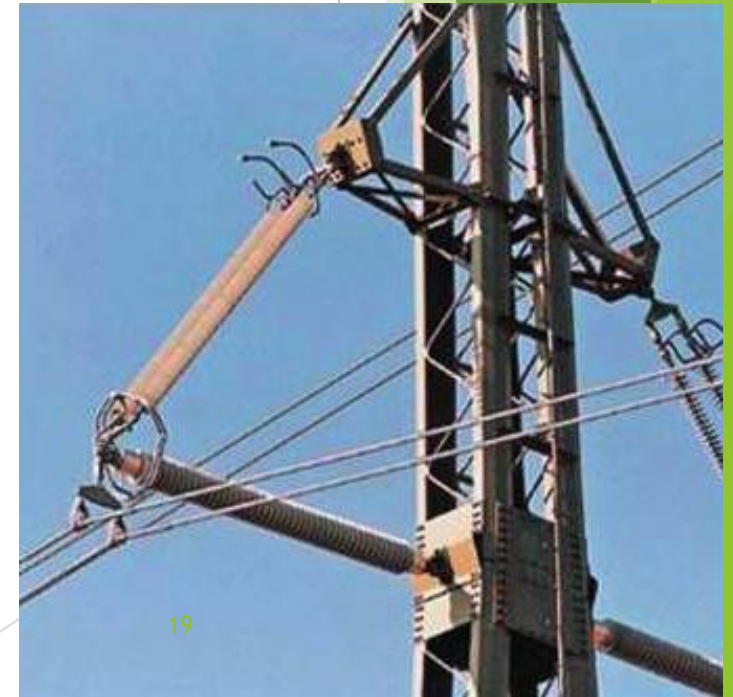


“Tresbolillo”



Aïlladors

- ▶ Subjecten els cables i els mantenen separats.
- ▶ A més no permeten que l'electricitat passi dels conductors als suports i d'aquests a terra. Es munten amb varis elements formant cadenes d'aïlladors.
- ▶ Poden ser de porcellana, vidre o de materials sintètics.



Aïlladors - Característiques

- ▶ Alta resistència elèctrica.
- ▶ Elevada rigidesa dielèctrica (resisteixen una gran tensió en una longitud reduïda sense que es formi un arc elèctric).
- ▶ Resistència mecànica elevada.



Aïlladors - Proteccions

- ▶ Els aïlladors duen proteccions per:
 - ▶ Reduir l'efecte corona.
 - ▶ Evitar que en cas de produir-se un arc elèctric entre una fase i la torre (a causa d'un llamp) faci malbé l'aïllador.
- ▶ Tipus:

Raquetes



Raquetes d'anell



Aïlladors - Proteccions (2)

► Tipus:

Descarregadors, per evitar que l'arc es formi en l'aïllador que subjecta la fase.



Ferramenta

- ▶ La ferramenta són totes les peces auxiliars:
 - ▶ Que s'utilitzen per subjectar o connectar cadenes d'aïlladors als suports i als conductors.
 - ▶ Les fixacions dels cables de terra i conductors de fase.
 - ▶ Accessoris dels conductors (antivibradors, separadors, ...)



Herrajes



Grapa de suspensión

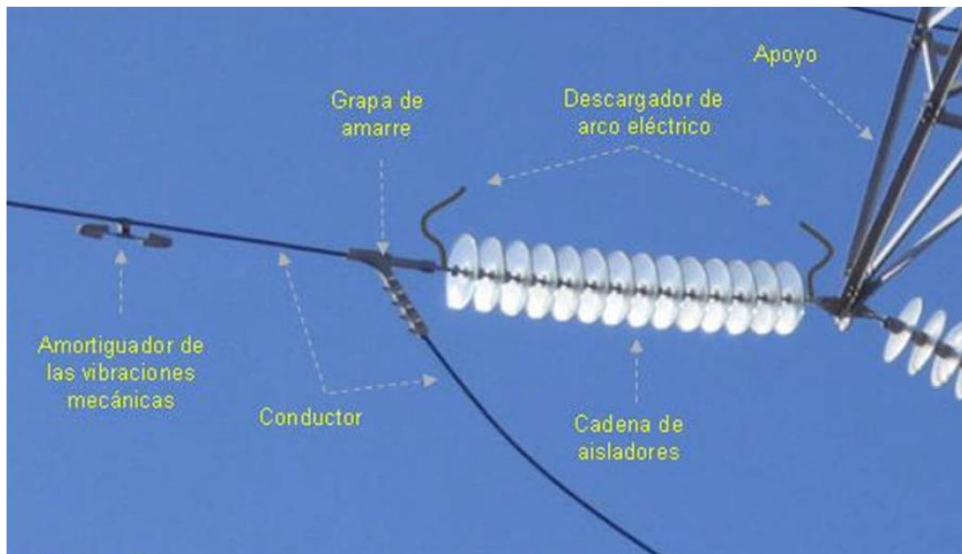


Grapa de amarre

Ferramenta - Antivibradores



- ▶ En les línies aèries es poden produir vibracions ressonants a conseqüència del vent, que poden augmentar d'amplitud arribant a rompre els cables.
- ▶ Per evitar-ho s'instal·len antivibradors que absorbeixen l'energia de les vibracions.



