

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Elèctrica

Títol: Electrificació d'una urbanització

Document: 1. Memòria

Alumne: Jordi Burcet Cuello

Tutor: Sergio Herráiz Jaramillo

Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

Àrea: Enginyeria Elèctrica

Convocatòria (mes/any): juny/2019

ÍNDEX

1.	INTRODUCCIÓ	4
1.1	Antecedents	4
1.2	Objecte	4
1.3	Especificacions i abast	4
2.	LÍNIA SUBTERRÀNIA A 25 KV	5
2.1	Conductors	7
2.2	Corrents permanents màximes admissibles	8
2.3	Disposició dels conductors	10
3.	LÍNIA AÈRIA	12
3.1	Suports	12
3.1.1	Disposició dels suports	13
3.2	Conductors	13
3.3	Aïlladors	14
3.4	Ferramenta	15
3.4.1	Grapes d'amarratge	15
3.4.2	Grillons	16
3.4.3	Ròtules	17
3.4.4	Jou	18
3.4.5	Forquilles	18
3.4.6	Anelles	19
3.4.7	Conversions de conductors aeri / subterrani	19
3.5	Estesa, tensat i regulació	20
4.	CENTRES DE TRANSFORMACIÓ	23
4.1	Característiques, fabricació i cimentació del centre	23
4.2	Solera, paviment i tancaments exteriors	24
4.3	Cobertes, pintures i resum de característiques	25
4.4	Aparellatge a instal·lar en els CT	26

4.5	Transformadors a instal·lar	29
4.6	Característiques descriptives del material BT i AT	30
4.7	Proteccions	31
4.7.1	Protecció contra cc, sobreintensitats i faltes a terra	31
4.7.2	Protecció contra contactes directes accidentals.....	31
4.7.3	Instal·lació de posada a terra.....	32
4.7.4	Mesures addicionals de seguretat	32
4.7.5	Instal·lacions auxiliars.....	33
4.7.6	Sistema de ventilació.....	34
4.7.7	Sistema contra incendis.....	34
4.8	Equip de telecomandament.....	34
5.	LÍNIA DE BAIXA TENSÍO	37
5.1	Caixes BT	38
6.	RESUM DE PRESSUPOST	39
7.	CONCLUSIÓ	40
8.	RELACIÓ DE DOCUMENTS	41
9.	BIBLIOGRAFIA.....	42
10.	GLOSSARI	44
A.	CÀLCULS.....	45
A.1	Càlcul elèctric de la línia subterrània BT i MT.....	45
A.1.1	Caiguda de tensió i pèrdua de potencia a 25kV.....	48
A.1.2	Caigudes de tensió BT	51
A.2	Càlculs pel dimensionament del CT	53
A.2.1	Procediment i paràmetres del càlcul de terres	53
A.2.2	Terra de protecció (masses metàl·liques).....	54
A.2.3	Terra de servei (neutre).....	55
A.2.4	Tensions a l'exterior i interior de la instal·lació.....	56
A.2.5	Càlcul dels valors màxims admissibles de les tensions	57

A.2.6	Càlcul de la separació entre sistemes de posada a terra	58
A.2.7	Criteri de resistència tèrmica	59
A.2.8	Resultats	60
A.2.9	Càlcul del pont entre la cel·la de protecció i el transformador	64
A.2.10	Càlcul de la ventilació del centre de transformació	65
A.2.11	Nivell d'immissió sonora	66
A.3	Càlcul elèctric de la línia aèria.....	70
A.3.1	Elecció de conductor i intensitat màxima	70
A.3.2	Potència màxima a transportar	71
A.3.3	Càlcul de la resistència.....	71
A.3.4	Efecte Skin	72
A.3.5	Reactància inductiva i susceptància	73
A.3.6	Caiguda de Tensió	77
A.3.7	Pèrdues de potència.....	77
A.4	Càlcul mecànic de la línia aèria.....	78
A.4.1	Càlcul mecànic dels conductors.....	79
A.4.2	Canvi de condicions.....	80
A.4.3	Taules de resultats	81
A.4.4	Càlcul de distàncies dels conductors	83
A.4.5	Càlcul mecànic dels suports	86
A.4.6	Elecció del tipus de suport.....	90
A.4.7	Càlcul de les cimentacions	93
A.4.8	Dimensionat elèctric de la cadena d'aïlladors	96
A.4.9	Càlcul de la posada a terra dels suports.....	97

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

A causa de la futura edificació d'una urbanització en el municipi de Celrà, es realitzarà una nova línia elèctrica aèria / subterrània a la tensió de 25 kV, la qual tindrà origen a la Subestació Elèctrica de Juià. Es construiran dos nous centres de transformació destinats al subministrament d'energia elèctrica als futurs 33 habitatges de la urbanització, connectats entre ells mitjançant una estesa subterrània de 25 kV, més un nou quadre d'enllumenat públic de 10 kW i, d'aquests CT, es distribuirà una xarxa elèctrica de baixa tensió per la futura electrificació dels habitatges a edificar.

Les instal·lacions objecte d'aquest projecte són propietat d'Endesa Distribución Eléctrica i, estaran situades en la futura urbanització Palahines del Terme Municipal de Celrà i en el Terme Municipal de Juià, província de Girona. La seva situació exacta figura al document de plànols.

1.2 Objecte

L'objecte d'aquest projecte és la descripció de les principals característiques tècniques de la nova línia aèria / subterrània a 25 kV amb les derivacions als nous centres de transformació i la nova xarxa elèctrica de Baixa Tensió, destinada al subministrament d'energia elèctrica de la urbanització, amb la finalitat d'obtenir l'autorització administrativa i posada en servei d'aquesta instal·lació d'acord amb l'article 5 del Decret 351/1987 del 23 de novembre de la Generalitat de Catalunya.

1.3 Especificacions i abast

L'abast consisteix en els aspectes de disseny, càlcul i construcció necessaris per realitzar l'electrificació d'una futura urbanització al municipi de Celrà, en millorar i reforçar la xarxa de distribució elèctrica de la zona construint dos centres de transformació amb cel·les moduls telecomandades, una nova línia aèria/subterrània de 25 kV i, les línies de baixa tensió per l'alimentació dels habitatges amb la implementació de les noves caixes de distribució urbana. Al llarg del projecte es realitzaran els càlculs necessaris per determinar si la instal·lació compleix amb el reglament.

2. LÍNIA SUBTERRÀNIA A 25 kV

En la xarxa de 25 kV comunament anomenada per Endesa, xarxa de Mitja Tensió, la corrent elèctrica que circularà serà alterna i trifàsica a la tensió de 25 kV, amb una freqüència de 50 Hz i, nivell d'aïllament del conjunt de la instal·lació de 70/170 kV. La nova línia subterrània a 25 kV constarà de quatre trams dividits en les següents condicions:

1r Tram:

Amb origen a la conversió aèria/subterrània en el nou suport metàl·lic de gelosia T-22, anirà canalitzada sota terra i efectuarà entrada en el nou CT 2. La longitud de la línia subterrània serà de 0,248 km amb una secció de conductor de Al-240 i un circuit.

2n Tram:

Amb origen a la futura cel·la de línia nº37 del nou CT 2, anirà canalitzada sota terra fins efectuar-se l'empalmament amb la línia subterrània existent direcció a un CT existent. La longitud de la línia subterrània serà de 0,265 km amb una secció de conductor de Al-240 i un circuit.

3r Tram:

Amb origen a la futura cel·la de línia nº17 del nou CT 3, anirà canalitzada sota terra fins arribar a la cel·la nº27 del nou CT 1. La longitud de la línia subterrània serà de 0,268 km amb una secció de conductor de Al-240 i un circuit.

4t Tram:

Amb origen a la futura cel·la de línia nº17 del nou CT 1, anirà canalitzada sota terra fins efectuar-se l'empalmament amb la línia subterrània existent. La longitud de la línia subterrània serà de 0,064 km amb una secció de conductor de Al-240 i un circuit.

El traçat s'efectuarà per zones que ofereixin rasants presents o futures que puguin romandre permanents. En el document plànols, es podrà veure correctament la seva distribució.

El 5è i últim tram, consta de la connexió amb la línia subterrània existent direcció a la Subestació de Juià amb la conversió aèria / subterrània de la línia aèria a 25 kV. Aquest tram no es considerarà a l'annex de càlculs, a causa de la seva intrascendència.

La reglamentació existent sobre línies subterrànies és aquella establerta a la Instrucció Tècnica Complementària ITC-LAT 06 del Reglament sobre condicions tècniques i garanties de seguretat en les línies elèctriques d'alta tensió aprovat per Reial Decret 223/2008, de 15 de febrer, publicat al BOE. núm. 68, de 19 de març de 2008, així com la resolució TRI/301/2006, de 3 de febrer, per la qual s'estableixen els requisits de senyalització i protecció de les xarxes soterrades de distribució elèctrica de mitjana i alta tensió, a l'àmbit territorial de Catalunya, soterrant els conductors a una fondària no inferior a 0,80 m. Així mateix es tindran amb consideració el decret 120/92 de 25 d' abril i l' ordre de 5 de juliol de 1993 sobre xarxes subterrànies de servei públic. En el plànol de canalització, s' hi detalla la secció i la disposició dels cables.

Al llarg del recorregut de la línia, sobre el cable, es col·locaran elements que senyalitzin la presència dels cables. A l'execució dels treballs es compliran quantes condicions tècniques imposin els Organismes afectats. Per a la definició de tensió elevada i nivells d'aïllament del material a utilitzar, s'estableixen els paràmetres de la següent taula:

Tensió nominal de la xarxa U (kV)	Tensió assignada cables i Accessoris U_0/U (kV eficaços)	Tensió més elevada cables i accessoris U_m (kV eficaços)	Tensió de xoc suportada nominal (tipus llamp) (kV de cresta)
Fins a 30	18/30	36	170

Taula 1. Nivell d'aïllament del material

U: Tensió eficaç nominal a 50Hz entre dos conductors.

U_0 : Tensió eficaç nominal a 50Hz entre cada conductor i la pantalla del cable.

U_m : Tensió eficaç màxima a 50 Hz entre dos conductors qualsevol, per a la qual s'ha dissenyat el cable i els accessoris. És la tensió màxima que pot ser suportada permanentment en condicions normals d'exploració en qualsevol punt de la xarxa. Exclou les variacions temporals de tensió degudes a condicions de defecte o a la supressió brusca de càrregues.

2.1 Conductors

El cablejat a utilitzar a les xarxes subterrànies de 25 kV són els que figuren a la Norma GE DND001. Seran unipolars i compliran les especificacions de la Norma UNE-EN 620-5E. La línia, en aquest tram, està formada per tres conductors unipolars, tipus RH5Z1 Al, les característiques dels quals s'ajustaran a les definides en la Norma UNE 211620, pels cables indicats. La tensió assignada del cable serà de 18/30 kV, el conductor serà d'alumini de 240 mm² la pantalla serà de cinta longitudinal d'alumini termosoldada i adherida a la coberta, el recobriment extern estarà format per una capa de material aïllant resistent a l'erosió i als contaminants que puguin trobar-se en el subsòl.

Els conductors seran circulars compactes d'alumini, de classe 2 segons la norma UNE 21022 i, estaran formats per diversos fils d'alumini cablejats.

Sobre el conductor hi haurà una capa termoestable extruïda semiconductora, adherida a l'aïllament en tota la seva superfície, amb un gruix mínim de 0,5 mm i sense acció nociva sobre el conductor i, l'aïllament serà de polietilè reticulat (XLPE) de 8 mm de gruix mig mínim.

Sobre l'aïllament hi haurà una part semiconductora no metàl·lica, associada a una part metàl·lica. La part no metàl·lica estarà constituïda per una capa de mescla semiconductora termostable extruïda, de 0,5 mm de gruix mig mínim, que es pugui separar de l'aïllament sense deixar sobre ell traces de mescla semiconductora apreciables a simple vista. La part metàl·lica estarà constituïda per una corona de fils continus de coure recuit, disposats en hèlix oberta, sobre la qual es col·locarà una cinta de coure recuit en hèlix oberta disposada en sentit contrari a l'anterior. La secció real del conjunt de la pantalla metàl·lica serà com a mínim de 16 mm².

La col·locació de la pantalla semiconductora interna, de l'aïllament i de la pantalla semiconductora externa, en el procés de fabricació dels cables, es realitzarà per triple extrusió simultània.

La coberta exterior estarà constituïda per una capa d'un compost termoplàstic a base de poliolefina. Serà de color vermell i el seu gruix nominal serà de 2,75 mm.

Les unions i terminals es confeccionaran seguint la norma UNE corresponent quan existeixi

o, en el seu defecte, seguint les instruccions del fabricant.

Seràn adequats a la naturalesa, composició i secció dels cables, i no hauran d'augmentar la seva resistència elèctrica. Així mateix, els terminals hauran de ser adequats a les característiques ambientals (interior, exterior, contaminació, etc.).

2.2 Corrents permanents màximes admissibles

S'han pres de la Norma UNE 20435, per a la temperatura màxima admissible dels conductors i condicions del tipus d'instal·lació que s'hi estableixen.

Secció (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410

Taula 2. Corrents màximes admissibles, en amper. En servei permanent a 50Hz

En el projecte, seguint les normes d'Endesa en quant a la tria del cablejat soterrat, la secció a escollir és la d'alumini de 240 mm², amb aïllament XLPE. Seguint la Taula 2, extreta de la ITC-LAT 06, obtenim una intensitat màxima admissible del cable de 345 A.

Secció (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
70	200	155	205	160	220	170
95	235	185	245	190	260	200
120	270	210	280	215	295	230
150	305	235	315	245	330	255
185	345	270	355	280	375	290
240	400	310	415	320	440	345
300	450	355	460	365	500	390

Taula 3. Corrents màximes admissibles en cables sota tubular (A)

Seguint els passos establerts, la secció continua essent d'Al 240mm², i segons la Taula

3 tindrà una intensitat màxima de 320 A. Quan les condicions reals d'instal·lació siguin diferents a les tipus, la intensitat admissible s'haurà de corregir aplicant els factors relacionats en l'esmentada norma UNE.

En les corrents màximes de curtcircuit admissibles als conductors, d'acord amb la Norma UNE 20435, aquestes corrents corresponen a una temperatura de 250 °C assolida pel conductor, suposant que tot el calor que s'ha després durant el procés de curtcircuit és absorbit pel mateix conductor.

En la següent taula s'indiquen les corrents de curtcircuit admissibles per als diferents temps de duració del curtcircuit en els conductors.

Secció del conductor mm ²	Duració del curtcircuit (s)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
150	44,6	31,5	25,8	19,9	18,2	22,6	11,5	10,0	8,9	8,1
240	71,3	50,4	41,2	31,9	29,1	22,6	18,4	16,0	14,3	13,0
400	118,9	84,1	68,6	53,2	48,5	37,6	30,7	26,6	23,8	21,7

Taula 4. Corrents de curtcircuit admissible als conductors en kA

Podrem utilitzar una altra taula per saber les duracions del curtcircuit.

Seguidament s'especifica en la següent taula les densitats de corrent màximes admissibles per a conductors d'alumini.

Tipus d'aïllament	Durada del curtcircuit, tcc, en segons									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54

Taula 5. Densitat màxima admissible de corrent de curtcircuit (A/mm²)

S'ha de tenir en compte els coeficients correctors en disposar més d'una terna de cables soterrades, en el nostre cas, prescindim de la taula i el valor de correcció equival a 1.

En disposar d'una terna de cables unipolars en una rasa en interior de tubs, s'aplica un coeficient corrector de 0,85.

Els càlculs detallats vindran donats a l'annex, a l'apartat A.1.

2.3 Disposició dels conductors

L'objectiu en la instal·lació d'un cable subterrani, és que, després de la seva manipulació, estesa i protecció, el cable no hagi sofert cap dany, i ofereixi seguretat en futures excavacions fetes per tercers.

Les canalitzacions, llevat de casos de força major, s'executaran per terrenys de domini públic, sota les voreres o calçades, preferentment sota les primeres i s'evitaran angles pronunciats, en el nostre cas es realitzarà per terreny propietat de l'Ajuntament de Celrà i de Juià.

El traçat serà com més rectilini possible, paral·lel en tota la seva longitud en voreres o façanes. En marcar el traçat de les rases, es tindrà en compte el radi mínim que calgui deixar en les corbes segons la secció del conductor o conductors que es s'hagin de canalitzar.

Els cables es disposaran soterrats directament en el terreny. Sota les voreres, en les zones d'entrada i sortida de vehicles a les finques, a les quals no es prevegi el pas de vehicles de gran tonatge, es disposaran a dins de tubs en sec (sense formigonar). La profunditat fins a la part superior del cable no serà menor de 0,80 m sota vorera, ni d'1 m sota calçada.

La rasa per a la instal·lació de conductors directament enterrats es realitzarà de la següent manera:

El llit de la rasa que rebrà el cable serà llis i estarà exempt d'arestes vives, còdols, pedres, restes de runes, etc. S'hi disposarà una capa de sorra de riu rentada, neta, solta i exempta de substàncies orgàniques, argila o partícules terroses, que cobreixi l'amplada total de la rasa amb un gruix de 0,06 m.

El cable s'estendrà sobre aquesta capa de sorra i es cobrirà amb una altra capa de sorra de 0,24 m de gruix, de manera que la sorra arribarà fins a 0,30 m per damunt del llit de la rasa i cobrirà la seva amplada total. Sobre la capa anterior es col·locaran plaques de polietilè (PE) com a protecció mecànica.

A continuació, s'estendrà una altra capa de terra de 0,20 m de gruix, sense pedres ni runa,

piconada amb mitjans manuals. La resta de terra s'estendrà per capes de 0,15 m, piconades amb mitjans mecànics. Entre 0,10 i 0,20 m per sota del paviment es posarà una cinta de senyalització que avisi de l'existència dels cables elèctrics d'AT.

En el nostre cas disposem d'encreuaments amb carrers i carreteres, amb encreuaments amb altres conductors d'energia, cablejat de telecomunicació, canalitzacions d'aigua i, canalitzacions de gas.

En el projecte es destaca l'encreuament amb carrer, que en aquest cas els cables es col·locaran en tubs formigonats en tota la seva longitud amb una profunditat d'1 m.

La nova estesa subterrània té paral·lelismes amb altres conductors d'energia elèctrica. La separació mínima d'entre elles serà de 0,25 m.

Si no es pot respectar aquesta distància, la conducció a instal·lar es disposarà separada mitjançant tubs.

Es disposarà un tub formigonat en paral·lel a l'estesa subterrània sota tub per una futura canalització i, així aprofitar la rasa que ja hem fet en aquest projecte i haver d'evitar obres i possibles danys en la nostra instal·lació.

La situació dels conductors estan determinades al document de plànols, on vindran figurades les cotes i referències suficients per a la seva posterior ubicació i identificació.