Cables i conductors

- ▶ Són els que transporten l'energia elèctrica.
- ▶ Requisits:
 - ▶ Baixa resistència elèctrica.
 - ▶ Elevada resistència mecànica a la tracció.
- ▶ Materials:
 - ▶ Coure: el millor conductor però d'elevat preu. Quasi no s'utilitza.
 - ▶ Alumini: menor preu i pes que el coure, però resistència elèctrica més elevada i menys resistent a la tracció.
 - ▶ Aliatges d'alumini => Almelec (alumini + magnesi + silici). Millora la resistència a la tracció de l'alumini, però augmenta lleugerament la resistència elèctrica.
 - ▶ Acer: pitjor conductor elèctric que els anteriors, però de gran resistència a la tracció.

Conductors nus - Tipus més emprats



- ▶ Totalment d'alumini o d'Almelec.
 - ▶ Formats només per fils redons o trapezoidals d'alumini o aliatges.
- ▶ D'alumini amb ànima d'acer.
 - ▶ Com l'anterior però amb cables d'acer galvanitzar a l'interior, per tenir major resistència mecànica.
- ▶ Fils d'acer recoberts d'alumini.
 - ▶ Format per fils d'acer recoberts per una capa d'alumini, per tenir una resistència mecànica màxima i una resistència elèctrica més baixa que l'acer.

Cable de guarda o de terra



- ▶ És un cable sense tensió col·locat a la part més alta del suport.
- ▶ La funció principal és la de generar un equipotencial de terra en tot el traçat de la línia, ja que es connecta entre suports de forma directa i així es redueix la resistència de terra (cada suport està connectat a terra).
- ▶ L'altra finalitat és la de captar i conduir els llamps cap a terra.
- ▶ En algunes instal·lacions per l'interior d'aquests cables s'instal·la un conductor de fibra òptica per al transport de senyals de telecomunicacions.

Cables aïllats en xarxes aèries

- ▶ S'empren quan les línies han de discórrer per zones d'arbres, de forts vents o de protecció especial de la avifauna.
- ▶ Són d'algun tipus dels anteriors però amb un recobrint aïllant de polietilè reticulat (XLPE).

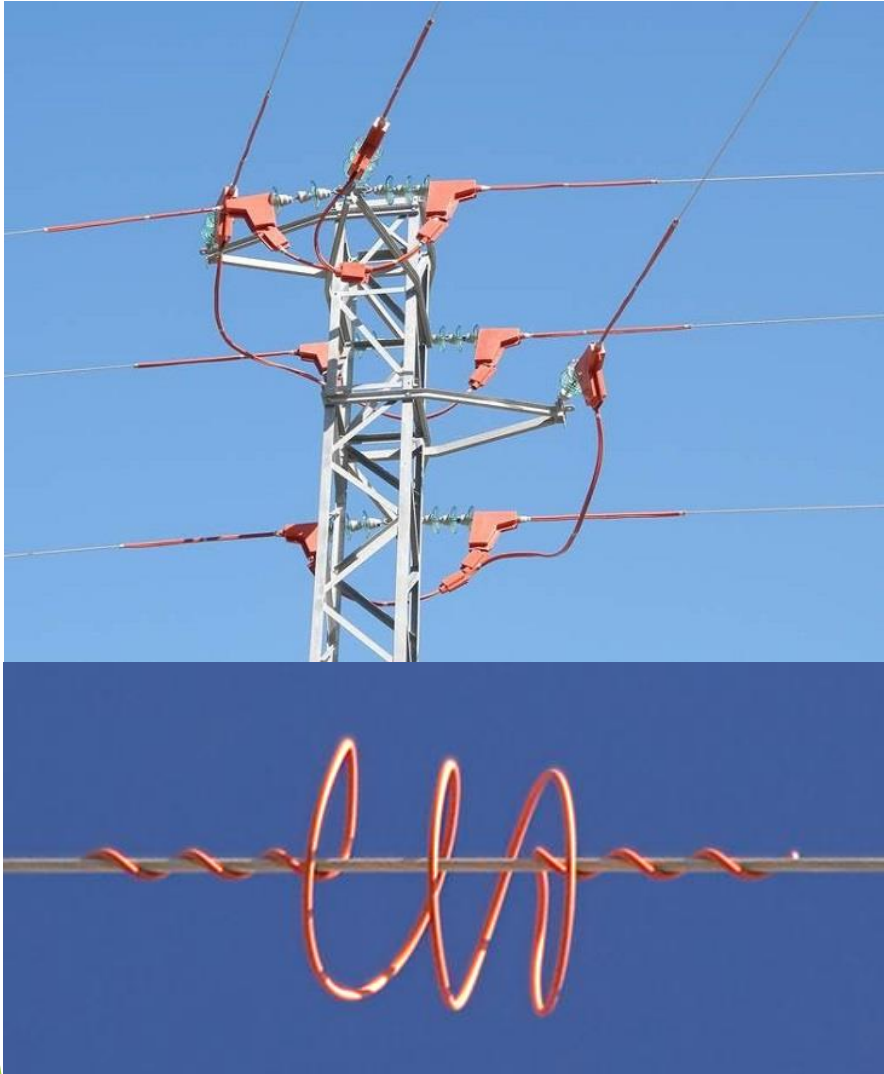


Protecció de l'avifauna

- ▶ Cada any moren moltes aus electrocutades en les xarxes aèries (a més de les que queden ferides per xocar amb els cables)
- ▶ Perquè s'electrocuten les aus? S'electrocuten només si l'au toca dues parts a diferent tensió (com una fase i la torre elèctrica connectada a terra).



Protecció de l'avifauna - Elements



- ▶ Per protegir les aus s'instal·len:
 - ▶ Elements aïllants que recobreixen les fases en les proximitats de les torres.
 - ▶ Elements que augmenten la visibilitat del cable (senyalitzadors visuals).

Protecció de l'avifauna - Senyalitzadors visuals

- ▶ S'han d'instal·lar en els cables de diàmetre inferior a 20 mm:
 - ▶ Preferentment en el cable de terra.
 - ▶ Si no hi ha cable de terra s'han d'instal·lar en els de fase.
- ▶ S'instal·len com a màxim cada 10 metres.



- ▶ Longitud i potència.
- ▶ Màxima caiguda de tensió percentual admissible.
- ▶ Accessibilitat de la línia per posar suports.
- ▶ Característiques de la xarxa a la que ha de ser connectada.
- ▶ Consideracions econòmiques.

Factors a tenir
en compte en
el disseny
d'una línia



Línies soterrades

Són sempre de cable aïllat, normalment unipolar.
S'utilitzen a dins les localitats i zones urbanitzades, i quan ho exigeix la normativa.

Terminals de pas aeri/subterrani

- ▶ En els trams de pas d'aeri a soterrat, la línia anirà protegida per un tub o canal amb la suficient resistència mecànica fins a 2,5 metres d'altura.
- ▶ L'interior del tub serà llis per facilitar la instal·lació o substitució dels cables, i s'obturarà a la part superior per evitar l'entrada d'aigua.
- ▶ El diàmetre del tub serà com a mínim 1,5 vegades el diàmetre del cable o de la trena de cables.
- ▶ Si el tub és conductor s'han d'instal·lar les tres fases dins del mateix tub.

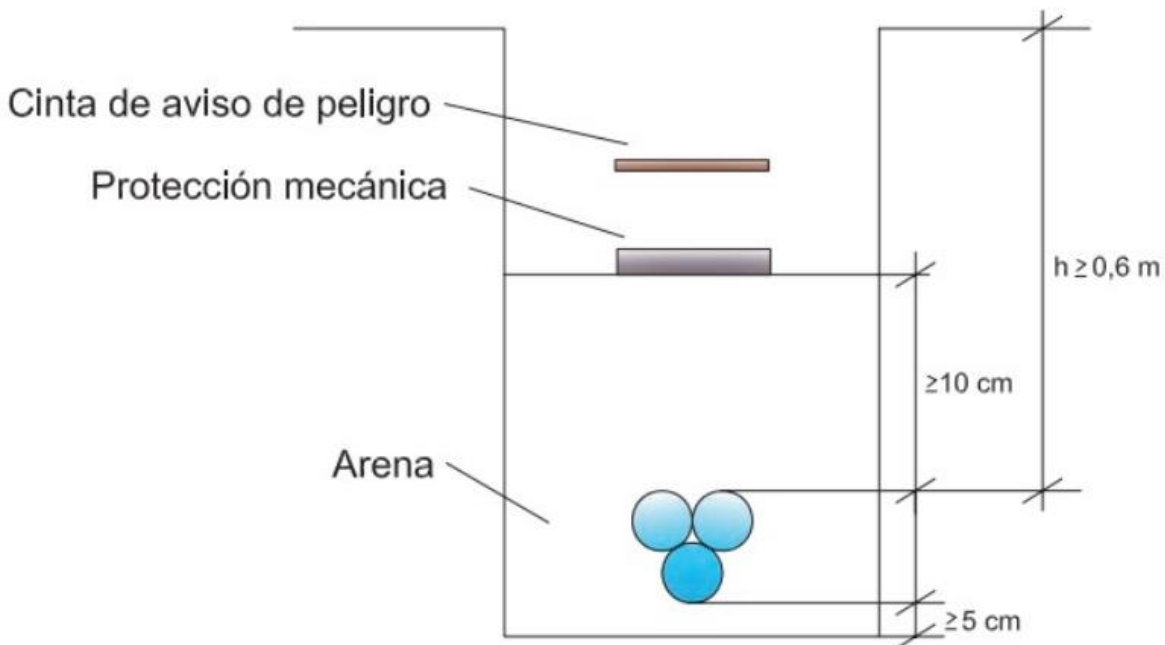


Instal·lació

- ▶ Les línies soterrades s'instal·laran generalment en terrenys de domini públic, i preferentment davall de les voravies (*aceras*).
- ▶ El traçat ha de ser rectilini i paral·lel als carrers i façanes dels edificis.
- ▶ Es podran instal·lar de les següents formes:
 - ▶ Directament enterrats.
 - ▶ Entubats dins rases (*zanjas*).
 - ▶ A dins galeries:
 - ▶ Galeries visitables.
 - ▶ Galeries registrables.