A més, al document de plànols podem observar el detall de canalitzacions de línies subterrànies, els detalls dels encreuaments i, les disposicions dels paral·lelismes.

3. LÍNIA AÈRIA

El tram aeri estarà format per una línia aèria, projectada, segons l'indicat en el Reglament sobre condicions tècniques i garanties de seguretat en línies elèctriques d'alta tensió, aprovat pel Real Decret 223/2008 de 15 de febrer de 2008, en concret en la Instrucció Tècnica Complementària ITC-LAT 07.

En tots els encreuaments a efectuar es respectaran les distàncies de seguretat exigides en el RLAT i no es creen noves servituds respecte de les infraestructures afectades, donat que totes elles són existents i adquirides per la línia existent, produint-se una modificació de les existents i en qualsevol cas millorant-ne les condicions de seguretat.

3.1 Suports

Els suports utilitzats seran del tipus metàl·lic de gelosia que compleixen la recomanació UNE 207017:2005 (ANTIGA UNESA RU 6704 A). Es tracta d'estructures metàl·liques de gelosia de quatre cares formades per perfils metàl·lics.

Els càlculs mecànics d'aquests suports i dels seus fonaments es desenvoluparan d'acord als procediments recomanats per ENDESA i estaran detallats a l'annex d'aquest document.

L'armat instal·lat serà del tipus d'un circuit, del tipus S2, amb semi creuetes atirantades de 1,5 m la superior i inferior i 1,75 m la central. (MONTSENY) pels suports d'alineació i angle, i del tipus T2 ($a=1,50$ m, $b=0,6$ m) per suports de fi de línia.

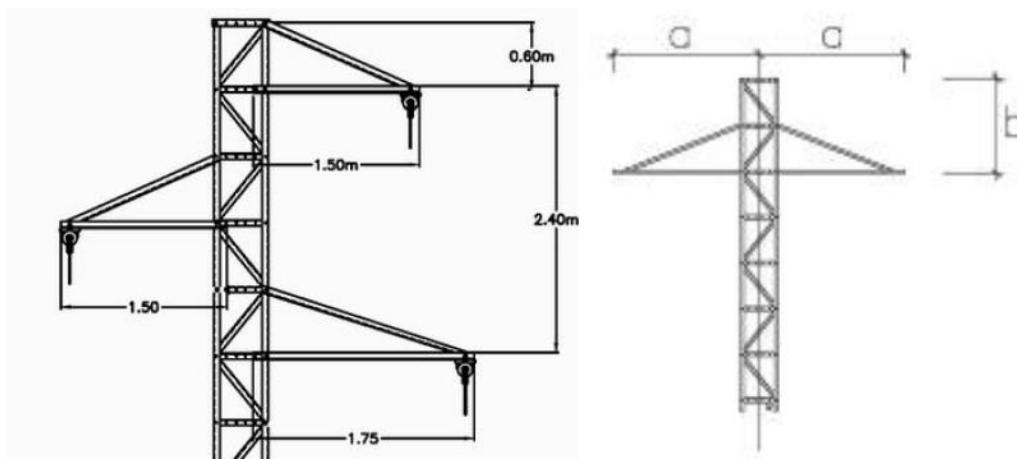


Figura 1. Armat tipus S i T

3.1.1 Disposició dels suports

Al llarg del recorregut de la línia aèria, hi hauran diversos vanos, encreuaments i suports. En la següent taula resum, es podrà veure com quedaran disposats els diferents suports:

Support	Categoria	Funció	Creuaments posteriors
1	C-2000 (14m)	Fi de línia	-
2	C-500 (14m)	Alineació amarratge	-
3	C-500 (14m)	Alineació amarratge	C/ s/n i C/ Castell de Palagret
4	C-500 (14m)	Alineació amarratge	Riera de Palagret
5	C-500 (14m)	Alineació amarratge	-
6	C-500 (14m)	Alineació amarratge	-
7	C-500 (14m)	Alineació amarratge	C/ Salvador Espriu
8	C-500 (14m)	Alineació amarratge	Riera de Palagret
9	C-2000 (14m)	Angle amarratge	-
10	C-500 (14m)	Alineació amarratge	-
11	C-500 (16m)	Alineació amarratge	-
12	C-500 (16m)	Alineació amarratge	-
13	C-500 (16m)	Alineació amarratge	C/ Germans Sàbat
14	C-500 (14m)	Alineació amarratge	C/ Germans Sàbat
15	C-500 (14m)	Alineació amarratge	-
16	C-500 (14m)	Alineació amarratge	C/ s/n i C/ Jacint Verdaguer
17	C-500 (14m)	Alineació amarratge	C/ s/n
18	C-2000 (14m)	Angle amarratge	C/ s/n
19	C-500 (14m)	Alineació amarratge	C/ Congost
20	C-500 (14m)	Alineació amarratge	-
21	C-500 (16m)	Alineació amarratge	-
22	C-2000 (14m)	Fi de línia	-

Taula 6. Disposició dels suports

3.2 Conductors

El conductor de la línia serà d'alumini-acer tipus LA-56, les característiques del qual es defineixen en la Norma UNE 50182. Estarà suportat mitjançant aïlladors apropiats per la tensió de servei de 25000 V. El traçat de la línia es farà per una altitud corresponent a la zona A.

LA-56 (47A11 / 85T1A)	
Diàmetre (mm)	8,3
Secció (mm ²)	54,6

Taula 7. Característiques del conductor LA-56

LA-56 (47A11 / 85T1A)	
Pes (kg/mm)	189,0
Mòdul d'elasticitat (kg/mm ²)	8.100,0
Coefficient de dilatació (°C ⁻¹)	19,1
Sobrecàrrega del vent (kg/m)	0,5

Taula 8. Característiques del conductor LA-56

3.3 Aïlladors

Estaran formades per aïlladors compostos de polímer (CS 70 AB 170/555 per a 25 kV), ajustant-se a allò indicat en la Norma UNE-EN 61466-1:1998 i en les normes ENDESA GE LNE002 i GE AND012.

Les característiques més importants dels aïlladors són:

AÏLLADOR DE COMPOSITE CS 70 AB 170/555	
Material	Polímers
Esforç de trencament electromecànic (kN)	70
Línia de fuga nominal (mm)	835
Tensió suportada a impulsos tipus raig (kV)	170
Tensió suportada sota pluja a 50Hz (kV)	70
Longitud de l'aïllador (mm)	555
Diàmetre de les aletes (mm)	200

Taula 9. Composició de l'aïllador

El tipus de muntatge instal·lat en cada suport es el que s'indica en els plànols, essent les sigles utilitzades: AA: Cadena d'amarrament doble; A: Cadena d'amarrament simple

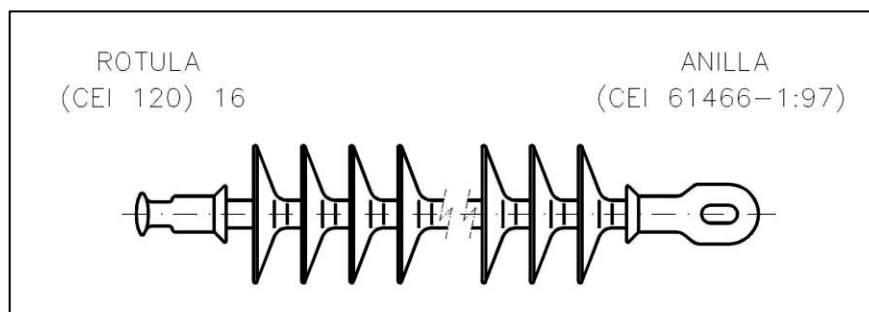


Figura 2. Aïllador de composite CS 70 AB 170/555

3.4 Ferramenta

La ferramenta utilitzada per a la formació de cadenes s'ajustarà a allò especificat en la R. U. 6617. i en la UNE 21.158.90 "Herrajes para líneas eléctricas aéreas de alta tensión".

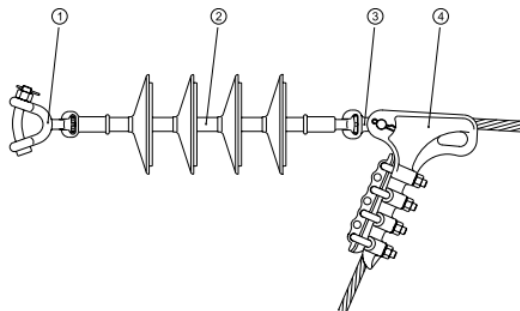


Figura 3. Cadena d'amarratge senzill

1	Forquilla bola
2	Aïllador
3	Allotjament de la ròtula
4	Grapa d'amarratge

Taula 10. Taula dels elements de la cadena d'amarratge

3.4.1 Grapes d'amarratge

Seguint el catàleg d'INAEL, S.A.:

Tipo Type	Dimensiones Dimensions Dimensions mm				Nº abarcones Nº U.bolts. Nº d'étriers	Par de apriete Torque of press Couple de serrage daN.m	ø Conductor. ø wire. ø Conducteur mm		Carga rotura UTS. Charge de rupture kN	Carga de rotura de la anilla UTS the ring Charge de rupture de l'anneau kN	Peso aprox. Aprx. weight Poids aprox. kg	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	C	D			Min.	Max.				
GA 1	100	78	18.5	16	2xM10	2	5	10	35	14,4	0.45	50
GA1/1	110	124	20	16	2xM12	2	5	12	35	14,4	0.65	30
GA 2	165	140	20	16	3xM12	3.5	10	16	60	22,7	1.10	30
GA 3	240	170	22	16	4xM12	4.5	16	20	80	31	1.80	15

Figura 4. Característiques de les grapes

Per determinar quin tipus de grapes escollit, es tindrà en compte el diàmetre del conductor, que en el present projecte és de 9,45 mm que correspon al cable LA-56.

Per tant, el tipus de grapa a escollir serà el GA 1 amb càrrega de ruptura 14,4 kN, que serà major que el que recomana ENDESA (7 kN).

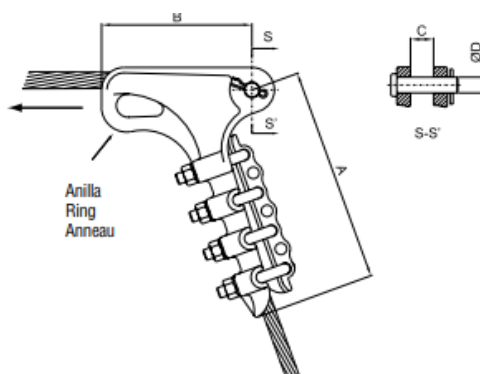


Figura 5. Exemple de grapa GA1

3.4.2 Grillons

Depenent del tipus d'amarratge, ja sigui simple o doble, depenent dels tipus d'encreuaments es seleccionaran els següents grillons:

Tipo Type	Dimensiones Dimensions Dimensions mm				Carga rotura UTS Charge de rupture kN	Peso Weight Poids aprox. kg	Fig.	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	C	D				
GN	23	65	13	35	75	0.32	2	50
GN (RU 6617C)	23	65	13	35	125		2	50
GN 16	30	68,5	16	33	100	0.52	2	50
GNT	23	65	13	35	125	0.36	1	50
GNT 16	30	68,5	16	33	100	0.57	1	50

Figura 6. Característiques dels grillons normals

En aquest cas, es seleccionarà el grilló normal GN pel cas que hi hagi un amarratge simple.

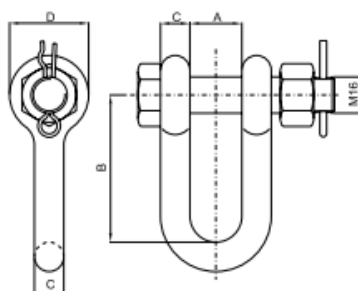


Figura 7. Exemple de grilló normal GN

Tipo Type	Carga rotura U.T.S. Charge de rupture kN	Peso Weight Poids kg	Fig.	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
GR	120	0.65	3	50
GRT	120	0.70	4	50

Figura 8. Característiques dels grillons revirats

En aquest cas, es seleccionarà el grilló revirat GR pel cas que hi hagi un amarratge doble.

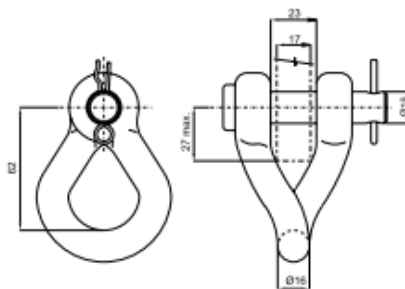


Figura 9. Exemple de grilló revirat GR

3.4.3 Ròtules

Tant pels amarratges senzills com dobles, s'utilitzaran el mateix tipus de ròtules. S'escollirà el següent tipus:

Tipo Type	Dimensiones Dimensions mm			Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60 120	Carga de rotura U.T.S. Charge de rupture kN	Peso aprox. Aprx. weight Poids aprox. kg	Fig.	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	L					
R11	7	16	41,5	11	70	0,180	5	100
R11P	7	16	117	11	75	0,270	5	50
R16	11	15	50,5	16 A	110	0,510	6	50
R16P	11	15	110,5	16 A	110	0,640	5	25
R16A	11	15	50,5	16 A	140	0,510	6	50
R16AP	11	16	133	16 A	160	0,64	5	25

Figura 10. Característiques de les ròtules R

S'escull la ròtula tipus R16, ja que la càrrega de ruptura és superior a la de l'aïllador, així ens assegurem que suportarà de sobres la tensió en cas de fallada.

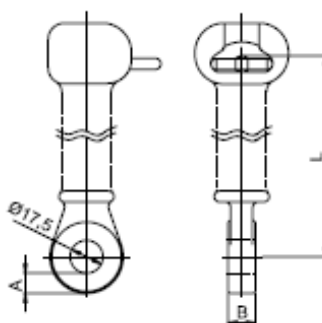


Figura 11. Exemple de grilló revirat GR

3.4.4 Jou

En el cas d'amarratges dobles, serà necessari la instal·lació de dos jous que permetin connectar els dos aïllaments amb les grapes d'amarratge:

Tipo Type	Carga rotura U.T.S. Charge de rupture kN	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
YG	140	6

Figura 12. Característiques del jou YG

En només haver disponible un tipus, i tenir una càrrega de ruptura prou elevada, s'escollirà el tipus YG.

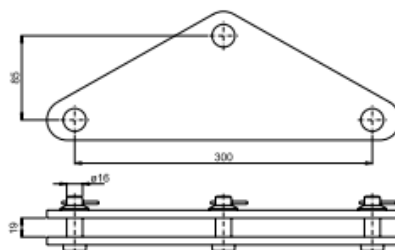


Figura 13. Exemple de jou tipus YG

3.4.5 Forquilles

En el cas d'amarratge simple serà necessària la instal·lació d'una forquilla tipus bola.

Tipo Type	Dimensiones Dimensions Dimensions mm				Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60120	Carga rotura UTS Charge de rupture kN	Peso Weight Poids aprox. kg	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	C	L				
HB 11	M12	30	11	60	11	75	0.245	100
HB 16	M16	40	15	82 ^{mm}	16	100	0.750	25
HB 16 (RU 6013C)	M16	40	15	82 ^{mm}	16	160	0.750	25

Figura 14. Característiques de la forquilla tipus bola

En aquest projecte s'utilitzarà la forquilla tipus bola HB 11.

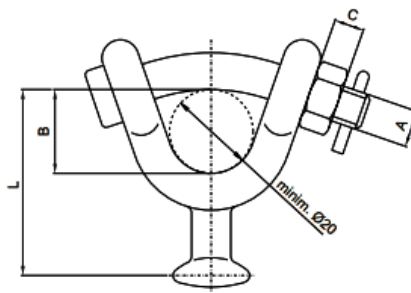


Figura 15. Exemple de forquilla bola HB

3.4.6 Anelles

Les anelles, en aquest cas el tipus bola, seran necessàries en l'amarratge doble:

Tipo Type	Dimensiones Dimensions mm				Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60120	Carga rotura UTS Charge de rupture kN	Peso Weight Poids aprox. kg	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	C	L				
AB 11	19	40	13	78	11	69	0.18	100
AB 16	27	52	16	103	16	110	0.44	50
AB 16 (RU 6617C)	27	52	16	103	16	180	0.44	50

Figura 16. Característiques de l'anella tipus bola

En aquest projecte s'utilitzarà l'anella bola tipus AB 16, en tenir una càrrega de ruptura superior a l'aïllador.

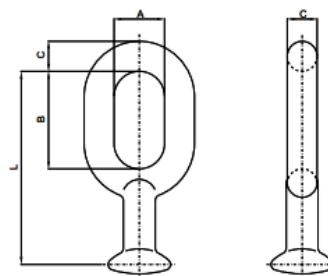


Figura 17. Exemple de forquilla bola HB

3.4.7 Conversions de conductors aeri / subterrani

En les conversions aèries / subterrànies, en els suports de fi de línia s'hi hauran d'instal·lar autovàlvules, que la seva funció bàsica és la de protecció de sobretensions, ja siguin atmosfèriques, com internes (maniobres), que puguin ocasionar perforacions en l'aïllament dels conductors subterrànies.

Les autovàlvules previstes a instal·lar seran:

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Revestimiento	Distancia de fuga	Aislamiento Externo				Dimensiones	
				1,2/50 μ s seco	50 Hz húmedo (60s)	60 Hz húmedo (10s)	250/2.500 μ s húmedo	Masa kg	A _{máx.}
U _m kV _{rms}	U _r kV _{rms}		mm	kV _{pico}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{pico}		
24	18-27	YV024	1863	310	150	150	250	13	641
36	30-48	YV036	1863	310	150	150	250	14	641
52	42-60	YV052	1863	310	150	150	250	14	641
	66	YV052	2270	370	180	180	300	16	727

Figura 18. Característiques de les autovàlvules

Com que la tensió més elevada dels conductors i accessoris en la nostra instal·lació és de 36kV, s'escull l'autovàlvula amb revestiment YV036.

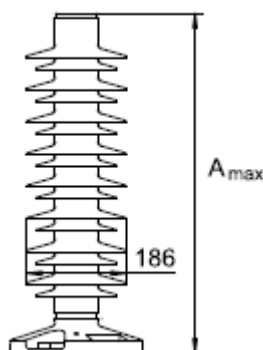


Figura 19. Exemple de l'autovàlvula a instal·lar

La connexió del cablejat subterrani amb la línia aèria, estarà protegit dins un tub de ferro galvanitzat o de material aïllant amb grau de protecció contra danys mecànics no inferior a IK 10 segons la norma UNE-EN 50102.

El tub s'obturarà per la seva part superior per evitar l'entrada d'aigua i s'encastarà en la cimentació del suport. Sobresortirà 2,5 metres per damunt del nivell del terreny, i el diàmetre d'aquest, serà com a mínim 1,5 vegades el diàmetre aparent de la terna de cables unipolars.