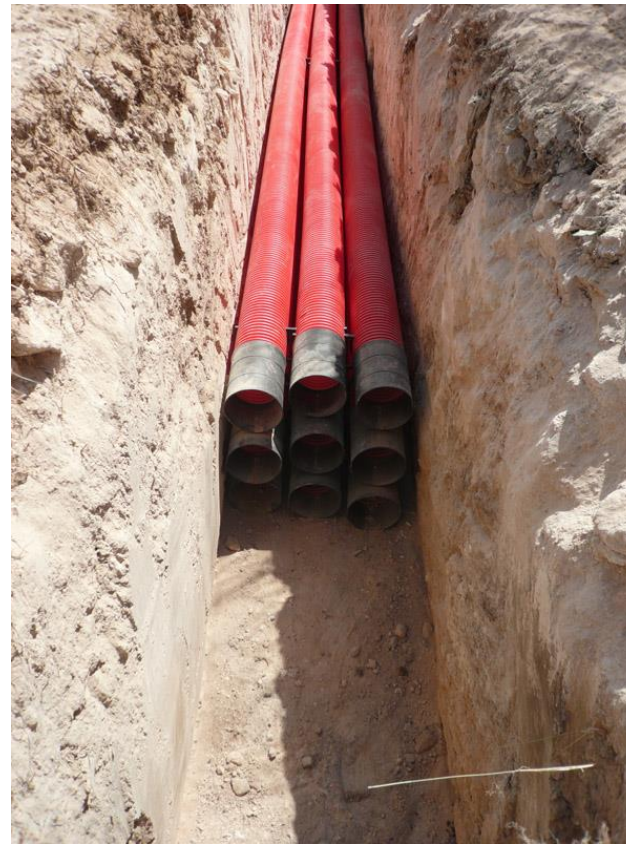
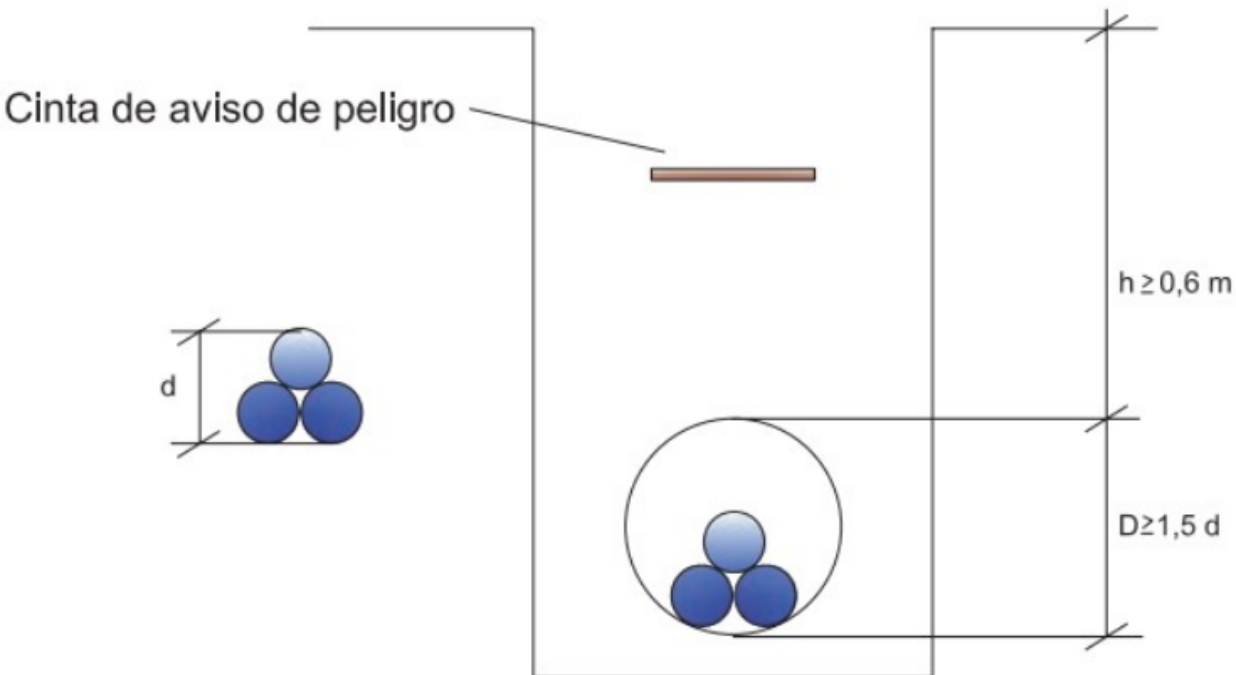
Instal·lació - Directament enterrats

- ▶ Els cables s'instal·len directament enterrats dins rases, sense posar-los dins tubs.
- ▶ D'aquesta forma els cables s'escalfen menys.
 - ▶ Hi pot circular més intensitat amb la mateixa secció.
 - ▶ La resistència del cable es manté més baixa.



Instal·lació - Entubats dins rases

- ▶ Els cables s'instal·len a dins de tubs enterrats.
- ▶ D'aquesta forma els cables estan més protegits.
- ▶ Els cables s'escalfen més, per tant hi podrà circular una intensitat menor.

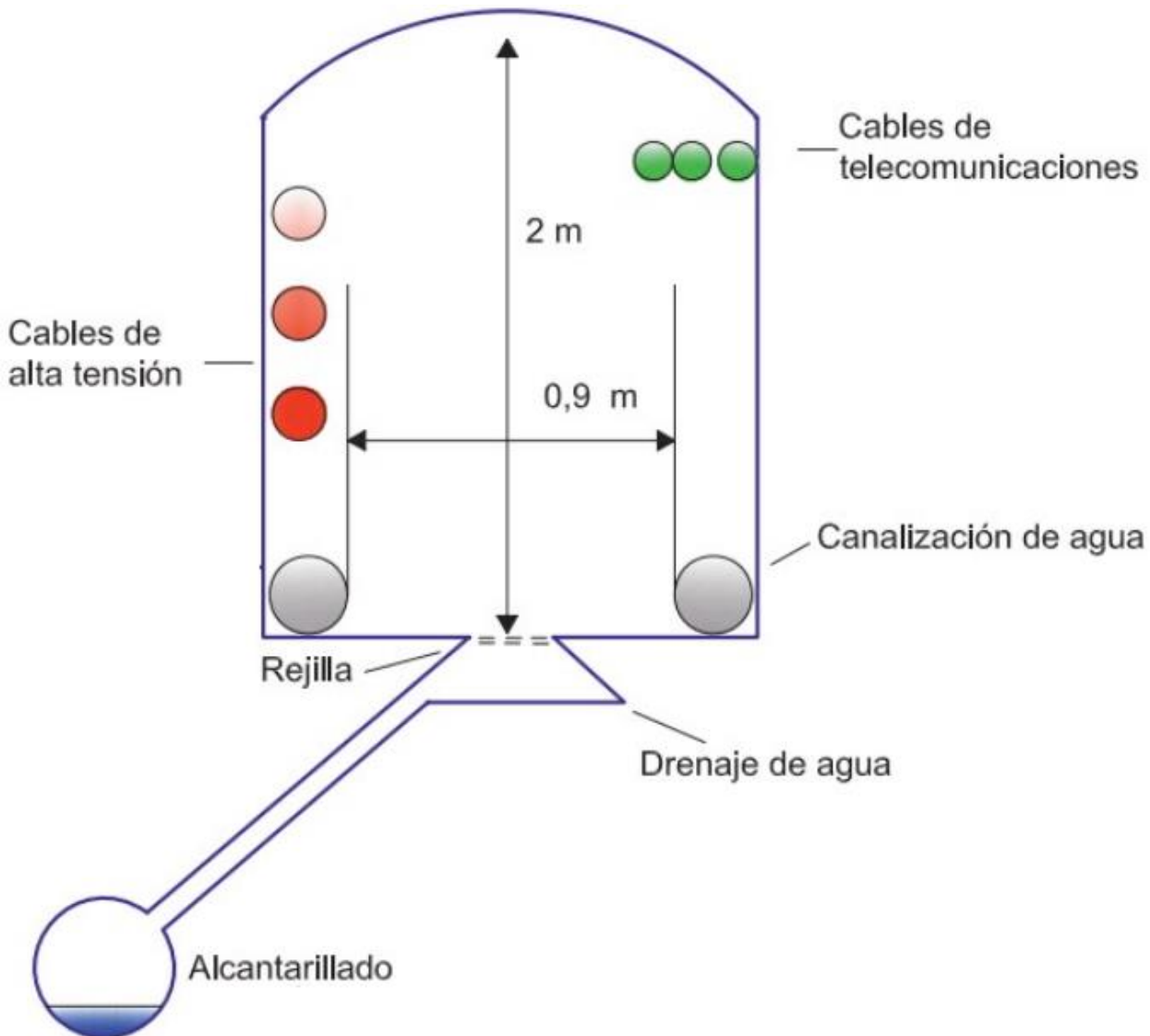


Instal·lació - En galeries visitables (1)

- ▶ Els cables s'instal·len a dins de galeries on hi pot circular una persona.
- ▶ Els cables estan convenientment fixats sobre safates perforades (per millorar la refrigeració).
- ▶ Només s'utilitza en llocs on hi ha un nombre elevat de línies.
- ▶ Tots els elements metàl·lics aniran connectats elèctricament a terra.