3.5 Estesa, tensat i regulació

En el present projecte es realitzaran els càlculs necessaris per determinar a quin esforç cal tensar els conductors a cada suport, depenent del va entre ells.

A l'annex de càlculs, concretament a l'apartat A.4.3, es detallaran les taules resum que exposaran les traccions màximes, els coeficients de seguretat, les fletxes màximes i mínimes, per així posteriorment realitzar els càlculs per trobar els esforços longitudinals, transversals i verticals que serviran per l'elecció dels suports més adients.

Les taules resum són:

Vanos (m)	Tmax i coeficient de seguretat		Màxima fletxa				Mínima fletxa	
	Condicions							
	- 5°C+vent		15°C + vent		+50°C		- 5°C	
	T (daN)	C _s	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
82,63	346,67	4,73	300,83	1,69	87,34	1,81	156,50	1,01
90,64	350,35	4,68	308,69	1,98	90,71	2,11	150,02	1,27
99,54	353,87	4,63	316,28	2,33	93,93	2,45	144,35	1,60
108,85	357,01	4,59	323,14	2,73	96,79	2,85	139,91	1,97
112,05	357,98	4,58	325,28	2,88	97,67	2,99	144,35	2,11

Taula 11. Paràmetres de les equacions del canvi de condicions i fletxa

Aquesta taula ens determinarà les condicions més desfavorables per cada temperatura i factor de vent. La següent taula, determina els esforços de tracció i les fletxes de cada estesa en diferents temperatures

Vanos (m)	+50°C		+45°C		+40°C		+35°C	
	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
82,63	87,34	1,82	90,49	1,75	93,97	1,69	97,85	1,62
90,64	90,71	2,11	93,64	2,04	96,85	1,97	100,39	1,90
99,54	93,93	2,45	97,91	2,35	100,96	2,28	102,75	2,24
108,85	96,79	2,85	99,26	2,78	101,93	2,70	104,80	2,63
112,05	97,67	2,99	100,07	2,92	102,65	2,84	105,42	2,77

Taula 12. Taula de regulació sense sobreessors

Vanos (m)	+30°C		+25°C		+20°C		+15°C		EDS (%)
	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	
82,63	102,19	1,55	107,08	1,48	112,64	1,41	119,00	1,33	7,26
90,64	104,30	1,83	108,65	1,76	113,51	1,68	119,00	1,61	7,26
99,54	107,91	2,13	111,92	2,06	116,35	1,98	119,00	1,94	7,26
108,85	107,90	2,55	111,28	2,48	114,97	2,40	119,00	2,31	7,26
112,05	108,41	2,69	111,64	2,61	115,16	2,53	119,00	2,45	7,26

Taula 13. Taula de regulació sense sobreessors

Vanos (m)	+10°C		+5°C		0°C		-5°C	
	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
82,63	154,84	0,04	193,27	0,04	232,92	0,03	273,19	0,03
90,64	147,12	0,14	180,08	0,11	216,21	0,09	254,24	0,08
99,54	126,35	1,26	134,90	1,18	144,92	1,10	156,50	1,01
108,85	125,22	1,53	132,34	1,44	140,53	1,36	150,02	1,27
112,05	126,80	1,82	133,02	1,73	140,07	1,64	144,35	1,60

Taula 14. Taula de regulació sense sobreesforços

Aquests seran són els valors definitius realitzat a l'annex de càlculs del present projecte, i tal i com es pot comprovar, són valors raonables dintre del rang d'esforç del tipus de cablejat seleccionat.

En ser una nova línia a instal·lar, el valor inicial de la tracció serà de 119 daN a una temperatura de 15°, essent un terme mig de valor pel conductor LA-56.

4. CENTRES DE TRANSFORMACIÓ

En el present projecte s'instal·laran dos nous Centre de Transformació prefabricats DGI-54 en superfície model PFU-4 d'Ormazabal. La instal·lació d'aquests dos nous centres de transformació permetran la distribució d'energia elèctrica per la zona i els futurs habitatges a edificar i, la connexió entre aquests centres per donar una alimentació elèctrica constant. La disposició dels CT quedarà reflectida al document Plànols del present projecte.

4.1 Característiques, fabricació i cimentació del centre

Els edificis prefabricats de formigó PFU estan formats per les següents peces principals: una que aglutina la base i les parets, un altra que forma la solera i una tercera que forma el sostre.

Addicionalment, s'incorporen altres petites peces per a construir un centre de transformació de superfície i maniobra interior (tipus caseta), estant l'estanquitat garantida per l'ocupació de les juntes de goma esponjosa entre les dues peces principals exteriors.

Totes les seves característiques seran conformes segons la RU-1303A i compatibles amb la RU-6407 per cel·les de protecció a gas.

Aquest edifici serà accessible des de l'exterior, amb les portes proveïdes de panys i/o cadenats del Titular i de l'empresa subministradora ENDESA.

En la fabricació del centre, el material emprat en la fabricació dels prefabricats PFU-4 és formigó armat vibrat. Amb una dosificació cuidada i l'adequat vibrat s'aconsegueixen unes condicions òptimes de resistència (300 kg/cm² als 28 dies de la seva fabricació) i una perfecta impermeabilització.

Aquestes peces tenen una armadura metàl·lica, estant unides entre si mitjançant filaments de coure, i a un col·lector de terres, formant d'aquesta manera una superfície equipotencial que embolica completament l'edifici.

Les portes i reixes estan aïllades elèctricament, presentant una resistència suficientment elevada respecte a la terra de l'envoltant.

Les peces metàl·liques esposades a la climatologia de l'exterior estan tractades adequadament contra la corrosió. L'acabat estàndard de l'edifici es realitzarà amb pintura acrílica rugosa, de color blanc en les parets, i color marró en sostres, portes i reixes.

En quant a la cimentació de l'edifici prefabricat, s'instal·larà sobre un llit de sorra rentada i anivellada a sobre d'una base elevada construïda al lloc del seu emplaçament en previsió de possibles tolls d'aigua.

Per a la ubicació dels centres de transformació tipus PFU és necessària una excavació, les dimensions de les quals depenen del model seleccionat, sobre el fons del qual s'estén una capa de sorra compactada i anivellada de 10 cm d'espessor.

Les dimensions d'excavació dels centres de transformació objecte d'aquest projecte són les següents: 5.260 mm de longitud, 3.180 mm d'amplada i 560 mm de fondària.

4.2 Solera, paviment i tancaments exteriors

Tots aquest elements estan fabricats en una sola peça de formigó, tal com s'ha indicat anteriorment.

Sobre la placa base, i a una alçada d'uns 400 mm, se situa la solera, que es recolza en alguns suports sobre la placa base, i en l'interior de les parets, permetent aquest espai el pas de cables de mitja i baixa tensió.

En la solera hi ha diverses troneres a fi de facilitar el muntatge i connexió de cel·les i quadres de baixa tensió. Aquestes troneres es cobreixen, quan no s'utilitzen, amb unes llosses rectangulars fàcilment extraïbles.

En l'espai reservat per al transformador, es disposa de dos perfils en forma de "U", que es poden desplaçar d'acord amb la distància entre les rodes del transformador.

En la part inferior de les parets frontal i posterior se situen els forats per als cables de mitja i baixa tensió. Aquests forats estan semiperforats, realitzant-se en obra l'obertura del que siguin necessaris per a cada aplicació.

D'igual forma, disposa d'uns forats semiperforats practicables per a les sortides a les terres exteriors. Existiran dues portes d'accés a l'interior, una d'accés de personal i l'altre d'accés al recinte del transformador.

Les portes instal·lades seran de xapa d'acer galvanitzat, pintades i es podran obrir 180°.

En la paret frontal se situen les portes d'accés de personal i material, portes de transformador i reixes de ventilació. Tots aquests materials estan fabricats en xapa d'acer.

Les portes d'accés de personal tenen unes dimensions de 900 x 2.100 mm, mentre que les del transformador tenen unes dimensions de 1.250 x 2.400 mm per a centres de 36 kV. Les dues portes poden obrir-se 180 graus.

Les reixes de ventilació de cada transformador se situen en la part inferior de la porta d'accés del mateix, i en la part superior de la paret posterior al costat del transformador. Aquestes reixes tenen un àrea de 1.200 x 677 mm.

Per als transformadors de 1000 kVA, s'afegeixen en la paret lateral al costat del transformador 4 reixes de 800 x 677 mm cadascuna. Totes aquestes reixes estan formades per llepis en forma de "V" invertida, dissenyades per a formar un laberint que evita l'entrada d'aigua de pluja en el centre de transformació, i interiorment es completa cada reixa amb una reixeta mosquitera.

Amb la finalitat de no transmetre tensions perilloses a l'exterior les reixes i les portes es troben aïllades elèctricament, presentant una resistència suficientment elevada respecte a la terra de l'envoltant.

Els elements esmentats no podran prendre tensió, per causa de defectes o avaries.

4.3 Cobertes, pintures i resum de característiques

Les cobertes estan fornades per peces de formigó, amb insercions en la part superior per a la seva manipulació. Aquestes eviten l'acumulació d'aigua sobre les mateixes i la caiguda d'aigua sobre els accessos, degut que tenen una lleu inclinació cap al costat posterior d'edifici.

L'acabat rugós de les superfícies exteriors es realitza amb pintura acrílica, de color blanc crema llis en les parets, i marró en el perímetre de la coberta o sostre.

Les portes i reixes de ventilació son pintades en acabat textura polimeritzada al forn.

Característiques detallades	
Model	PFU-4
Nombre de transformadors	1 a la dreta
Portes d'accés	2,00
Tensió nominal (kV)	36,00
Dimensions exteriors	
Longitud (mm)	4.460,00
Fons (mm)	2.380,00
Alçada (mm)	3.240,00
Alçada vista (mm)	2.780,00
Pes (kg)	12.500,00
Dimensions interiors	
Longitud (mm)	4.280,00
Fons (mm)	2.200,00
Alçada (mm)	2.550,00
Superfície (m2)	9,40
Dimensions d'excavació	
Longitud (mm)	5.260,00
Fons (mm)	3.180,00
Profunditat (mm)	560,00

Taula 15. Resum dels centres de transformació

4.4 Aparellatge a instal·lar en els CT

Per poder garantir un bon subministrament elèctric, en els nous centres de transformació s'hi instal·laran cel·les de línia, concretament del tipus CGM 3-L, que són una envoltant metàl·lica que conté un interruptor-seccionador tripolar amb tall SF₆ amb accionador manual i cel·les de protecció tipus CGM 3-P prevista per un interruptor-seccionador de tres posicions i, protecció amb fusibles limitadores, que aniran connectades al transformador de cada centre.



Figura 20. Cel·la tipus CGM 3-L



Figura 21. Cel·la tipus CGM 3-P

El conjunt conté un seccionador de posada a terra, tres aïlladors capacitius per alimentació de làmpades de senyalització de presència de tensió i, enclavaments mecànics entre el seccionador i la posada a terra.

El nivell d'aïllament dels elements en tensió dels centres de transformació serà l'assenyalat reglamentàriament (ITC-RAT 13) per material del Grup A amb una tensió més elevada de 36 kV, que és de 145 o 170 kV de cresta de tensió nominal suportada a impulsos tipus raig i, de 70 kV eficaços de tensió nominal suportada de curta durada a freqüència industrial.

Hi hauran instal·lats dos circuits de terres, un de protecció i l'altre de servei. A la primera es connectaran els farratges, la cuba del transformador, blindatges dels cables d'alta tensió, carcassa de l'armari BT i totes les masses metàl·liques de l'interior del C.T., a la segona, es posarà el neutre del transformador.

Les cel·les de línia a instal·lar, tenen les següents característiques :

Característiques elèctriques:	Valor
Tensió nominal (kV)	36
Intensitat nominal (A)	400
Tensió d'assaig 50 Hz (1min) (kV)	70
Tensió assaig ona xoc (kV)	170
Intensitat tèrmica (1s) (eficaç)(kA)	16
Intensitat dinàmica (Cresta) (kA)	50
Grau de protecció (UNE 20324)	IP-337
Característiques físiques	Valor
Altura (mm):	1.745
Amplada (mm):	418
Fondària (mm):	845
Pes (kg):	138

Taula 16. Característiques de les cel·les CGM.3-L

Les cel·les de protecció a instal·lar, contenen les següents característiques que vindran detallades seguidament, on s'identificaran les mides del mòdul i de les característiques elèctriques de la cel·la:

Característiques elèctriques:	Valor
Tensió nominal (kV)	36
Intensitat nominal (A)	400
Tensió d'assaig 50 Hz (1min) (kV)	70
Tensió assaig ona xoc (kV)	170
Intensitat tèrmica (1s) (eficaç)(kA)	16
Intensitat dinàmica (Cresta) (kA)	50
Grau de protecció (UNE 20324)	IP-337
Característiques físiques	Valor
Altura (mm):	1.745
Amplada (mm):	480
Fondària (mm):	1.010
Pes (kg):	211

Taula 17. Característiques de les cel·les CGM.3-P

També s'instal·larà un equip de telecomandament per cada centre de transformació, les característiques del qual s'explicaran en l'apartat 4.10 del present document.

En el centre de transformació 1, s'hi instal·laran dues cel·les de línia, una de protecció i, un equip de telecomandament. En el centre de transformació 2, s'hi instal·laran tres cel·les de línia, una de protecció i, un equip de telecomandament. Aquesta distribució permetrà garantir la continuïtat elèctrica per la zona i una distribució energètica constant, creant una zona anellada.

La connexió entre el conjunt es recomana cablejar les cel·les de protecció del transformador a la cel·la de línia adjacent per l'esquerra, i cablejar l'adjacent a la seva dreta. Es pot veure més clarament en la següent figura:

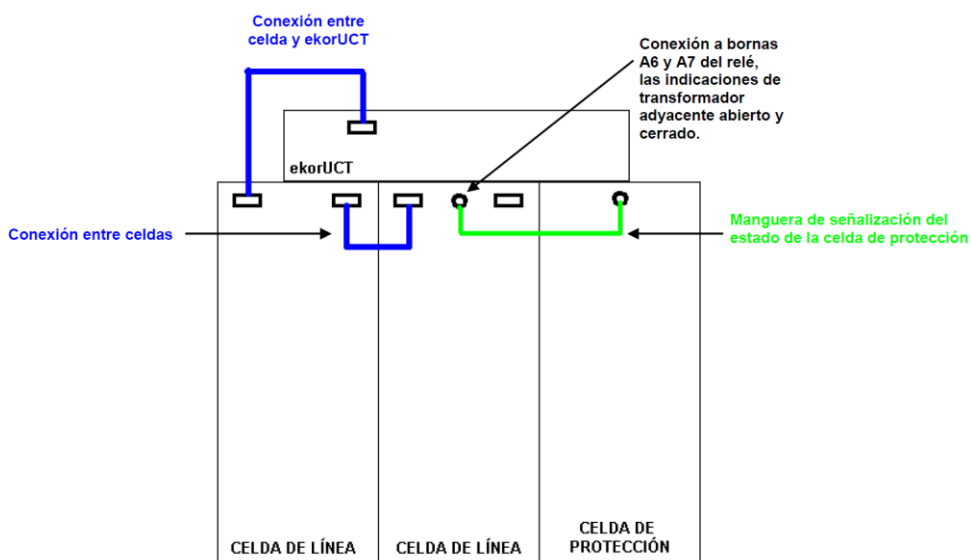


Figura 22. Connexió de l'aparellatge

4.5 Transformadors a instal·lar

En ambdós centres de transformació s'hi hauran d'instal·lar els mateixos transformadors de potència, degut a la potència demandada per la construcció dels nous habitatges de la zona i, garantir així, una correcta distribució de l'energia elèctrica.

Per tant, els transformadors a instal·lar per cada centre, tindran les següents característiques:

Característiques elèctriques:	Valor
Potència (kVA)	400
Tensió (kV)	25/0,420
Freqüència (Hz)	50
Tipus connexió	DyN 11

Taula 18. Característiques elèctriques dels transformadors a instal·lar

A més, cada transformador tindrà les següents mesures de seguretat:

Un dipòsit de recollida d'oli amb grava apagafocs, immobilització de rodes als carrils on s'instal·li el transformador i, un sistema de mesura de temperatura de l'oli del transformador.

La situació del transformador se situarà en el mateix recinte que les cel·les, en l'espai reservat per la seva instal·lació, i estarà separat de la part de maniobra per un envà metàl·lic.

4.6 Característiques descriptives del material BT i AT

Aquest és el material vari que no s'ha descrit en les característiques de l'equip ni de l'aparellatge.

El material AT consta de les interconnexions del centre de transformació, que bàsicament consta de la interconnexió entre les cel·les modulars i el transformador mitjançant un circuit 3x1x150 mm² d'Alumini amb conductor tipus RHZ1 Al 18/30 kV. Per la seva connexió s'utilitzaran terminacions interiors termoretràctils.

Aquest càlcul es reflexa a l'apartat de A.2.9 de l'annex d'aquest document.

L'altre tipus de material vari és el de BT i constarà de dos tipus:

El primer, les interconnexions de baixa tensió, que des del transformador surt un joc de ponts de cables de baixa tensió, de secció i material 1x240 Al (Etilè-Propilè) sense armadura amb aïllament 0,6/1 kV, i tots els accessoris per a la connexió, formats per un grup de cables en la quantitat 4 x fase + 4 x neutre.

En segon i últim lloc, els quadres de baixa tensió. En cada centre de transformació, hi haurà un quadre de sortides de baixa tensió de 1.600 A i 400 V amb 4 sòcols amb fusibles per sortida de cables de baixa tensió.

4.7 Proteccions

Es descriuran les diverses mesures de seguretat que constarà en cada centre transformador indicant els detalls que comporten cada una d'aquestes.

Els càlculs de proteccions vénen detallats a l'annex de càlculs del present document.

4.7.1 Protecció contra cc, sobreintensitats i faltes a terra

La protecció contra curtcircuits i sobreintensitats queda assegurada amb la instal·lació de ruptofusibles proveïts de fusibles de 25 A pels transformadors de 400 kVA.

Segons dades d'ENDESA, la potència màxima de curtcircuit en el punt on s'han instal·lat els centres és de 500 MVA.

4.7.2 Protecció contra contactes directes accidentals

La protecció contra contactes accidentals amb elements en tensió queda garantida amb la instal·lació de cel·les prefabricades, en existir enclavaments mecànics que impedeixen l'accés al interior mentre no es connecti el corresponent seccionador de posada a terra, segons es descriu a continuació:

Enclavament de portes: impedeix la seva obertura quan l'aparell principal està tancat o la posada a terra està desconnectada.

Enclavament de maniobra: impedeix la maniobra de l'aparell principal i l'obertura de la posada a terra, amb la porta oberta.

Enclavament de terra: impedeix el tancament de la posada a terra amb l'interruptor tancat o viceversa.