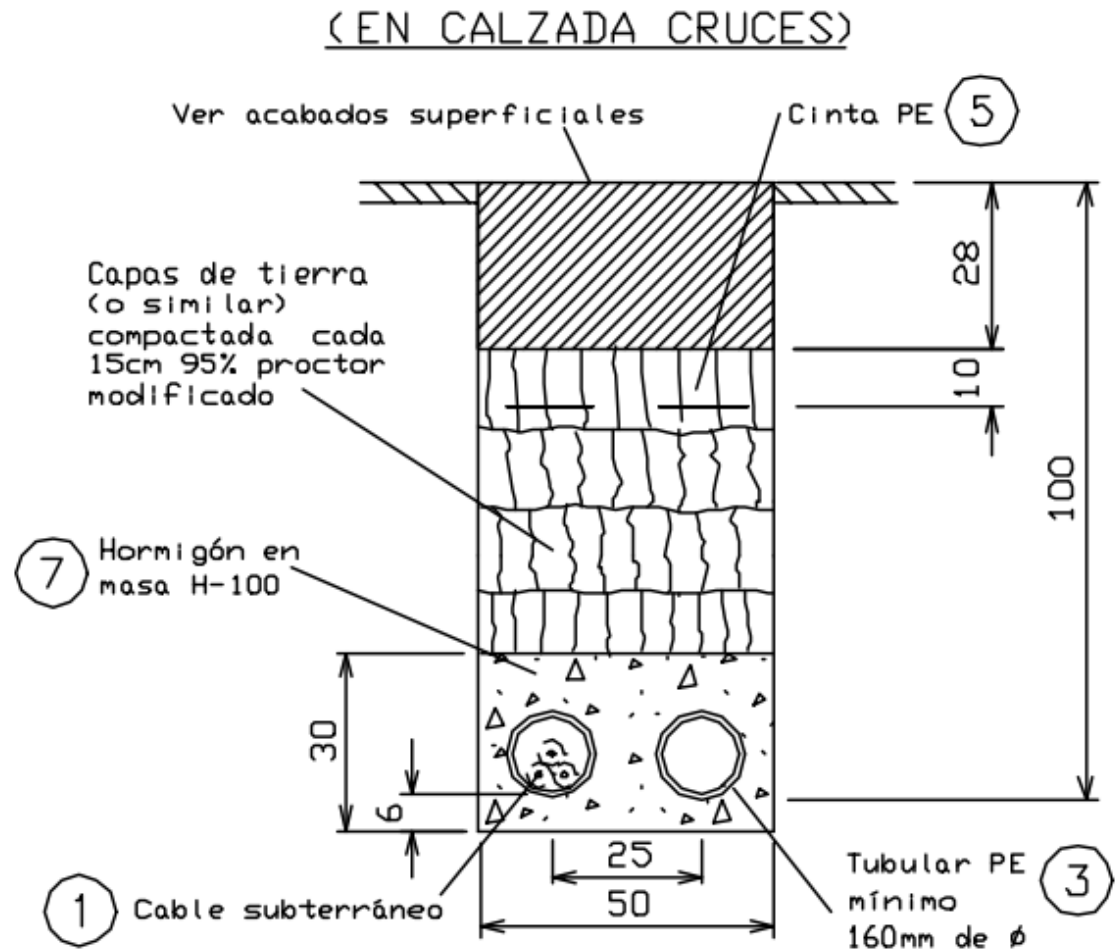


Instal·lació - En galeries visitables (2)



- ▶ No s'instal·laran cables elèctrics en galeries o locals on hi pugui haver conduccions de gasos o líquids inflamables.
- ▶ Hi pot haver canonades d'aigua, sempre que vagin per davall dels cables i hi hagi un desguàs.
- ▶ Han de tenir passadissos com a mínim de 2 x 0,9 m, ventilació, instal·lació d'enllumenat i contra incendis, temperatura màxima de 40 °C, etc.