S'instal·laran rètols de les seqüències de maniobres per tal d'evitar accidents. Als interiors dels centres de transformació hi haurà un rètol que indiqui que abans de canviar fusibles, s'ha d'obrir l'interruptor automàtic i el seccionador, i posar terres a ambdós costats.

Les reixes de ventilació accessibles, seran de perfil en "V", de manera que impedeixi la introducció d'objectes des de l'exterior. S'ha previst unes reixes a la part inferior de la porta d'entrada a l'edifici i una ventilació superior, tal com indiquen els plànols adjunts.

4.7.3 Instal·lació de posada a terra

Es realitzarà una instal·lació de posada a terra independent per a ferratges i un altre per al neutre de baixa tensió, separades entre sí una distància no inferior a la indicada en la memòria de càlculs, per tal que siguin elèctricament independents al CT.

El valor de la resistència de posada a terra del neutre dels transformadors és l'indicat en la memòria de càlculs.

La instal·lació dels terres del neutre fins al primer elèctrode es realitzarà amb conductor de coure RV 0,6/1 kV de 1x50 mm² de Cu, enfundat amb tub de PVC flexible grau de protecció mecànica 7 o 9 a partir del primer elèctrode, amb conductor de Cu despullat 1x50 mm².

La instal·lació de terres de ferratges es realitzarà amb conductor de coure despullat de 1x50 mm². Es connectaran a aquest terra totes les parts metàl·liques de la instal·lació del centre de transformació, exceptuant-ne les que són accessibles des de l'exterior (portes, finestres, safates baixa tensió, estructura de la nau, etc.).

4.7.4 Mesures addicionals de seguretat

Com a mesures addicionals de seguretat, s'instal·larà a l'interior de cada centre:

Banqueta aïllant 36 kV.

Plaques de perill de mort a tots els elements que continguin aparellatge en tensió, portes d'accés, mampares, etc.

Plaques de primers auxilis.

Instruccions de les seqüències de maniobres.

Els equips de manteniment de la companyia elèctrica com a material necessari per l'accés als centres de transformació, la resta de material de seguretat necessari com són els guants d'aïllament fins a 36 kV, un extintor d'eficàcia 89 B per presència de tensió, etc.

4.7.5 Instal·lacions auxiliars

Es realitzarà una instal·lació d'enllumenat interior a cada centre de transformació, alimentat des del secundari del transformador, a través de protecció magnetotèrmica i diferencial adequades. S'accionarà automàticament per obertura de la porta d'accés, mitjançant un final de cursa, o bé mitjançant interruptor. Es protegirà amb interruptor magnetotèrmic 10A/II i diferencial 40A/II/30 mA.

Es realitzarà una instal·lació de seguretat per a protecció del transformador contra escalfaments o sobretemperatures, mitjançant termòmetre d'esfera que actuarà sobre el ruptofusible.

El transformador disposarà de pou de recollida d'oli de capacitat suficient per ell amb les pendents de recollida necessàries i reixa amb grava apagafocs.

El transformador s'instal·larà sobre perfils normalitzats d'acer d'acord amb el pes dels mateixos. Els perfils aniran col·locats en encaixos previstos en el paviment amb junta aïllant de manera que no hi hagi continuïtat elèctrica amb l'armadura de l'edifici.

No sortirà del recinte del centre de transformació cap element metàl·lic (safates, tubs, reixes, etc.) a part dels cables de mitja i baixa tensió.

Tot el forjat de la sala del centre de transformació es dimensionarà per suportar el transformador com element més pesats prenent 4.000 kg de referència unitària per cada màquina.

4.7.6 Sistema de ventilació

La ventilació del centre es realitza de manera natural, mitjançant reixes metàl·liques en forma de "V", i tela mosquitera, de tal manera que impedeixi la introducció d'objectes des de l'exterior, si són directament accessibles. La superfície de reixes del local garanteix la correcta ventilació, segons es justifica a l'apartat A.2.10 de l'annex de càlculs.

Les obertures amb reixa per l'entrada d'aire es trobaran a la part inferior del transformador i les del conducte de sortida es trobaran en una situació superior al nivell màxim del transformador.

4.7.7 Sistema contra incendis

Per a la determinació de les proteccions contra incendis que es poden donar lloc dins d'aquesta instal·lació s'ha tingut en compte que es tracta d'una instal·lació d'ús privat i s'ha pres de referència la instrucció MIE RAT 14 apartat 4.1.

Donat que el volum d'oli unitari de cada transformador és inferior a 600, es dota a la instal·lació d'un extintor mòbil, que s'encarregarà de dur l'equip de manteniment, amb un nivell d'eficàcia mínim de 89B, apropiat per combatre focs en presència de tensió elèctrica superior a 1000 V (fins a 25 kV).

Pel volum d'oli del transformador, el centre de transformació disposarà d'un fossat per la recollida d'oli, amb capacitat suficient per a contenir tot el líquid existent al transformador, amb llit de grava apagafocs i recinte contenidor, segons indiquen les condicions de la companyia elèctrica.

4.8 Equip de telecomandament

En ambdós centres de transformació s'instal·laran els telecomandaments que permetran operar des del Centre de Control la maniobra de les cel·les de línia, així com rebre senyals de l'estat de la xarxa i dels components d'aquest centre.

Les cel·les d'aquesta instal·lació són de la marca Ormazábal, estan preparades per poder ser telecomandats, per això les cel·les de línia estaran motoritzades, el que permetrà actuar

sobre l'obertura/tancament de l'interruptor-seccionador de cadascuna d'elles individualment.

Disposaran de relé Ekor RCI, per al tractament de senyals i la realització de les funcions de control integrat: seguiment, automatització i telecomandament.

Les seves funcions principals son les de maniobrar i controlar l'estat de l'interruptor, controlar l'estat del seccionador de la posada a terra, detectar la presència / absència de tensió, capacitat de mesura de tensió i intensitat de fases i, detecció de faltes.

Cada centre de transformació disposarà d'un armari de telecomandament Ekor UCT, que se situarà sobre parets.



Figura 23. Aspecte de l'armari de telecomandament ekor UCT-M

Aquest armari conté el carregador i les bateries, alimentació independent de comunicacions, motors i control, la remota de comunicacions i el compartiment per a comunicació que presenta un selector de comandament local/remot.

La connexió del telecomandament amb les cel·les de línia i protecció corresponent es realitzarà de la següent forma, resumida amb un esquema unifilar de la connexió amb cel·les 3L+P.

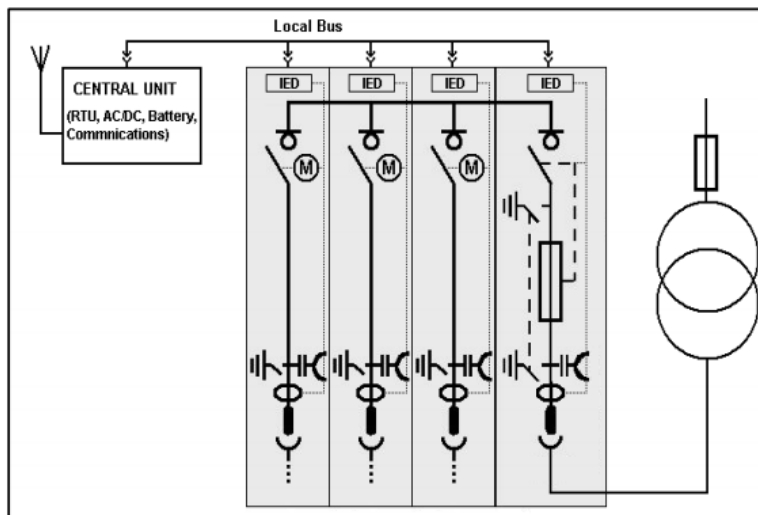


Figura 24. Esquema unifilar de la connexió entre l'equip de telecomandament i cel·les 3L+P

Després de la realització de les connexions generals dels centres de transformació, es realitzaran les interconnexions entre les cel·les de línia i protecció amb les de telecomandament.

S'haurà de connectar mitjançant la mànega disponible, la unitat ekorUCT amb la primera de les cel·les del conjunt.

En el cas del present projecte, que s'instal·larà una unitat mural (ekorUCT-M), la connexió es realitzarà des del connector que queda a la dreta de l'armari a la cel·la més propera del conjunt.

El sistema de comunicació utilitzat vindrà en funció del grau de cobertura, es prioritzarà el sistema ràdio digital (xarxa de ENDESA) i, si no és possible, s'optarà per sistema GPRS (xarxa d'operador).

El gran avantatge que suposa la instal·lació de l'equip de telecomandament a cada centre de transformació implicarà una gran resposta davant les fallades de la xarxa, evitant així interrupcions prolongades del subministrament i evitant també el moviment de personal de manteniment, ja que serà autosuficient.

5. LÍNIA DE BAIXA TENSIO

A la nova Urbanització Palahines es pretén donar subministrament elèctric a 33 nous subministraments per habitatges, més un nou quadre d'enllumenat públic de 10kW, per aquesta raó és necessari realitzar la instal·lació de dues noves línies subterrànies a 400V.

Les noves línies subterrànies tindran el seu origen en la connexió amb el nou quadre de baixa tensió del Centre de Transformació 1 i 2 i es dividiran per sortides de quadres BT: el primer correspon al nou CT 1 i el segon, al CT 2.

Tram del quadre 1 sortida 1 del CT 1: Aquesta nova línia subterrània tindrà una longitud de 58 metres, fins arribar a l'empalmament amb una línia existent. Anirà canalitzada sota voravia i el conductor a utilitzar serà Al 240.

Tram del quadre 1 sortida 2 del CT 1: Aquesta nova línia subterrània tindrà una longitud de 19 metres, fins arribar a l'empalmament amb una línia existent, direcció a la caixa BT existent de la Residència geriàtrica Sant Jordi. Anirà canalitzada sota voravia i el conductor a utilitzar serà Al 240.

Tram del quadre 1 sortida 3 del CT 1: Aquesta nova línia subterrània tindrà una longitud de 196 metres, efectuant entrada en una CDU en una mitgera entre dos edificis, on hi haurà una frontera que separarà la sortida 3 amb la 4. La present canalització anirà canalitzada sota voravia i el conductor a utilitzar serà Al 240.

Tram del quadre 1 sortida 4 del CT 1: Aquesta nova línia subterrània tindrà una longitud de 189 metres, efectuant entrades i sortides en les CDU de les mitgeres dels edificis i el nou quadre d'enllumenat. Finalitzarà a la frontera que separa la línia 3 de la 4. Anirà canalitzada sota voravia i el conductor a utilitzar serà Al 240.

Tram del quadre 1 sortida 1 del CT 2: Aquesta nova línia subterrània tindrà una longitud de 117 metres, fins arribar a la frontera situada a l'entrada de la CDU més allunyada del nou CT. Anirà canalitzada sota voravia i el conductor a utilitzar serà Al 240.

Tram del quadre 1 sortida 2 del CT 2: Aquesta nova línia subterrània tindrà una longitud de 119 metres, fins arribar a la frontera situada a l'entrada de la CDU més allunyada del CT 2.

Anirà canalitzada sota voravia i el conductor a utilitzar serà Al 240.

El traçat de la nova línia i les seves característiques venen detallats en el plànol adjunt. El cable a utilitzar estarà format per 1 circuit RV240 compost de 3 conductors per fase de 240 mm² de secció d'alumini i 1 conductor de 150 mm² pel neutre, amb aïllament de polietilè reticulat i coberta de PVC 0,6 / 1kV.

5.1 Caixes BT

En el present projecte es pretén instal·lar un conjunt de caixes de distribució urbana, del fabricant CLAVED, les mides del quals tindran una amplada de 536 mm, altura de 520 mm i, una fondària de 234 mm.

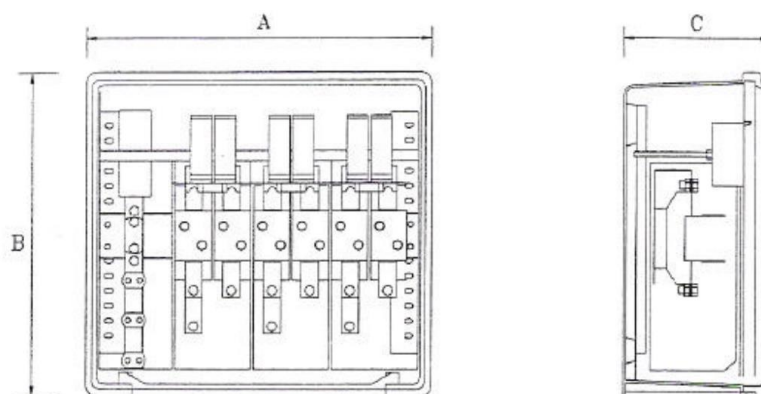


Figura 25. CDU marca CLAVED

Aquestes caixes permeten l'entrada i sortida de la línia principal de baixa tensió, i així derivar al client fins un màxim de dos subministres trifàsics o sis monofàsics. En el nostre projecte, hi hauran derivacions dobles i simples i la seva ubicació serà en el mur de la mitgera cada dos edificis a construir.

El fet d'efectuar entrades i sortides a les caixes, facilitarà la identificació i separació del tram en qüestió quan es puguin produir possibles averies.

L'embolcall de les CDU seran de material aïllant, resistents a alcalins, precintables i autoextingibles. Disposarà de ventilació interna per evitar condensacions i, tindrà com a mínim un grau de protecció IP-433.

6. RESUM DE PRESSUPOST

El present projecte format per la nova línia aèria / subterrània a 25 kV, la instal·lació dels nous centres de transformació, els treballs específics com l'estesa, l'obertura de rases i obres necessàries per l'electrificació de la urbanització Palahines, ascendeix a la quantitat de tres-cents seixanta-set mil cinc-cents seixanta euros amb setanta-un cèntims, sense IVA.

7. CONCLUSIÓ

Amb la posada en marxa de la nova línia aèria / subterrània a 25kV, juntament amb la instal·lació dels dos centres de transformació i el subministrament en baixa tensió, es podrà donar un bon subministrament elèctric a la futura urbanització Palahines del terme municipal de Celrà.

Els aparells emprats en aquest projecte són homologats i compleixen amb les normatives vigents.

La instal·lació dels centres de transformació s'efectuaran d'acord amb els vigents reglaments de línies elèctriques d'alta tensió i estacions transformadores que li siguin d'aplicació en cada cas i, segons les especificacions tècniques d'Endesa Distribución Eléctrica S.L.U.

S'han tingut en compte possibles actuacions futures d'ampliació del servei i un manteniment a distància gràcies a l'equip de telecomandament. Tot això comportarà una qualitat i millora del servei a l'usuari, que en serà i és el màxim beneficiat final.

S'acompanya a la present memòria, la documentació suficient exigida en la legislació aplicable.

Jordi Burcet Cuello

Graduat en Enginyeria Elèctrica

Girona, 4 de juny de 2019

8. RELACIÓ DE DOCUMENTS

El projecte consta de cinc documents principals: el primer correspon a la memòria; el segon document, dels plànols; el tercer, el plec de condicions; el quart correspon a l'estat d'amidaments i, el cinquè document, el pressupost.

9. BIBLIOGRAFIA

ABB. Descargadores de sobretensiones de alto voltaje. (https://www.unioviado.es/pcasielles/uploads/cat%C3%A1logos/Pararrayos/ABB_pararrayos_guia_comprador.pdf , 26 de maig de 2019)

AJUNTAMENT DE CELRÀ. Mapa de capacitat acústica. (https://www.celra.cat/ajuntament/documents/2015/mca_celra15.pdf , 3 de juny de 2019)

ARNAU VERT, N. Línia aèria 66kV, circuit simple, entre Ripoll i Sant Quirze de Besora. Treball final de grau. Enginyeria Elèctrica. Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona. Juny 2014.

BACIGALUPE CAMARERO, F. Líneas aéreas de media y baja tensión, cálculo mecánico. (<https://www.scribd.com/document/369003539/lineasaereasdemediaybajatenincalculomecánico-170609144148-pdf> , 14 de maig de 2019)

BUTLLETÍ OFICIAL DE L'ESTAT. Govern d'Espanya. (<https://www.boe.es>)

ENDESA. Condiciones técnicas i de seguretat de les instal·lacions de distribució de FECSA ENDESA. Octubre, 2006

ENDESA. Proyecto Tipo AYZ10000 Líneas Aéreas de Media Tensión. (<http://www.f2i2.net/documentos/lsi//nce/ENDESA/Proy/2019/AYZ10000%20Proyecto%20Tipo%20Lineas%20Aereas%20de%20Media%20Tension.pdf> , 8 de maig de 2019)

GRAU VILLAESCUSA, J. Projecte d'execució i legalització del centre de mesura i transformació CM/CT – 69692 a 25/0,4 KV. Projecte – Treball final de carrera. Enginyeria Industrial. Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona. Juny 2016.

IMEDEXA. Catálogo general 2012 adaptado al nuevo reglamento R.D. 223/2008. (<http://www.imedexsa.es/public/download.aspx?fichero=109.pdf&title=Catalogo%20Completo%202012.pdf> , 28 d'abril de 2019)

INAEL. Aisladores, grapas y herrajes para líneas aéreas. (https://www.unioviedo.es/pcasielles/uploads/cat%C3%A1logos/Aisladores/herrajes_lineas_aereas.pdf , 26 de maig de 2019)

MINISTERI D'INDUSTRIA, ENERGIA I TURISME. Reglament sobre condicions tècniques i garanties de seguretat en instal·lacions elèctriques d'alta tensió i les seves instruccions complementàries ITC-RAT. Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme. Madrid. 2014

ORMAZÁBAL. ekorUCT UNIDAD COMPACTA DE TELEMANDO. (<http://www.ormazabal.com/sites/default/files/descargas/IG-151-ES-05.pdf> , 25 d'abril de 2019)

ORMAZÁBAL. Transformadores herméticos de llenado integral. (<https://www.ormazabal.com/sites/default/files/descargas/CA-109-ES-1311.pdf> , 26 de maig de 2019)

10. GLOSSARI

AT	Alta tensió
BOE	Butlletí Oficial de l'Estat
BT	Baixa Tensió
CT	Centre de transformació
ITC	Instrucció tècnica complementària
LAT	Línies d'Alta Tensió
LSMT	Línia Subterrània de Mitja Tensió
NTP	Norma Tècnica Particular
PE	Polietilè
RAT	Reglament d'Alta Tensió
RD	Reial Decret
TIC	Departament de Treball, Indústria i Comerç
XLPE	Polietilè Reticulat
EDS	Every Day Stress
UNE	Una Norma Española

A. CÀLCULS

En el present annex de la memòria es recullen el conjunt d'equacions utilitzades pels càlculs necessaris per validar la instal·lació, que compondran: càlculs de caiguda de tensió i potència tant per línies subterrànies com aèries, càlculs mecànics per les línies aèries i, els càlculs necessaris per la instal·lació dels centres de transformació.

A.1 Càlcul elèctric de la línia subterrània BT i MT

En primer lloc determinarem els càlculs elèctrics per les línies subterrànies de 25 kV.

Primerament es determina la intensitat corregida depenent de la rasa on es localitzi l'estesa subterrània. Els factors de correcció són extrets de la taula 7 i 8 de la ITC-07 i vindran determina segons les profunditats i acumulacions d'on es col·locaran les esteses.

La intensitat resultant serà la multiplicació de tots els factors de correcció per la intensitat tipus, que vindrà donada per la següent equació:

$$I = F_{C_p} \cdot F_{C_c} \cdot I_t \quad (\text{Eq. 1})$$

Tipus de rasa	I (A)	Profunditat (m)	Factor correcció profunditat	Nombre de circuits	Factor correcció nombre circuits	I corregida (A)
Vorera	345,00	0,80	1,03	1,00	1,00	355,35
Calçada (sota tub)	325,00	1,00	1,00	1,00	0,85	276,25

Taula 19. Taula de càlculs per la I corregida

En la següent taula s'indiquen les corrents de curtcircuit admissibles per als diferents temps de duració del curtcircuit en els conductors.

Secció del conductor mm ²	Duració del curtcircuit (s)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
150	44,6	31,5	25,8	19,9	18,2	22,6	11,5	10,0	8,9	8,1
240	71,3	50,4	41,2	31,9	29,1	22,6	18,4	16,0	14,3	13,0
400	118,9	84,1	68,6	53,2	48,5	37,6	30,7	26,6	23,8	21,7

Taula 20. Corrents de curtcircuit admissible als conductors en kA

Seguidament s'especifica en la següent taula les densitats de corrent màximes admissibles per a conductors d'alumini.

Tipus d'aïllament	Durada del curtcircuit, tcc, en segons									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54

Taula 21. Densitat màxima admissible de corrent de curtcircuit (A/mm²)

Podrem utilitzar ambdues taules i dues fórmules diferents per saber les duracions de curtcircuit.

Per determinar la potència aparent en curtcircuit de la xarxa ens guiem pel que diu Endesa, que en aquest cas en línies de 25kV, la potència serà de 500MVA.

A partir d'aquests valors podrem determinar la intensitat permanent de curtcircuit màxima de la xarxa:

$$I_{pcc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (\text{Eq. 2})$$

Un cop determinada la intensitat en curtcircuit màxima de la xarxa, buscarem a la Taula 20 quina és la duració de curtcircuit, que a partir de la següent equació, podem determinar la intensitat de curtcircuit suportada per un conductor:

$$I_{cc} = \frac{k_c \cdot S}{\sqrt{t_{cc}}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Per utilitzar la taula 21, calcularem la densitat màxima admissible de corrent de curtcircuit per la xarxa i la densitat màxima admissible per conductors, que en si, l'equació serà la divisió entre les intensitats de curtcircuit de conductor i les intensitats de curtcircuit de la xarxa amb la secció de conductor escollit, que en el nostre cas és una secció de valor 240mm², i s'aplicarà la mateixa fórmula per ambdós casos:

$$D_{pcc,cc} = \frac{I_{pcc,cc}}{S} \quad (\text{Eq. 4})$$

U	Tensió de la línia (25kV)
I	Intensitat màxima rectificada del conductor de la línia (A)
D_{pcc,cc}	Densitat de corrent (A/mm ²)
S	Secció del cablejat (mm ²)
I_{pcc}	Intensitat permanent de cc màxim de la xarxa (kA)
S_{cc}	Potència de cc (MVA)
I_{cc}	Intensitat de cc suportada per un conductor (kA)
t_{cc}	Temps màxim de duració del cc (s)
k_c	Constant del conductor d'alumini (93)

Taula 22. Paràmetres de les equacions del càlcul de corrents màximes de curtcircuit admissibles

A partir de les intensitats corregides, procedim a calcular la potència aparent de cada secció i les densitats de corrent de cada una:

Tipus de rasa	I corregida (A)	U (kV)	S aparent (kVA)	Secció (mm ²)	D (A/mm ²)
Vorera	355,35	25,00	15.387,11	240,00	1,48
Calçada (directament soterrat)	345,00	25,00	14.938,94	240,00	1,44
Calçada (sota tub)	276,25	25,00	11.961,98	240,00	1,15

Taula 23. Taula de càlculs per potència aparent i densitat de corrent

Per cables d'alumini de secció nominal de 240mm², segons la taula xx, la densitat de corrent màxima ha de ser 2,34 A/mm². Segons els valors obtinguts, podem confirmar que es situen per sota del valor màxim.

En quant als càlculs d'intensitat de curtcircuit màximes, s'obté:

U (kV)	S _{cc} (MVA)	Secció (mm ²)	k _c	I _{pcc} (kA)	D _{cc} (A/mm ²)	t _{cc} (s)	I _{cc} (kA)
25,00	500,00	240,00	93,00	11,55	48,11	3,00	12,89

Taula 24. Taula de càlculs per intensitats de cc màxima

Per finalitzar, es pot arribar a la conclusió que l'elecció del cablejat Al240 és el més adient, ja que la intensitat en cc dels conductors és més elevada que la del conjunt de la xarxa i, per tant, serà capaç de suportar una possible fallada del conjunt.

A.1.1 Caiguda de tensió i pèrdua de potència a 25kV

Primerament es realitzarà el càlcul de caigudes de tensió i potència de la nova línia elèctrica, i es valorarà si els resultats són els adients o no. La fórmula que ens determina la caiguda de tensió és la següent:

$$e = L \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi) \quad (\text{Eq. 5})$$

Per determinar el valor percentual haurem de fer:

$$e(\%) = \frac{e}{U} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

Per la pèrdua de potència de l'estesa se segueix la següent fórmula:

$$P_p = \frac{S^2 \cdot L \cdot R}{U^2} \quad (\text{Eq. 7})$$

I la pèrdua de potència en valor percentual:

$$P_p(\%) = \frac{S \cdot L \cdot R}{10 \cdot U^2 \cdot \cos\phi} \quad (\text{Eq. 8})$$

I	Intensitat màxima rectificada del conductor de la línia (A)
L	Longitud de la línia (km)
R	Resistència del cable (0,161Ω/km)
cos φ	Factor de Potència de la càrrega (0,9)
X	Reactància del cable (0,113Ω/km)

Taula 25. Paràmetres de les equacions de caiguda de tensió i pèrdua de potència

La longitud de la línia es diferenciarà depenent de si la canalització és directament soterrada, sota tub i si és en vorera o calçada.

Un cop definits els paràmetres de les equacions, es determinaran els valors de caiguda de tensió de l'estesa subterrània a 25kV i es valorarà si compleix amb les limitacions.

TRAM 1: Des de la conversió aèria/subterrània del nou suport metàl·lic de gelosia T-22, fins el nou CT 2:

Tipus de rasa	I corregida (A)	U (kV)	L (km)	e (V)	e% (%)
Vorera	355,350	25,000	0,248	29,63	0,118

Taula 26. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

La caiguda de tensió del tram 1 serà de 29,63 V, que en valor percentual és de 0,118%.

TRAM 2: Des del nou CT 2 fins l'empalmament amb la línia subterrània existent direcció CT existent:

Tipus de rasa	I corregida (A)	U (kV)	L (km)	e (V)	e% (%)
Vorera	355,350	25,000	0,252	30,110	0,120
Calçada (sota tub)	276,250	25,000	0,013	1,210	0,005

Taula 27. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

La caiguda de tensió del tram 2, sumant totes les caigudes presents, serà de 31,32 V, que en valor percentual és de 0,125%.

TRAM 3: Des del nou CT 2 fins el nou CT 1:

Tipus de rasa	I corregida (A)	U (kV)	L (km)	e (V)	e% (%)
Vorera	355,350	25,000	0,251	29,999	0,119
Calçada (sota tub)	276,250	25,000	0,017	1,300	0,005

Taula 28. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

La caiguda de tensió del tram 3, sumant totes les caigudes presents, serà de 31,30 V, que en valor percentual és de 0,124%.

TRAM 4: Des del nou CT 1 fins l'empalmament amb línia subterrània existent:

Tipus de rasa	I corregida (A)	U (kV)	L (km)	e (V)	e% (%)
Vorera	355,350	25,000	0,064	7,650	0,031

Taula 29. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

La caiguda de tensió del tram 4 serà de 7,65 V, que en valor percentual és de 0,031%, essent una caiguda de tensió total percentual de tota la línia subterrània de 0,398%, que com a resultat és molt inferior al màxim establert del reglament, limitat al 7%.

Les pèrdues de potència en els diversos trams de l'estesa seran:

TRAM 1:

Tipus de rasa	U (kV)	L (km)	S aparent (kVA)	Pp (kW)	Pp % (%)
Vorera	25,000	0,248	15.387,106	15,130	0,109

Taula 30. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

TRAM 2:

Tipus de rasa	U (kV)	L (km)	S aparent (kVA)	Pp (kW)	Pp % (%)
Vorera	25,000	0,252	15.387,106	15,370	0,111
Calçada (sota tub)	25,000	0,013	11.961,976	0,480	0,004

Taula 31. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

TRAM 3:

Tipus de rasa	U (kV)	L (km)	S aparent (kVA)	Pp (kW)	Pp % (%)
Vorera	25,000	0,251	15.387,106	15,310	0,110
Calçada (sota tub)	25,000	0,017	11.961,976	0,630	0,006

Taula 32. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

TRAM 4:

Tipus de rasa	U (kV)	L (km)	S aparent (kVA)	Pp (kW)	Pp % (%)
Vorera	25,000	0,064	15.387,106	3,900	0,028

Taula 33. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

La pèrdua de potència total percentual de tota la línia subterrània de 0,368%, el reglament no disposa d'un valor màxim de pèrdues, per tant considerem que les pèrdues són acceptables.

A.1.2 Caigudes de tensió BT

Seguidament es realitzaran els càlculs per determinar les caigudes de tensió de cada sortida dels quadres de BT de cada nou CT. Es tindran en compte les màximes intensitats permanents admissibles de la línia, i una caiguda de tensió màxima admissible del 7%.

S'analitzarà la caiguda de tensió mitjançant la següent fórmula:

$$e = \frac{P \cdot L \cdot (R + X \cdot \tan(\phi))}{U} \quad (\text{Eq. 9})$$

Essent:

P	Potència de la caixa BT més llunyana (kW)
L	Longitud de la línia (km)
R	Resistència del cable (0,13Ω/km)
tan φ	Factor de Potència de la càrrega (0,75)
X	Reactància del cable (0,08Ω/km)

Taula 34. Paràmetres de l'equació de caiguda de tensió

També s'analitzarà la saturació del cable, per saber si és capaç de suportar la totalitat de la línia, essent la fórmula:

$$\text{SAT} = \frac{I \cdot 100}{I_{\text{adm}}} \quad (\text{Eq. 10})$$

On:

I	Intensitat de la línia en el tram (A)
I_{adm}	Intensitat admissible del cable (315 A)

Taula 15. Paràmetres de l' equació de saturació del cable

Se seguiran les directrius marcades en la ITC-BT-10 segons els coeficients de simultaneïtat a tenir en compte en el càlcul.

Seguidament s'exposaran, mitjançant trams (sortides dels quadres de BT de cada CT) les caigudes de tensió parcials, i totals:

Nou CT 1 Q1S3 (400V):

TRAM	L (km)	e (%)	e% (%)	SAT (%)
1	0,185	0,340	0,340	8,80
2	0,011	0,000	0,340	0,00

Taula 35. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

Nou CT 1 Q1S4 (400V):

TRAM	L (km)	e (%)	e% (%)	SAT (%)
1	0,010	0,140	0,140	63,70
2	0,065	0,800	0,940	58,60
3	0,015	0,160	1,110	53,00
4	0,017	0,160	1,260	46,40
5	0,017	0,140	1,400	39,90
6	0,015	0,100	1,500	32,80
7	0,020	0,110	1,610	25,30
8	0,015	0,050	1,660	17,80
9	0,015	0,030	1,690	9,40

Taula 36. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

Es pot comprovar que la caiguda de tensió no supera el 7% estipulat per reglament en cap dels dos casos, ni la saturació arriba a ser superior del 100%.

Nou CT 2 Q1S1 (400V):

TRAM	L (km)	e (%)	e% (%)	SAT (%)
1	0,012	0,123	0,123	43,10
2	0,015	0,147	0,270	43,10
3	0,016	0,130	0,400	39,90
4	0,021	0,142	0,542	32,80
5	0,016	0,088	0,630	25,30
6	0,019	0,071	0,701	17,80
7	0,018	0,038	0,739	9,40

Taula 37. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

Nou CT 2 Q1S2 (400V):

TRAM	L (km)	e (%)	e% (%)	SAT (%)
1	0,113	0,110	0,110	4,70
2	0,016	0,000	0,110	0,00

Taula 38. Taula de càlculs de les caigudes de tensió

Es pot comprovar que la caiguda de tensió tampoc supera el 7% estipulat per reglament ni les saturacions superen al 100 %.

A.2 Càlculs pel dimensionament del CT

En aquest apartat es detallaran els càlculs necessaris per la instal·lació dels nous Centres de Transformació. En ser dos centres prefabricats amb el mateix transformador i mateixes mides, excepte un que té una cel·la de línia més, en els pròxims càlculs, només es detallarà un CT, i per tant els càlculs seran vàlids per ambdós centres.

A.2.1 Procediment i paràmetres del càlcul de terres

El procediment a seguir en el disseny de la instal·lació a terra serà el següent, segons ITC-RAT 13 "Instal·lacions de posada terra":

Primerament, s'investigaran les característiques del terreny i es mesurarà la resistivitat del terreny (en el present projecte es suposaran unes dades mitjanes). Es determinaran els

corrents màxims de la connexió de terra i del temps màxim corresponent a l'eliminació del defecte.

Els paràmetres que s'aplicaran al càlcul de la connexió de terra seran els següents:

Tensió de la xarxa	25000 V
Tipus connexió a terra del Neutre	Per reactància $X_n=25\Omega$
Nivell aïllament de la BT en el CT	10000V
U_{max} suportada per instal·lacions connectades a xarxa BT	1000V
Proteccions amb relés de corba extremadament inversa que garanteix la desaparició del defecte en $t<0,6s$	
Constant K'	24
Corba n'	2 (extremadament inversa)
Intensitat arrancada	60 A
Reconnexió automàtica	Si

Taula 39. Paràmetres de càlcul

El resultat del càlcul de terres s'especificarà a l'apartat A.2.8 del present annex. Per tant, amb les dades inicials, es podrà calcular la intensitat màxima de defecte, que es produeix en el cas hipotètic de que la resistència de posada a terra del Centre de Transformació sigui nul·la, per tant la intensitat de defecte màxima serà:

$$I_{d(max.)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_n} \quad (\text{Eq. 11})$$

A.2.2 Terra de protecció (masses metàl·liques)

Es connectaran a aquest sistema les parts metàl·liques de la instal·lació que no estiguin normalment en tensió però ho puguin estar a conseqüència d'avaries ó causes fortuïtes, com poden ser els xassís i els bastidors dels aparells de maniobra, embolcalls metàl·lics de les cel·les prefabricades i carcasses dels transformadors.

El nivell d'aïllament de les instal·lacions de baixa tensió del Centre de Transformació haurà de ser major o igual que la tensió màxima de defecte calculada (U_d), d'aquesta manera s'evitarà que les tensions que puguin aparèixer al produir-se un defecte en la part d'alta tensió deteriorin els elements de Baixa Tensió del Centre de Transformació i que no provoquin una afectació al servei de la xarxa de Baixa Tensió.

Per tant, el valor màxim de la resistència de posada a terra (R_t) i la intensitat de defecte (I_d) ve definit per la resolució del sistema d'equacions:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \quad (\text{Eq. 12})$$

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (\text{Eq. 13})$$

Amb els valors de R_t a calcular es seleccionarà el tipus d'elèctrode per a que es verifiqui que:

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} \quad (\text{Eq. 14})$$

Per al càlcul de la resistència de posada a terra de les masses del Centre de Transformació (R_t), intensitat de defecte (I_d) i tensió de defecte (U_d) corresponents s'utilitzaran les següents expressions:

$$R_t = K_r \cdot \rho \quad (\text{Eq. 15})$$

$$U_d = I_d \cdot R_t \quad (\text{Eq. 16})$$

A.2.3 Terra de servei (neutre)

Es connectaran a aquest sistema el neutre del transformador de potència i, en cas d'haver-hi transformadors de tensió ó intensitat per mesura, també es connectarà a aquesta terra el secundari d'aquests.

El valor de la resistència de posada a terra de servei haurà de ser inferior a 37 Ω , amb aquest criteri un defecte a terra a una instal·lació de baixa tensió protegida contra contactes indirectes per un interruptor diferencial de sensibilitat 650mA, no ocasioni a l'elèctrode de posada a terra una tensió superior a 24V.

Haurà d'existir una separació mínima entre la posada a terra de protecció i la de servei per

tal d'evitar la possible transferència de tensions elevades a la xarxa de baixa tensió. Aquesta separació es calcularà més endavant.

Per a seleccionar el tipus d'elèctrode per al terra de servei, es verificarà que no es superi el valor màxim de 37 Ω per a la resistència de posada a terra de servei, aplicant l'equació 14:

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} = \frac{37}{\rho}$$

A.2.4 Tensions a l'exterior i interior de la instal·lació

Per a que no apareguin tensions de contacte elevades a l'exterior de la instal·lació s'adoptaran unes mesures de seguretat addicionals.

Les portes i reixes que donen a l'exterior del centre de transformació no tindran contacte elèctric amb masses conductores susceptibles de quedar a tensió degut a defectes o avaries.

Al terra del CT hi ha una malla recoberta per una capa de formigó, connectada a la posada a terra del centre. En cas d'instal·lar les piques en filera, aquestes es disposaran alineades amb la façana de l'edifici. Les tensions de pas i contacte, en funció dels paràmetres característics de l'elèctrode vindran donades per les expressions següents:

Tensió de contacte:

$$U'_c = K_c \cdot \rho \cdot I_d \quad (\text{Eq. 17})$$

Tensió de pas:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d \quad (\text{Eq. 18})$$

Quan hi hagi una malla equipotencial connectada a l'elèctrode de posada a terra la tensió de pas a l'accés (U'_{pacc}) és equivalent a la tensió de contacte exterior.

Per a elèctrodes lineals col·locats davant de l'accés del Centre de Transformació

paral·lelament a la façana no es considerarà la tensió de pas a l'accés (tensió de contacte exterior).

En canvi, si l'elèctrode es situa allunyat, la tensió de pas a l'accés (tensió de contacte exterior) es considerarà igual a la tensió de defecte.

A l'interior del centre hi haurà una superfície equipotencial pel que desapareix el risc inherent a la tensió de contacte i de pas interior.