Instal·lació - Normativa Endesa

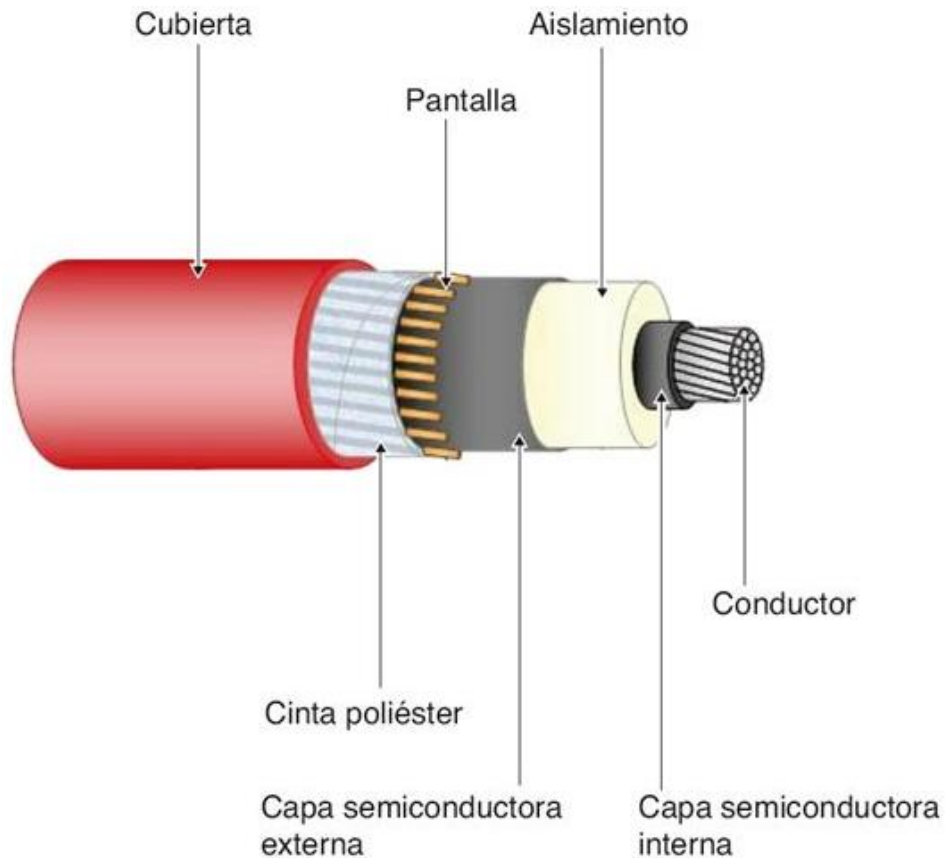


Per cada tipus d'instal·lació hi ha un tipus de rasa.

Consulta el document KRZ001 disponible a Moodle

Cables i conductors

- S'utilitzen normalment conductors aïllats unipolars.
- Un cable elèctric aïllat està format per les següents parts:



Cables i conductors - Composició (1)

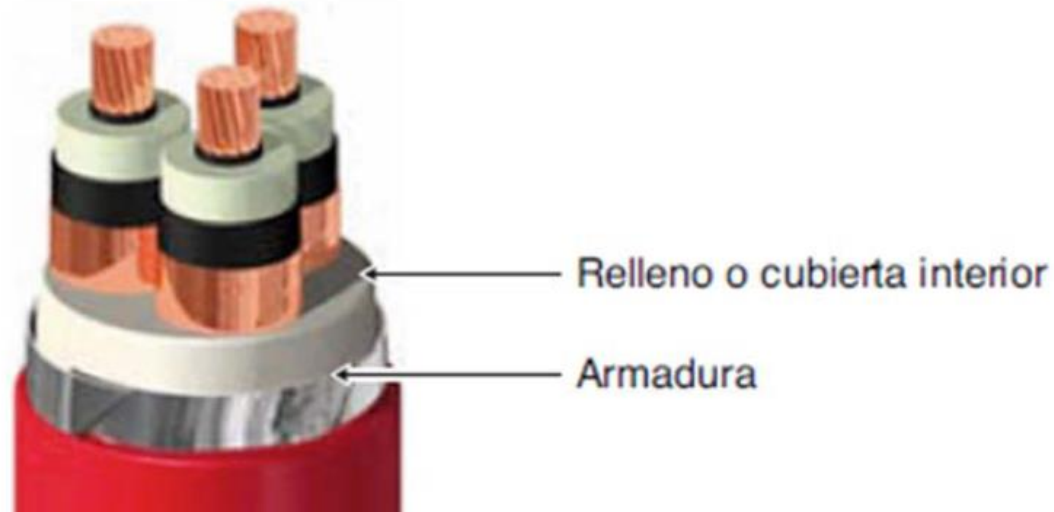
- ▶ **Conductor.** Format per fils normalment d'alumini o coure. El seu gruix és proporcional a la intensitat a transportar.
- ▶ **Aïllament.** Aïlla elèctricament el conductor de l'exterior. El seu gruix és proporcional a la tensió a suportar.
- ▶ **Capas semiconductoras.** Tenen una resistència elèctrica reduïda. La seva funció és impedir que punts buits del cable (amb aire i vapor) quedin sotmesos a camps elèctrics intensos que pugui donar lloc a la producció d'arcs elèctrics. Es fabriquen del mateix material que l'aïllament però mesclat amb carbó per tal de disminuir la resistència.
 - ▶ **Capa interna.** Té la funció d'impedir la ionització de l'aire i millorar la distribució del camp elèctric en la superfície del conductor, fent-lo perfectament cilíndric.
 - ▶ **Capa externa.** Fa la mateixa funció però entre la pantalla i l'aïllament.

Cables i conductors - Composició (2)

- ▶ **Pantalla.** És una capa conductora, generalment de coure o alumini, i pot tenir la forma de cinta o de fils. Té la funció de:
 - ▶ Confinar el camp elèctric a l'interior del cable.
 - ▶ Aconseguir una distribució uniforme del camp elèctric en l'aïllament.
 - ▶ Limitar la influència mútua entre cables elèctrics.
 - ▶ Evitar, o almenys reduir, el perill d'electrocucions. Es connectarà a terra en els extrems de la línia. Si la línia és més llarga de 10 km, s'haurà de connectar a l'empalmament intermedi.
- ▶ **Cinta de polièster.** Cobreix la pantalla i la seva única missió és que en el procés de fabricació de la coberta, aquesta no s'enganxi a la pantalla i es pugui separar fàcilment per fer empalmaments.
- ▶ També poden incorporar una **protecció contra la humitat**, consistent en cintes que s'inflen amb la humitat per evitar la seva propagació.