Adoptant les mesures de seguretat addicionals esmentades anteriorment no és necessari el càlcul de les tensions de pas i contacte a l'interior de la instal·lació, ja que el seu valor serà pràcticament nul.

En el cas de que el valor mesurat de la resistència de posada a terra sigui elevat i pugui donar lloc a tensions de pas ó contacte excessives aquestes es corregiran mitjançant la disposició d'una estora aïllant al terra del centre o qualsevol altre mitjà que asseguri la no perillositat d'aquestes tensions.

A.2.5 Càlcul dels valors màxims admissibles de les tensions

Els valors màxims admissibles de tensió de pas i contacte i contacte a l'accés al Centre venen donats per les següents expressions:

Tensió de contacte:

$$U'_c = U_{ca} \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2Z_B} \right] = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5\rho_s}{1000} \right] \quad (\text{Eq. 19})$$

Tensió de pas a l'accés:

$$U'_p = U_{pa} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{2Z_B} \right] = 10 \cdot U_{ca} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_s + 3\rho'_s}{1000} \right] \quad (\text{Eq. 20})$$

Essent:

U_{ca}	Tensió de contacte aplicada admissible (kV)
U_{pa}	Tensió de pas aplicada admissible (U _{pa} =10·U _{ca}).
Z_B	Impedància del cos humà (1000Ω)
R_{a1}	Resistència addicional del calçat (2000 Ω o nul)
R_{a2}	Resistència a terra del punt de contacte amb terreny R _{a2} = 3·ρ _s
ρ_s	Resistivitat superficial del terreny

Taula 40. Paràmetres de les equacions dels valors màxims admissibles

Per a determinar la resistivitat superficial aparent del terreny en el cas en que aquest estigui recobert per una capa d'elevada resistivitat, es multiplicarà el valor de la resistivitat de la capa de terreny addicional per un coeficient reductor, segons la següent expressió:

$$C_S = 1 - 0,106 \cdot \left[\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_S + 0,106} \right] \tag{Eq. 21}$$

Essent:

C_S	Coeficient reductor
h_S	Gruix capa superficial (m)
ρ	Resistivitat del terreny natural
ρ[*]	Resistivitat de la capa superficial

Taula 41. Paràmetres de l'equació del coeficient reductor

Quedant finalment:

$$\rho_s = \rho^* \cdot C_S = \rho^* \cdot \left\{ 1 - 0,106 \cdot \left[\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_S + 0,106} \right] \right\} \tag{Eq. 22}$$

A.2.6 Càlcul de la separació entre sistemes de posada a terra

Per tal de garantir que el sistema de terres de protecció, en cas de defecte, no transfereixi tensions al sistema posada a terra de servei, evitant d'aquesta manera que els usuaris es puguin veure afectats, cal establir una distància mínima de separació entre els elèctrodes més propers d'ambdós sistemes, sempre que la tensió de defecte superi els 1000 V.

La distància mínima de separació entre els sistemes de terres ve donada per l'expressió:

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot 1000 \cdot \pi} \quad (\text{Eq. 23})$$

A.2.7 Criteri de resistència tèrmica

Segons la ITC-RAT-13 Apartat 3.1, la secció del conductor serà tal, que la màxima corrent que circuli per ells en cas de defecte o de descarrega atmosfèrica no porti a aquests conductors a una temperatura propera a la de fusió, ni posi en perill els seus empalmaments ni connexions.

A efectes de dimensionat de les seccions, el temps mínim a considerar per la durada del defecte a la freqüència de la xarxa serà de un segon, i no es podran superar les següents densitats de corrent:

Coure: 160 A/mm²

Alumini: 100 A/mm²

Acer: 60 A/mm²

La secció del conductor ve donada per l'expressió següent:

$$S = \frac{I_{d\text{máx}} \cdot \sqrt{t_{cc}}}{K} \quad (\text{Eq. 24})$$

On:

I_{dmax}	Intensitat de defecte màxima prevista en la instal·lació (A)
S	Secció del conductor (mm ²)
t_{cc}	Temps de durada de la falta, mínim 1s (s)
K	Coefficient que depèn de la naturalesa del conductor i temperatura

Taula 42. Paràmetres de l'equació de la secció del conductor

El coeficient K, per a una temperatura inicial de 30 °C i una temperatura final de 200 °C, els valors de K valen:

$K = 160 \text{ A} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{mm}^{-2}$, per al coure.

$K = 100 \text{ A} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{mm}^{-2}$, per a l'alumini.

$K = 60 \text{ A} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{mm}^{-2}$, per a l'acer.

Tanmateix, s'estableixen com a mínim seccions de 25 mm^2 en el cas del coure i 50 mm^2 en el cas de l'acer i 35 mm^2 per a l'alumini. Els valors anteriors corresponen a una temperatura final aproximada de $200 \text{ }^\circ\text{C}$. Es pot admetre un augment d'aquesta temperatura fins a $300 \text{ }^\circ\text{C}$ si no suposa risc d'incendi, la qual cosa equival a dividir per 1,2 les seccions determinades d'acord amb l'esmentat anteriorment, respectant-ne els valors mínim assenyalats.

Les modificacions en les línies de terra de la instal·lació de posada a terra de protecció i les connexions dels nous elements metàl·lics a aquesta instal·lació es realitzaran amb conductor de coure nu de 50 mm^2 de secció.

Per a una intensitat màxima de defecte $I_{\text{dmàx}} = 577 \text{ A}$ (calculat posteriorment) i un temps de durada de la falta total $t_{\text{cc}} = 0,373 \text{ s}$. (es pren 1 segon), la secció mínima necessària per un conductor de coure és de:

$$S = \frac{577}{160} = 3,60 \text{ mm}^2$$

La secció calculada $3,60 \text{ mm}^2$, és molt inferior a la que s'instal·larà, 50 mm^2 .

A.2.8 Resultats

En primer lloc, s'exposaran es dades inicials amb les quals s'efectuaran els càlculs de la posada a terra dels centres de transformació:

PARÀMETRES	VALORS	
Tensió de servei	$U_s = \text{kV}$	25,00
Resistència posada a terra del neutre per U_s	$R_n = \Omega$	0,00
Reactància posada a terra del neutre per U_s	$X_n = \Omega$	25,00
Nivell d'aïllament BT	$V_{\text{bt}} = \text{kV}$	10,00

Taula 43. Paràmetres pel càlcul de les terres

PARÀMETRES	VALORS	
TIPUS DE POSADA A TERRA	Terres separades	
Desconnexió inicial		
Constants del relé	K'	24,00
	n'	2,00
Intensitat d'arrencada	l'a= A	60,00
Reconnexió a menys de 0,5 segons	Si/No	NO
Mides del CT		
Ample	a = m	4,46
Fondo	b = m	2,38
Resistivitat del terreny natural	$\rho = \Omega \cdot m$	200,00
Resistivitat superficial interior CT	$\rho^* = \Omega \cdot m$	3.000,00
Gruix de la capa superficial interior CT	h's = m	0,70
Resistivitat de la capa superficial del terreny exterior CT	$\rho^* = \Omega \cdot m$	3.000,00
Gruix de la capa superficial exterior CT	h's = m	0,20
Es preveu la presència de persones descalces al voltant del centre?	Si/No	NO
Resistència addicional del calçat	$R_{a1} = \Omega$	2.000,00

Taula 44. Paràmetres pel càlcul de les terres

Un cop obtingudes les dades inicials, es calcularan els valors màxims del procediment:

PARÀMETRES	VALORS	
Tensió	U = kV	25,00
Intensitat màxima de defecte	$I_{dmàx} = A$	577,00
Resistència de posada a terra de protecció màxima	$R_{tmàx} = \Omega$	24,02
Intensitat de defecte per $R_{tmàx}$	$I_{drmàx} = A$	416,00
Resistència de posada a terra de servei màxima	$R_{nmàx} = \Omega$	37,00
Tensió de contacte aplicada màxima	$U_{ca} = V$	461,01
Tensió de pas aplicada màxima	$U_{pa} = V$	4.610,00

Taula 45. Valors màxims calculats

Seguidament, buscarem les faltes i el seu temps de durada:

PARÀMETRES	VALORS	
Desconnexió inicial		
Relé a temps independent	$t'_1 = s$	0,000
Relé a temps dependent	$t' = s$	0,323

Taula 46. Durada de falta en desconnexió inicial

PARÀMETRES	VALORS	
Reconnexió a menys de 0,5 segons	Si/No	NO
Relé a temps independent	$t'_2 = s$	0,000
Relé a temps depenent	$t'' = s$	0,000
Durada total de la falta	$t = s$	0,323

Taula 47. Durada de falta en desconexió inicial i durada total de la falta

Per a l'elecció de l'elèctrode de la posada a terra, serà la de les mides 4x3m, que segons el codi UNESA serà 40-30/5/42.

PARÀMETRES	VALORS	
Valor màxim del paràmetre K_r	$K_r =$	0,2002
Elèctrode elegit (UNESA)	CODI	40-30/5/42
	$K_r =$	0,1000
	$K_p =$	0,0231
	$K_c =$	0,0506
Resistència de posada a terra	$R_t = \Omega$	12,0000
Intensitat de defecte	$I_d = A$	520,4900

Taula 48. Elèctrode de la posada a terra de protecció

Per finalitzar es verificarà que els valors calculats compleixin les condicions exigides i, per simplificar resultats, com que els valors de servei i nominals seran els mateixos, es reduiran en una taula simplificada:

Concepte	Valor calculat		Condicció	Valor admissible	
Tensió de contacte (int.)	$U'_c = V$	0,00	\leq	$U_c = V$	2.856,37
Tensió de pas (int.)	$U'_p = V$	0,00	\leq	$U_p = V$	100.424,74

Taula 49. Tensions de pas i contactes interiors

Al terra del CT, i a 0,10m de profunditat màxima, s'instal·larà un reixat d'acer format per rodó de 3mm de diàmetre com a mínim, amb els nusos electrosoldats, formant una malla de dimensions no superiors a 0,30m x 0,30m.

Aquest reixat es connectarà a la terra de protecció formant una superfície equipotencial.

Concepte	Valor calculat		Condicció	Valor admissible	
Tensió de contacte (ext.)	$U'_c = V$	3.160,44	\leq	$U'_c = V$	6.448,06
Tensió de pas en accés	$U'_{p(acc)} = V$	3.160,44	\leq	$U'_{p(acc)} = V$	94.884,20
Tensió de pas (ext.)	$U'_p = V$	1.442,81	\leq	$U'_p = V$	89.343,65

Taula 50. Tensions de pas i contactes exteriors

Les portes i les reixes metàl·liques amb masses conductores que es puguin tocar des de fora del CT no tindran contacte elèctric amb masses conductores que siguin susceptibles a quedar sotmeses a tensió degut a defectes o avaries.

Concepte	Valor calculat		Condicció	Valor admissible	
Tensió de defecte	$U_d = V$	6.245,93	\leq	$V_{bt} = V$	10.000,00
Intensitat de defecte	$I_d = A$	520,49	$>$	$I_a = A$	60,00

Taula 51. Tensions i intensitats de defecte

Per acabar es comprovarà que la resistència de posada a terra compleix amb les condicions escollides:

PARÀMETRES	VALORS	
Valor màxim del paràmetre K_r	$K_r =$	0,3083
Elèctrode elegit	CODI	5/42
	$K_r =$	0,1040
Resistència de posada a terra	$R_n = \Omega$	12,48
Separació entre sistemes de posada a terra	$D = m$	9,94

Taula 52. Elecció de l'elèctrode de la posada a terra i separació entre sistemes de posada a terra

Tal i com s'ha pogut comprovar, cada taula compleix amb les condicions dels valors admissibles, es compleix que R_n serà inferior als 37Ω , i per tant, es durà a terme la instal·lació de la posada a terra dels elèctrodes de protecció.

Seguidament en les següents figures, es detallarà la posada a terra i com es distribuirà al voltant del Centre de Transformació.

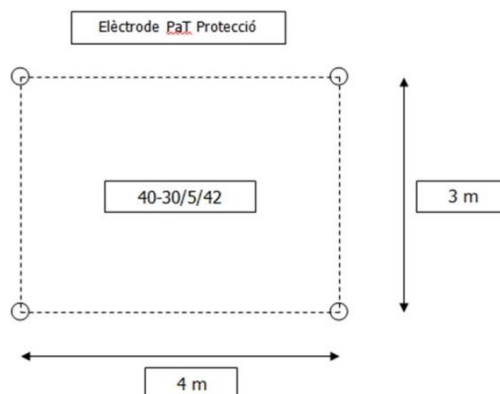


Figura 26. Distribució dels elèctrodes

Aquí es pot veure la distribució de les piques separades entre 3 i 4 metres, estant a una profunditat de 0,5 metres i amb longitud de 2 metres per cada pica.

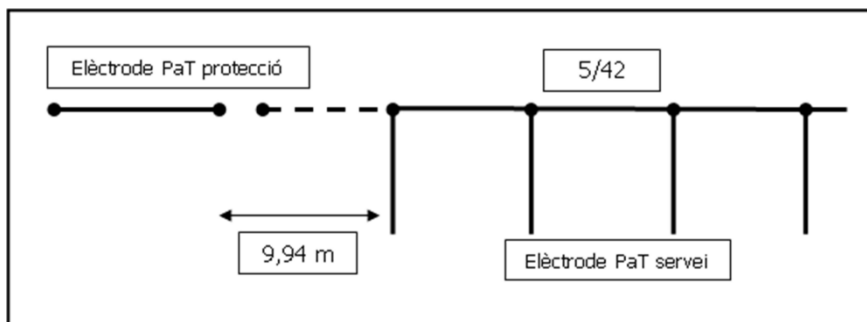


Figura 27. Separació entre sistemes de posada a terra

Estarà constituït per 4 piques en fila unides per un conductor horitzontal de coure nu de 50 mm² de secció situades de forma paral·lela a l'accés del Centre de Transformació.

Estarà constituït per 4 piques en fila unides per un conductor horitzontal de coure nu de 50 mm² de secció situades de forma paral·lela a l'accés del Centre de Transformació. Amb aquesta configuració la longitud de conductor des de la primera pica fins a l'última serà de 14 m, havent una separació de 4 metres per cada pica, i que serà la dimensió mínima que haurà d'haver-hi disponible al terreny.

A.2.9 Càlcul del pont entre la cel·la de protecció i el transformador

Els cables que s'utilitzen en aquesta instal·lació hauran de ser capaços de suportar tant la intensitat nominal com la de curtcircuit. Servirà per ambdós CT.

Pel càlcul de la intensitat nominal, s'haurà d'emprar la fórmula de càlcul de la intensitat primària en un transformador trifàsic:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (\text{Eq. 25})$$

Essent S la potència del transformador màxima a instal·lar en kVA, U_p la tensió primària del transformador en kV i, la I_p serà la intensitat primària del transformador.

El resultat de la intensitat nominal serà:

U_p (kV)	S (kVA)	I_p (A)
25,00	1.000,00	23,09

Taula 53. Taula de càlculs de la intensitat nominal del transformador

La intensitat demandada per aquest transformador que és igual a 23,09 A, que serà molt inferior a la intensitat màxima admissible del cable, que és 305 A per una secció de 150 mm², per tant, l'elecció del cable DHV 150Al 18/30kV complirà amb els valors calculats i es podrà utilitzar en la instal·lació.

A.2.10 Càlcul de la ventilació del centre de transformació

Per el càlcul de la secció de les reixes de ventilació s'utilitzarà la següent expressió.

$$P=0,24 \cdot S \cdot T \cdot \sqrt{H} \cdot (t_i \cdot t_e)^{3/2} \quad (\text{Eq. 26})$$

Essent :

P	Potència de les pèrdues del transformador (12.5kW – considerant TR màxim 1000kVA)
S	Superfície de la finestra d'entrada d'aire (m ²)
Γ	Coeficient de forma de les reixes de ventilació (es pren 0.4)
H	Distància en alçada entre centres geomètrics de les finestres de ventilació (m).
t_i	Temperatura màxima admissible en l'interior del CT, 55°C (la temperatura màxima de l'oli en la part superior, admesa per la norma UNE 20.101, és de 60°C).
t_e	Temperatura mitja diària prevista en l'exterior del CT, 30°C.

Taula 54. Paràmetres del càlcul de ventilació

Es suposa igual la secció de les reixes d'entrada i sortida d'aire, donant una superfície de ventilació superior de 2,21m² i una superfície de ventilació inferior de 2,21m² també.

En el nostre cas obtenim:

Dades	Instal·lat 400kVA	Potència màxima instal·lació 1000kVA
Potència pèrdues transformador	6,20	12,50
Coefficient de forma de les reixes	0,40	0,40
Distància en alçada centres geomètrics	1,34	1,34
Temperatura màxima admissible interior	55,00	55,00
Temperatura mitja diària prevista exterior	30,00	30,00
Superfície ventilació inferior i superior unitària necessària calculada (m²)	0,45	0,90

Taula 55. Taula de resultats del càlcul de ventilació

Les instal·lacions disposen de ventilació superior i inferior, i tal com s'ha especificat, de 2,21m² cada total de superfície. Comparant amb els resultats, podem veure que els valors calculats són bastant inferiors als que es disposen al centre de transformació.

Així doncs la ventilació natural existent en els centres de transformació és suficient per contenir el transformador instal·lat de 400kVA i la potència de transformador màxima admissible de 1000kVA en cas que s'hagués d'ampliar en un futur.

A.2.11 Nivell d'immissió sonora

Per realitzar aquest càlcul, primerament s'ha de saber a quin lloc es situa el centre de transformació. Els locals estaran situats en uns edificis aïllats de superfície, de construcció prefabricada, amb accés de personal per la façana per una porta d'una fulla i l'accés del transformador per la mateixa façana per una porta d'una fulla amb la ventilació inferior integrada. Són de planta rectangular de mides lliures interiors 4,28 m d'amplada i 2,38 m de fondària, i una alça lliure vista de 2,61 m. Tots els tancaments són de formigó armat vibrat de 15 cm de amb un acabat de pintura acrílica rugosa.

L'activitat desenvolupada en ambdós instal·lacions és la de centre de transformació MT/BT, sense presència de personal (només de forma ocasional) i amb funcionament les 24 hores del dia els 365 dies l'any. En quant a l'entorn exterior, el local es situa en la nova urbanització Palahines de Celrà.

Els locals dels Centres de Transformació no confronten amb cap local, doncs estan ubicats en edificis prefabricats en superfície. En estar situat en una zona residencial tindrà unes limitacions de soroll, que segons el mapa de capacitat acústica de Celrà, tindrà una sensibilitat acústica alta tipus A4, predomini de sòl d'ús residencial.

L'índex global de reducció acústica de les façanes (elements mixtes) es calcula per la següent expressió:

$$R_{m,a} = -10 \cdot \log \left(\sum_{j=1}^n \frac{S_j}{S} \cdot 10^{-\frac{R_{i,a}}{10}} \right) \quad (\text{Eq. 27})$$

Essent:

$R_{m,A}$ l'índex global de reducció acústica, ponderat A, de l'element constructiu mixt.

$R_{i,A}$ l'índex global de reducció acústica, ponderat A, de l'element i.

S l'àrea total de l'element constructiu mixt.

S_i l'àrea de l'element i.

La principal font de soroll i vibracions del centre de transformació és el transformador. Els nivells de pressió sonora seran els indicats en la norma UNE-EN 60076-10, que en el nostre cas serà la d'un transformador de 400kVA amb un índex de 56dBA per cada CT.

La fórmula pel càlcul de l'índex de soroll és:

$$L_{keq,T} = L_{Aeq,T} + K_t + K_f + K_i \quad (\text{Eq. 28})$$

On:

K_i és la correcció per raó de components tonals.

K_f és la correcció per raó de components de baixes freqüències.

K_i és la correcció per raó de components impulsius.

En l'espectre tipus de un transformador es donen principalment components tonals en les freqüències de l'harmònic fonamental a 50 Hz i en els principals harmònics a 100 Hz i 200 Hz, pel que la correcció a adoptar per components tonals serà de $K_t = 6$ dBA.

Encara que l'espectre d'emissió del transformador mostra l'existència de components de baixa freqüència, habitualment, la valoració d'aquesta penalització no és possible en els punts de mesura, doncs el soroll de fons emmascara la influència d'aquestes components, pel que el valor de correcció de K_i serà zero.

Com que no es preveuen components impulsives el valor de la correcció K_i també serà zero.

Seguidament es mostrarà en un seguit de càlculs l'aïllament acústic dels diversos elements transmissors del centre de transformació:

Situació	Element	Superfície (m ²)	R _A (dBA)	R _{m,A} (dBA)
Façana principal	Paret	7,18	43,00	24,00
	Porta personal	2,38	25,00	
	Porta transformador	2,84	18,00	
Façana posterior	Paret	11,61	43,00	29,00
	Reixa	0,79	18,00	
Façana lateral dreta	Paret	4,15	43,00	22,00
	Reixes	1,96	18,00	

Taula 56. Taula de resultats l'aïllament acústic de façanes amb obertures (portes i reixes)

Els nivells mínims d'aïllament acústic seran els següents:

Element constructiu	Recinte confrontat	Composició	Aïllament acústic (dBA)	Aïllament acústic mínim exigít (dBA)	Aïllament a complementar
Façana principal	Exterior	Panell de formigó armat vibrat de 9 cm de gruix, acabat pintat acrílic rugós, amb dos portes de xapa, una amb reixa de ventilació inferior.	24	Sense exigència	No és necessari

Taula 57. Taula de resultats l'aïllament dels tancaments sense transformador

Element constructiu	Recinte confrontat	Composició	Aïllament acústic (dBA)	Aïllament acústic mínim exigít (dBA)	Aïllament a complementar
Façana posterior	Exterior	Panell de formigó armat vibrat de 9 cm de gruix, acabat pintat acrílic rugós, amb reixa de ventilació superior.	29	Sense exigència	No és necessari
Façana lateral dreta	Exterior	Panell de formigó armat vibrat de 9 cm de gruix, acabat pintat acrílic rugós amb ventilacions superiors i inferiors.	22	Sense exigència	No és necessari
Façana lateral esquerra	Exterior	Panell de formigó armat vibrat de 9 cm de gruix, acabat pintat acrílic rugós	43	Sense exigència	No és necessari
Sostre	Exterior	Panell de formigó armat vibrat de 9 cm de gruix, acabat pintat acrílic rugós.	43	Sense exigència	No és necessari

Taula 57. Taula de resultats l'aïllament dels tancaments sense transformador

Els aïllaments acústics exceptuant els calculats, es poden trobar a la norma NBE-CA-82 de condicions acústiques en els edificis, on es trobaran els diversos aïllaments per elements constructius i segons el gruix d'aquests.

L'índex de soroll emès pel centre serà:

Potència del transformador (kVA)	$L_{aeq,T}$ (dbA)	K_t (dbA)	K_f (dbA)	K_i (dbA)	$L_{keq,t}$ (dbA)
400	56	6	0	0	62

Taula 58. Taula de resultats del soroll emès pel transformador

El resultat final restarà el valor de l'índex de soroll del transformador amb l'aïllament acústic dels tancaments, quedant així els següents valors:

Element transmissor	Recinte receptor	Índex de soroll del CT (dbA)	Aïllament acústic (dbA)	Nivell d'immissió (dbA)	Valor límit d'immissió (dbA)
Façana principal	Exterior	62	24	38	50
Façana posterior	Exterior	62	29	33	50
Façana lateral dreta	Exterior	62	22	40	50
Façana lateral esquerra	Exterior	62	43	19	50
Sostre	Exterior	62	43	19	50

Taula 59. Taula de resultats del nivell d'immissió sonora de cada tancament amb transformador

En cap cas es superen els valors límit dels nivells d'immissió, tant interiors com exteriors.

Donat que els centres de transformació estan ubicats en edificis prefabricats aïllats, suficientment allunyat d'altres edificacions, no caldran prendre mesures per la transmissió de soroll per vibracions.

A.3 Càlcul elèctric de la línia aèria

Segons l'apartat 4.1 de la ITC-07 del RLEAT, ens indica que s'han de fer els càlculs elèctrics de la línia utilitzant els paràmetres elèctrics d'aquesta, les intensitats màximes, les caigudes de tensió i, les caigudes de potència. Les característiques necessàries per realitzar el càlcul elèctric s'especifiquen en la següent taula:

CARACTERÍSTIQUES GENERALS	
Tensió nominal (kV)	25
Tensió més elevada del material (kV)	36
Aïllament normal (kV)	70/170
Aïllament reforçat (kV)	95/250
Freqüència de xarxa(Hz)	50
Caiguda de tensió (%)	7
Pèrdues per potència (%)	5
Factor de Potència	0,9
Número de circuits	1
Numero de conductors per fase	1
Longitud de la línia (m)	1.949

Taula 60. Taula de característiques generals de la línia aèria

A.3.1 Elecció de conductor i intensitat màxima

En aquest apartat s'escull el conductor adequat per la línia aèria a instal·lar. Endesa sol treballar amb cablejat de LA-56 o LA-110, que en aquest projecte s'escull el conductor LA-56.

Tipus	I (A)	Secció (mm ²)	Diàmetre (mm)	Pes del conductor (kg/m)	Modul d'elasticitat (kg/mm ²)	Coefficient de dilatació (°C)
LA 56	200,000	54,600	9,450	0,189	8.100,000	19,100·10 ⁻⁶

Taula 61. Taula de característiques del conductor aeri

Aquest conductor actualment es denomina 47Al1/8-ST1A, i la intensitat màxima que pot suportar són 200A. Les característiques de la Taula XX estan sota les indicacions de les normatives UNE EN 50182 i 210118 per conductors de cables elèctrics per línies aèries.

A.3.2 Potència màxima a transportar

La potència màxima que la nostra línia podrà transportar vindrà delimitada per dos factors essencials que són la intensitat màxima admissible de la línia, corresponent a la densitat màxima del conductor. En el nostre cas, hem vist que eren 200 A segons la taula XX. I les pèrdues per caiguda de tensió màxima en tot el tram de la línia, que en cap dels casos podrà ser major d'un 5%.

De manera que tenint en compte el criteri d'intensitat màxima, la potència màxima a transportar s'expressarà com:

$$P_{\max} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\max} \cdot \cos \phi \quad (\text{Eq. 29})$$

On:

P_{\max}	Potència màxima a transportar (kW)
U	Tensió nominal de la línia (kV)
I_{\max}	Intensitat màxima admissible del conductor (A)
$\cos \phi$	Factor de Potència de la càrrega (0,9)

Taula 62. Paràmetres de l' equació de potència màxima

Conseqüentment, pels nostres valors en particular, l'expressió quedarà de la següent forma:

$$P_{\max} = \sqrt{3} \cdot 25 \cdot 200 \cdot 0,9$$

$$P_{\max} = 7.794,23 \text{ MW}$$

A.3.3 Càlcul de la resistència

A continuació procedirem a calcular els valors de la resistència i la impedància d'aquesta línia suposant que la seva longitud es curta, és a dir inferior als 100 km. Per tant, podrem

prescindir dels càlculs per trobar la reactància i la conductància ja que al ser una línia curta (1,948 km) , els valors són molt petits i es poden menysprear.

En la taula de característiques tècniques hem trobat el valor de la resistència del nostre conductor a 20°C i en condicions de corrent continu.

$$R_{cc20^{\circ}C} = 0,6136 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Podrem conèixer la resistència per valors diferents a 20°C per mitjà de la fórmula següent:

$$R_{cc(60^{\circ}C)} = R_{cc(20^{\circ}C)} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (\text{Eq. 30})$$

Essent α el coeficient de T⁰ del conductor a 20°C, corresponent a 0,00403°C⁻¹.

Llavors, farem els càlculs corresponents per conèixer la resistència equivalent en corrent altern i a una temperatura que suposarem màxima de 60°C, en condicions extremes.

$$R_{cc} = 0,6136 \cdot (1 + 0,00403 \cdot (60 - 20)) = 0,7125 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Per calcular la resistència en corrent altern, haurem de tenir present alguns fenòmens físics que poden modificar la resistència en diferents àmbits.

A.3.4 Efecte Skin

Aquest efecte incideix sobre la densitat de corrent, la qual disminueix en la secció central del conductor i augmenta en la perifèria, suposant una disminució de la secció efectiva provocant un petit augment de la resistència.

En el nostre cas, malgrat no suposi grans canvis, el procedirem a calcular. L'efecte skin es manifesta en el conductor a raó de la següent fórmula:

$$R_{\theta} = R_{dc0} \cdot (1 + 7,5 \cdot f^2 \cdot D_{ext}^2 \cdot 10^{-7}) \quad (\text{Eq. 31})$$

De manera que l'expressió, consultant que el diàmetre exterior és de 9,45mm, quedarà:

$$R_{\theta}=0,7496 \cdot (1+7,5 \cdot 50^2 \cdot 0,95^2 \cdot 10^{-7})$$

$$R_{\theta}=0,7508 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Per tant, podem comprovar que el valor de la resistència no és massa diferent en els càlculs de corrent continu i de corrent altern.

Dit això es procedeix a trobar el valor de la resistència de la línia segons la distància, que com s'ha comentat, té una longitud de 1,948 km.

$$R'_{\theta}=R_{\theta} \cdot d \quad (\text{Eq. 32})$$

Essent el resultat equivalent:

$$R'_{\theta}=0,7508 \cdot 1,948= 1,462 \Omega$$

A.3.5 Reactància inductiva i susceptància

La selecció de la creueta és un aspecte important pel càlcul de la reactància inductiva , ja que a partir de diferents factors podrem trobar el seu valor.

En el nostre cas el tipus de creueta serà del tipus "S" o comunament anomenat per ENDESA a Catalunya, tipus MONTSENY. Els finals de línia seran tipus T, però no influencien en el càlcul a realitzar.

Per tant, la creueta escollida per la nostra línia té la forma i mides següents:

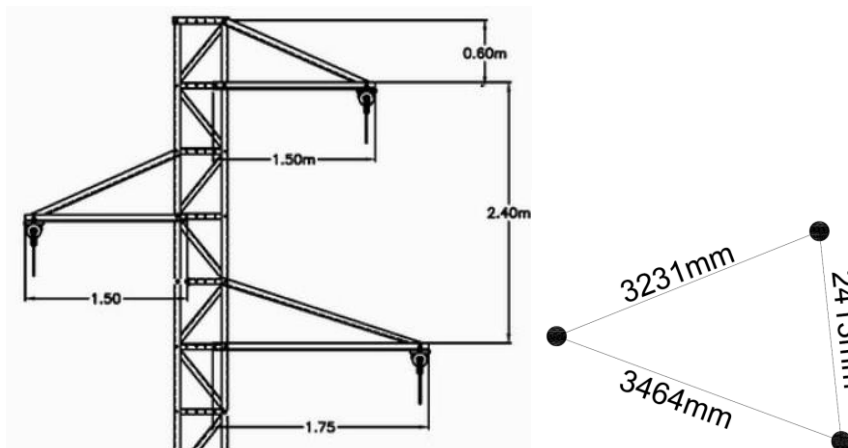


Figura 28. Creueta tipus S MONTSENY i distàncies entre conductors

Els conductors es troben sota l'efecte de dos fluxos diferents. Un es tracta del flux induït pel propi conductor a causa del pas d'intensitat i l'altre, en canvi, es tracta de la suma dels fluxos originats pels conductors que es troben a la vora.

Aquests fluxos creen unes forces electromotrius (fem) autoinduïdes que originen una reactància X, definida amb la següent expressió:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (\Omega/\text{Km}) \tag{Eq. 33}$$

On f és la freqüència de la xarxa, i L és el coeficient d'autoinducció.

Podrem conèixer el valor del coeficient d'autoinducció mitjançant la fórmula següent:

$$L = \left(\frac{1}{2 \cdot n} + 4,605 \cdot \log \frac{DMG}{RMG_i} \right) \cdot 10^{-4} \tag{Eq. 34}$$

Essent:

DMG: distància mitja geomètrica entre conductors.

RMG: radi equivalent del feix de subconductors.

$$DMG = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{23} \cdot d_{31}} \tag{Eq. 35}$$

$$\text{RMG} = e^{\frac{1}{4}} \cdot r \quad (\text{Eq. 36})$$

On:

d_{ij}	Distància entre conductor i i conductor j (mm)
r	Radi del conductor (mm)

Taula 15. Paràmetres de les equacions DMG i RMG

Els resultats de DMG i RMG seran:

$$\text{DMG} = \sqrt[3]{3.231 \cdot 3.464 \cdot 2.413} = 3.000,25 \text{ mm}$$

$$\text{RMG} = e^{\frac{1}{4}} \cdot \frac{9,45}{2} = 6,067 \text{ mm}$$

Per tant, amb els valors donats, podem resoldre el coeficient d'autoinducció, i el valor de la reactància, essent:

$$L = \left(\frac{1}{2 \cdot 1} + 4,605 \cdot \log \frac{3.000,25}{6,067} \right) \cdot 10^{-4}$$

$$L = 0,001290 \frac{\text{H}}{\text{km}}$$

$$X = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,001290 = 0.4052 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

Finalment, per trobar el valor de la inductància total a la línia, s'aplicarà la següent fórmula que serà el producte de la reactància amb la longitud de la línia:

$$X' = X \cdot d \quad (\text{Eq. 37})$$

Essent el resultat final de:

$$X' = 0,4052 \cdot 1,948 = 0,789 \Omega$$

Per finalitzar, s'ha de calcular la susceptància, i el primer pas és calcular la capacitat creada per la diferència de potencial provocada entre els diferents conductors.

Per trobar el valor corresponent, s'aplicarà la següent fórmula:

$$C = \frac{24,2}{\log\left(\frac{DMG}{RMG}\right)} \cdot 10^{-9} \quad (\text{Eq. 38})$$

Els valors de DMG i RMG seran els calculats prèviament, per tant, el resultat de la capacitat serà:

$$C = 8,9823 \cdot 10^{-9} \text{ F/km}$$

Aplicant el valor de la capacitat, s'utilitzarà la següent expressió per trobar el resultat de la susceptància:

$$B' = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \quad (\text{Eq. 39})$$

$$B' = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 8,9823 \cdot 10^{-9} = 2,8218 \cdot 10^{-6} \text{ S/km}$$

Finalment per saber la susceptància total de la línia es multiplicarà el valor donat per la longitud total de la línia:

$$B = B' \cdot d \quad (\text{Eq. 40})$$

Essent el valor final:

$$B = 2,8218 \cdot 10^{-6} \cdot 1,948 = 5,496 \cdot 10^{-6} \text{ S}$$

A.3.6 Caiguda de Tensió

Amb els càlculs realitzats prèviament, es podrà aplicar la fórmula per trobar la caiguda de tensió de la línia:

$$\Delta U = \frac{P \cdot L}{U \cdot \cos \varphi} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \tan \varphi) \quad (\text{Eq. 41})$$

Substituint les incògnites pels valors finals, el resultat serà:

$$\Delta U = \frac{7.794,23 \cdot 1,948}{25 \cdot 0,9} \cdot (0,7508 \cdot 0,9 + 0,4052 \cdot 0,484) = 588,82 \text{ V}$$

Per saber si compleix amb el reglament, s'ha de comprovar que la caiguda de tensió sigui inferior al 6% segons l'estipulat amb el reglament.

Per saber el valor percentual, s'aplicarà la següent fórmula:

$$\Delta U(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \tan \varphi) \quad (\text{Eq. 42})$$

El valor percentual serà:

$$\Delta U(\%) = \frac{7.794,23 \cdot 1,948}{10 \cdot 25^2} \cdot (0,7125 + 0,4052 \cdot 0,484) = 2,20 \%$$

Per tant, compleix el reglament, ja que 2,20 % < 7% estipulat al reglament.

A.3.7 Pèrdues de potència

L'últim càlcul elèctric de la línia aèria és el de les pèrdues de potència, que seguint el reglament, aquest haurà de ser inferior al 5%.

Primerament es calcularà el valor total de potència en kW i, finalment en valor percentual.

$$P_p = 3 \cdot R \cdot L \cdot I^2 \quad (\text{Eq. 43})$$

Substituint les incògnites pels valors, la pèrdua de potència total de la línia aèria serà:

$$P_p = 3 \cdot 0,7508 \cdot 1,948 \cdot 200^2 = 175,51 \text{ kW}$$

Per acabar, s'utilitza la següent expressió per trobar el valor percentual de la pèrdua de potència:

$$P_p(\%) = \frac{P \cdot L \cdot R}{10 \cdot U^2 \cdot \cos\varphi} \quad (\text{Eq. 44})$$

Obtenim el resultat següent:

$$P_p(\%) = \frac{7.794,23 \cdot 1,948 \cdot 0,7508}{10 \cdot 25^2 \cdot 0,9} = 2,02 \%$$

Tal i com es pot veure, el valor de la pèrdua de potència percentual, serà inferior al 5%.

A.4 Càlcul mecànic de la línia aèria

La línia elèctrica objecte del projecte, està situada en zona A (altitud < 500 m), i també és de 3ª categoria, tal i com s'especifica en l'article 3 del RLAT, ja que la tensió nominal és inferior a 30 kV i superior a 1 kV. Per realitzar els càlculs mecànics dels conductors es tindran en compte diversos paràmetres:

EDS haurà de ser inferior al 15 % de la càrrega de ruptura del conductor a una temperatura de 15 °C. En el projecte a realitzar es considera una tracció de 119 daN essent un EDS del 7,2% i, el coeficient de seguretat de ruptura ha de ser igual o superior a 3.