Cables i conductors - Composició (3)

- ▶ **Coberta.** És la capa exterior del cable. Serveix per a protegir mecànicament el cable (de cops, fregaments...) i d'agents exteriors nocius (rajos de sol, humitat, substàncies químiques...). S'utilitzen materials similars a l'aïllament.
- ▶ Els **cables tripolars** també poden dur les següents parts:
 - ▶ Farciments (*relleno*). Material que ocupa els espais buits que deixen els tres cables cilíndrics.
 - ▶ Armadura. És una capa metàl·lica destinada a protegir mecànicament els tres cables.



Cables i conductors - Tipus d'aïllament

- ▶ **Termoplàstics.** Són materials que en augmentar la seva temperatura es poden deformar sota pressió. La seva temperatura màxima de servei és de 70°C. Els materials més utilitzats són:
 - ▶ Policlorur de vinil (PVC).
 - ▶ Polietilè (PE).
 - ▶ Poliolefina (Z1). Respecte als anteriors té l'avantatge de que quan es crema no propaga l'incendi i emet poc fum i de baixa opacitat (lliure d'halògens o d'alta seguretat).
- ▶ **Termoestables.** Són materials que no es deformen en augmentar la seva temperatura. Els més utilitzats són:
 - ▶ Polietilè reticulat (XLPE). Pot treballar a 90°C.
 - ▶ Etilè-propilè (EPR). També arriba als 90°C però és més flexible i car.
 - ▶ Etilè-propilè d'alt mòdul (HEPR). Pot treballar a 105°C.

Cables i conductors - Nomenclatura (1)

- ▶ Un cable elèctric aïllat està caracteritzat segons una designació normalitzada, on es destacarà el metall conductor, l'aïllament, la pantalla, la coberta i el nivell d'aïllament.
- ▶ Per a la nomenclatura del cables s'utilitzen lletres per a designar les diferents capes, començant des de l'aïllament fins a la coberta.
- ▶ Les primeres lletres fan referència al tipus d'aïllament utilitzat en el cable.
 - ▶ V - Policlorur de vinil (PVC).
 - ▶ E - Polietilè (E).
 - ▶ Z1 - Poliolefina.
 - ▶ R - Polietilè reticulat (XLPE).
 - ▶ D - Etilè propilè (EPR).
 - ▶ HEPR - Etilè propilè d'alt mòdul.

Cables i conductors - Nomenclatura (2)

- ▶ La següent lletra fa referència a l'armadura o pantalla utilitzada:

- ▶ H - Inclou pantalla metàl·lica.

També pot incloure un nombre per especificar més el tipus utilitzat:

- ▶ H1 - Cinta o fil de coure.

- ▶ H2 - Trena de coure.

- ▶ H3 - Doble trena de coure.

- ▶ H4 - Cinta d'acer.

- ▶ H5 - Cinta d'alumini.

- ▶ Després es fa referència al material emprat en la coberta. A més dels materials descrits per l'aïllant, també s'utilitzen:

- ▶ R - Goma natural.

- ▶ S - Goma silicona.

- ▶ N - Neoprè.

Cables i conductors - Nomenclatura (3)

- ▶ Després dels codis anteriors, en un bloc separat, es poden indicar característiques addicionals:
 - ▶ Protecció contra l'humitat:
 - ▶ OL - Obturació longitudinal en la pantalla.
 - ▶ 2OL - Doble obturació longitudinal, una en la pantalla i l'altra en el conductor.
 - ▶ Protecció contra el foc
 - ▶ S - No propagadors de l'incendi.
 - ▶ AS - No propagadors de l'incendi i amb baixa emissió de fums i d'opacitat reduïda.
 - ▶ AS+ - A més de l'anterior són resistents al foc i poden continuar funcionant en cas d'incendi.

Cables i conductors - Nomenclatura (4)

- ▶ Finalment s'indiquen les següents característiques del cable:
 - ▶ Tensió assignada en kV. Primer s'indica la tensió fase-terra i després entre fases.
 - ▶ Nombre de conductors i secció en mm².
 - ▶ Material del conductor:
 - ▶ Si el conductor és de coure no s'indica.
 - ▶ Al - Alumini.
 - ▶ Opcionalment, s'indica una H seguida de la secció de la pantalla.

Cables i conductors - Exemples de nomenclatura

- ▶ RHZ1 - 2OL 12/20kV 1x150 Al
 - ▶ R = aïllament de XPLE.
 - ▶ H = amb pantalla.
 - ▶ Z1 = coberta de poliolefina (lliure d'halògens).
 - ▶ 2OL = protecció contra l'humitat en la pantalla i en el conductor.
 - ▶ 12/20kV = tensió assignada de 12 kV fase-terra i 20 kV entre fases.
 - ▶ 1x150 Al = cable unipolar d'alumini de 150 mm².
- ▶ RHN 12/20kV 1x50
 - ▶ Cable unipolar de coure (ja que no especifica que sigui d'alumini).
- ▶ HEPRZ1 - 2OL (AS) 18/30 kV 1x95 Al H16
 - ▶ Cable amb pantalla, però com que l'aïllament és de HEPR no tornen a posar la H.