D'acord amb el que estableix la ITC-LAT-07, referent al capítol 3 de càlculs mecànics, es poden distingir tres classes de càrregues a les cadenes:

Càrregues permanents, referides a les càrregues verticals del propi pes dels elements de la línia.

Sobrecàrregues per gel, que en el projecte a realitzar es prescindirà ja que és una sobrecàrrega considerada per zones B i C.

Càrrega de vent, considerant un mínim de vent de referència de 120 km/h de velocitat, actuant horitzontal i perpendicular a les superfícies que incideix.

En el projecte a realitzar, no es preveurà un vent excepcional superior de 120km/h.

En el càlcul mecànic dels suports, es realitzaran tenint en compte les següents hipòtesis descrites en l'apartat 3.5.3 de la ITC-LAT 07:

1a Hipòtesi: vent.

2a Hipòtesi: no es considera.

3a Hipòtesi: Desequilibri de traccions.

4a Hipòtesi: Ruptura de conductors.

En el projecte, es pot prescindir de la 4a Hipòtesi (ruptura de conductors), ja que la càrrega de ruptura dels conductors és inferior a 6.600kg si es verifiquen simultàniament les següents condicions:

Que els conductors tinguin un coeficient de seguretat de 3 com a mínim i que el coeficient de seguretat dels suports i cimentacions en la 3a hipòtesi sigui el corresponent a les hipòtesis normals.

A.4.1 Càlcul mecànic dels conductors

La tracció màxima dels conductors, segons l'article 3.2.1 de la ITC-07 RLAT, no haurà de ser superior a la seva càrrega de ruptura de trencament dividida per 2,5 i, vindrà donada per la següent fórmula:

$$T_{\max} = \frac{\text{Càrrega ruptura}}{2.5} \quad (\text{Eq. 45})$$

La càrrega de ruptura del cable LA-56 és de 1.640 daN, per tant, la tracció màxima del conductor haurà de ser:

$$T_{\max} = \frac{1.640}{2.5} = 656 \text{ daN}$$

El pes del conductor, segons taules d'ENDESA, té un pes de 0,186 daN/m i la càrrega de vent de 0,567. Per realitzar la suma dels dos valors, s'haurà d'aplicar la següent fórmula:

$$P_T = \sqrt{p_{\text{cond}}^2 + p_{\text{vent}}^2} \quad (\text{Eq. 46})$$

$$P_T = \sqrt{0,186^2 + 0,567^2} = 0,596 \text{ daN/m}$$

Aquest pes resultant serà de 0,596 daN/m havent aplicat la suma pitagòrica de les càrregues.

A.4.2 Canvi de condicions

En aquest apartat es calcularà les diverses tensions i fletxes dels conductors en diferents temperatures i sobrecàrregues partint de la tensió inicial de 119 daN. Per tant, els principals càlculs pel canvi de condicions seran:

Càlcul de la tracció màxima i el coeficient de seguretat (mínim de 3), amb condicions de -5°C

i sobrecàrrega de vent; Càlcul de màxima fletxa amb condicions de temperatura de 15°C (tensió de treball) i sobrecàrrega de vent i condició de temperatura de 50°C sense sobrecàrregues; Càlcul de la fletxa mínima amb condició de temperatura de -5°C sense sobrecàrrega; Càlculs de tensions i fletxes amb condicions de temperatura de -5°C fins a 50°C amb intervals de 5°C.

L'equació del canvi de condicions serà:

$$T^2 \cdot (T^2 + A) - B = 0 \quad (\text{Eq. 47})$$

Essent A i B:

$$A = S \cdot E \cdot \left(\alpha \cdot (t - t_0) + \frac{a^2 \cdot p_{t_0}^2}{24 \cdot T_0^2} \right) - T_0 \quad (\text{Eq. 48})$$

$$B = S \cdot E \cdot \left(\frac{a^2 \cdot p_t^2}{24} \right) \quad (\text{Eq. 49})$$

I per a realitzar el càlcul de les fletxes en cada condició calculada, s'emprarà la següent fórmula:

$$f = \frac{a^2 \cdot p_t}{8 \cdot T} \quad (\text{Eq. 50})$$

T	Tensió del conductor en l'estat final (daN)
S	Secció del conductor (mm ²)
E	Mòdul d'elasticitat del conductor (7.900 daN/mm ²)
α	Coefficient de dilatació lineal (19,1·10 ⁻⁶ °C)
t	Temperatura del conductor en l'estat final (°C)
t₀	Temperatura del conductor en l'estat inicial (15 °C)
a	Longitud del va (m)
P_{T0}	Pes unitari del conductor en l'estat inicial (daN/m)
P_T	Pes unitari del conductor en l'estat final (daN/m)
T₀	Tensió del conductor en l'estat inicial (119 daN)
f	Fletxa del va (m)

Taula 63. Paràmetres de les equacions del canvi de condicions i fletxa

A.4.3 Taules de resultats

En primer lloc s'exposa la taula de valors dels principals càlculs dels vans, seguidament de les taules de regulació, que ens indiquen les tensions i fletxes que actuaran els conductors depenent la temperatura:

Vanos (m)	Tmax i coeficient de seguretat		Màxima fletxa				Mínima fletxa	
	Condicions							
	- 5°C+vent		15°C + vent		+50°C		- 5°C	
	T (daN)	C _s	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
82,63	346,67	4,73	300,83	1,69	87,34	1,81	156,50	1,01
90,64	350,35	4,68	308,69	1,98	90,71	2,11	150,02	1,27
99,54	353,87	4,63	316,28	2,33	93,93	2,45	144,35	1,60
108,85	357,01	4,59	323,14	2,73	96,79	2,85	139,91	1,97
112,05	357,98	4,58	325,28	2,88	97,67	2,99	144,35	2,11

Taula 64. Paràmetres de les equacions del canvi de condicions i fletxa

Tal i com es pot observar, els coeficients de seguretat superen sobradament el límit de 3 que ve marcat al reglament i, les tensions màximes calculades no arriben a la tensió màxima de ruptura del conductor calculada prèviament.

Vanos (m)	+50°C		+45°C		+40°C		+35°C	
	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
82,63	87,34	1,82	90,49	1,75	93,97	1,69	97,85	1,62
90,64	90,71	2,11	93,64	2,04	96,85	1,97	100,39	1,90
99,54	93,93	2,45	97,91	2,35	100,96	2,28	102,75	2,24
108,85	96,79	2,85	99,26	2,78	101,93	2,70	104,80	2,63
112,05	97,67	2,99	100,07	2,92	102,65	2,84	105,42	2,77

Taula 65. Taula de regulació sense sobreessorsos

Vanos (m)	+30°C		+25°C		+20°C		+15°C		
	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	EDS (%)
82,63	102,19	1,55	107,08	1,48	112,64	1,41	119,00	1,33	7,26
90,64	104,30	1,83	108,65	1,76	113,51	1,68	119,00	1,61	7,26
99,54	107,91	2,13	111,92	2,06	116,35	1,98	119,00	1,94	7,26
108,85	107,90	2,55	111,28	2,48	114,97	2,40	119,00	2,31	7,26
112,05	108,41	2,69	111,64	2,61	115,16	2,53	119,00	2,45	7,26

Taula 66. Taula de regulació sense sobreessorsos

Vanos (m)	+10°C		+5°C		0°C		-5°C	
	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
82,63	154,84	0,04	193,27	0,04	232,92	0,03	273,19	0,03
90,64	147,12	0,14	180,08	0,11	216,21	0,09	254,24	0,08
99,54	126,35	1,26	134,90	1,18	144,92	1,10	156,50	1,01
108,85	125,22	1,53	132,34	1,44	140,53	1,36	150,02	1,27
112,05	126,80	1,82	133,02	1,73	140,07	1,64	144,35	1,60

Taula 67. Taula de regulació sense sobreessorsos

A.4.4 Càlcul de distàncies dels conductors

Seguint l'apartat 5.4.1 de la ITC-07, la distància entre els conductors de fase serà la distància que garanteixi que no hi haurà cap risc de curtcircuit entre ells tenint en compte els possibles efectes de les oscil·lacions causades pel vent o desprendiment de la neu acumulada. Llavors, l'expressió que ens permetrà la separació mínima entre conductors de fase és:

$$D = K \cdot (\sqrt{F+L} + K') \cdot DPP \tag{Eq. 51}$$

K	Coeficient que depèn de l'oscil·lació dels conductors amb el vent a una velocitat de 120km/h (taula inserida a continuació)
K'	Coeficient que depèn de la tensió nominal de la línia (K'=0,85 per línies especials, K'=0,75 per la resta de línies).
F	Fletxa màxima de cada va (m)
L	Longitud en metres de la cadena de suspensió, en el cas de conductors fixats per cadenes d'amarratge o aïlladors rígids L=0.
D_{pp}	Distància mínima aèria especificada, per prevenir una descàrrega disruptiva entre conductors de fase durant sobretensions de front lent o ràpid, 0,40m.

Taula 68. Paràmetres de l'equació de separació mínima de conductors

Per trobar l'angle d'oscil·lació, s'haurà d'utilitzar la següent fórmula:

$$\cos\phi = \frac{p_{To}}{p_T} \tag{Eq. 52}$$

Els paràmetres de l'equació són els mateixos emprats en les equacions anteriors, quedant així un resultat de:

$$\cos\phi^{-1} = \frac{0,186}{0,567} = 70,85^\circ$$

Angle d'oscil·lació	Valors de K	
	Línies de tensió nominal superior a 30 kV	Línies de tensió nominal igual o inferior a 30 kV
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprès entre 40° i 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Figura 29. Paràmetres de l'equació de separació mínima de conductors

Atenent a la figura XX, es considerarà per la línia, en ser superior a 65° i inferior a 30 kV, un valor de K de 0,65. Per tant, la distància mínima entre conductors, seguint l'equació 51, haurà de ser:

Vans (m)	F (m)	Dc (m)
82,63	1,81	0,54
90,64	2,11	0,57
99,54	2,45	0,60
108,85	2,85	0,63
112,05	2,99	0,64

Taula 69. Resultats de la distància mínima dels conductors

La següent distància a calcular, és la dels conductors al terreny, que és la distància mínima que ha de tenir la fletxa màxima respecte el terreny. A l'apartat 5.5 de la mateixa ITC-07 se'ns marca que la distància mínima que s'ha de respectar és 6 m, excepte en alguns casos excepcionals on aquesta distància es podrà reduir a un màxim d'1 m. Per trobar aquesta distància s'ha de seguir la següent expressió:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \quad (\text{Eq. 53})$$

On la D_{el} ve donada a la taula 15 de l'apartat 5.2 del RLAT ITC-07, que en el cas de la línia del projecte, essent la tensió més elevada de la xarxa 36 kV, correspon una D_{el} de 0,35m:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + 0,35 = 5,65 \text{ m}$$

El resultat ha sortit inferir al límit estipulat pel reglament, per tant, la distància entre els conductors i el terreny serà de 6 metres.

El següent càlcul a realitzar és el de distàncies dels conductors a carreteres o ferrocarrils sense electrificar. Ens trobem amb dos possibilitats, que sigui d'aplicació especial o no (ho podem trobar definit a l'apartat 5.3 de la ITC-07). En el nostre cas, tal i com hem anat seguint, no serà de caràcter especial.

Per tant, per al càlcul de la distància en un creuament amb una carretera (amb ferrocarrils sense electrificar es segueix el mateix mètode) s'utilitzarà l'equació següent essent $D_{add} = 6,3$ m per a les línies de la resta de categories, complint amb la distància mínima de 7 metres:

$$D_{add} + D_{el} = 6,3 + D_{el} \quad (\text{Eq. 54})$$

Essent D_{el} el mateix valor que en el càlcul anterior:

$$D_{add} + D_{el} = 6,3 + 0,35 = 6,65\text{m}$$

El resultat ha sortit per sota el límit estipulat pel reglament, per tant, la distància entre els conductors i les possibles carreteres o ferrocarrils sense electrificar serà de 7 metres.

En els encreuaments amb rius i canals, navegables o flotables, la distància mínima vertical dels conductors sobre la superfície de l'aigua per al màxim nivell pugui assolir, segons les hipòtesis de l'apartat de càlcul de fletxa màxima, seguirà la següent expressió ja que no es tracta d'una línia de categoria especial:

$$G + D_{edd} + D_{el} \quad (\text{Eq. 55})$$

On G és el gàlib, que en el cas que no estigui definit com succeeix en el nostre cas, tindrà un valor de 4,7 metres. Per tant:

$$G + D_{edd} + D_{el} = 4,7 + 2,3 + 0,35 = 7,35\text{ m}$$

El reglament no indica distància mínima entre conductors i rius, per tant la distància mínima que hi hauria d'haver entre ells són els dels càlculs.

El present projecte presentarà passos de línia per damunt d'arbres o masses d'arbratge.

Per evitar les interrupcions del servei i els possibles incendis produïts pel contacte de branques o troncs d'arbres amb els conductors d'una línia elèctrica aèria, s'haurà d'establir, mitjançant la indemnització corresponent, una zona de protecció de la línia definida per la zona de servei de vol, incrementada per la següent distància de seguretat a ambdós costats de la projecció:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el} \quad (\text{Eq. 56})$$

Amb un mínim de 2 metres i valors de D_{el} especificats anteriorment, obtenim una distància de seguretat de:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + 0,35 = 1,85$$

Essent una distància inferior a la especificada al reglament, la distància mínima serà de 2 metres.

En el present projecte no es consideren encreuaments amb línies elèctriques, per tant, es prescindirà d'aquest càlcul.

A.4.5 Càlcul mecànic dels suports

En aquest apartat es plantejaran les diverses hipòtesis de càlcul amb els tres esforços necessaris per així, posteriorment, escollir el tipus de suport adient. Els esforços seran el transversal (T), longitudinal (L) i, el vertical (V).

Hi ha tres hipòtesis de quatre a escollir, que seran:

1a Hipòtesis: sobrecàrrega de vent.

3a Hipòtesis: desequilibri de traccions.

4a Hipòtesis: Ruptura del conductor.

Per cada tipus de suport s'utilitzaran diverses fórmules per cada hipòtesis, seguidament s'exposaran totes les fórmules a utilitzar, i llavors es classificaran en unes taules segons el tipus de suport a instal·lar i la hipòtesis a aplicar.

$$P_{\text{cond}} = n \cdot p_{T0} \cdot \left[\frac{a_1 \cdot a_2}{2} + \frac{T_{\text{max}}}{p_T} \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad (\text{Eq. 57})$$

En el cas de no haver vano anterior o posterior, i desnivell anterior o posterior, es prescindirà de: a_1 o a_2 i, d_1 o d_2 .

$$F_{T1} = q \cdot d \cdot \left[\frac{a_1 \cdot a_2}{2} \right] \quad (\text{Eq. 58})$$

$$n \cdot (\% \text{des}) \cdot T_{\text{max}} \quad (\text{Eq. 59})$$

$$F_{T2} = q \cdot d \cdot \left[\frac{a_1 \cdot a_2}{2} \right] \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (\text{Eq. 60})$$

$$R_{\text{ang}} = 2 \cdot T_{\text{max}} \cdot \sin \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (\text{Eq. 61})$$

$$n \cdot (F_{T2} + R_{\text{ang}}) \quad (\text{Eq. 62})$$

$$n \cdot (2 - \% \text{des}) \cdot T_{\text{max}} \cdot \sin \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (\text{Eq. 63})$$

$$n \cdot (\% \text{des}) \cdot T_{\text{max}} \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (\text{Eq. 64})$$

$$(2 \cdot n - 1) \cdot T_{\text{max}} \cdot \sin \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (\text{Eq. 65})$$

$$T_{\max} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \tag{Eq. 66}$$

$$n \cdot T_{\max} \tag{Eq. 67}$$

Essent:

a₁	Va anterior (m)
a₂	Va posterior (m)
d	Diàmetre del conductor (m)
F_{t1}	Esforç per vent per suports d'amarratge i fi de línia (daN)
F_{t2}	Esforç per vent per suports d'angle (daN)
R_{ang}	Esforç resultant en angle d'un conductor (daN)
%des	Coefficient desequilibri (8%) segons punt 3.1.4.1 RLAT
α	Angle de desviació de la línia

Taula 70. Paràmetres de les equacions del càlcul d'esforços dels suports

Per acabar d'entendre l'ús de les fórmules per cada apartat, es realitzarà una taula explicativa en la qual es veurà quina fórmula utilitzar en cada cas:

Tipus de suport	Tipus d'esforç	1a Hipòtesis (vent)	3a Hipòtesis (Desquilibri de traccions)	4a Hipòtesis (Ruptura de conductor)
Fi de línia	V	Eq.57	No s'aplica	Eq.57
	T	Eq.58	No s'aplica	0
	L	Eq.67	No s'aplica	Eq.67
Amarratge en alineació	V	Eq.57		
	T	Eq.58	0	
	L	0	Eq.59	T _{max}
Amarratge en angle	V	Eq.57		
	T	Eq.62	Eq.63	Eq.65
	L	0	Eq.64	Eq.66

Taula 71. Taula resum dels càlculs mecànics dels suports

En el present projecte, es podrà prescindir de la 4a Hipòtesis en suports d'alineació i angle amb conductors de càrrega mínima de ruptura inferior a 6.600 daN, juntament amb els requeriments de tenir un coeficient de seguretat igual o superior a 3. Els resultats dels esforços per cada suport s'adjuntaran a la següent taula tot especificant el tipus de suport que hi haurà:

Nº Suport	Funció	Esforços	Hipòtesis 1	Hipòtesis 3	Hipòtesis 4
1	Fi línia	V (daN)	16,32	-	16,32
		T (daN)	28,22	-	0,00
		L (daN)	1.073,94	-	1.073,94
2	Alineació amarratge	V (daN)	391,37	391,37	391,37
		T (daN)	56,44	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
3	Alineació amarratge	V (daN)	384,50	384,50	384,50
		T (daN)	56,44	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
4	Alineació amarratge	V (daN)	359,40	359,40	359,40
		T (daN)	56,44	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
5	Alineació amarratge	V (daN)	359,81	359,81	359,81
		T (daN)	56,44	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
6	Alineació amarratge	V (daN)	372,37	372,37	372,37
		T (daN)	56,44	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
7	Alineació amarratge	V (daN)	359,43	359,43	359,43
		T (daN)	56,44	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
8	Alineació amarratge	V (daN)	353,89	353,89	353,89
		T (daN)	56,44	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
9	Angle amarratge	V (daN)	361,03	361,03	361,03
		T (daN)	758,58	585,63	508,36
		L (daN)	0,00	82,38	343,24
10	Alineació amarratge	V (daN)	343,16	343,16	343,16
		T (daN)	46,85	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
11	Alineació amarratge	V (daN)	293,68	293,68	293,68
		T (daN)	46,85	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
12	Alineació amarratge	V (daN)	303,44	303,44	303,44
		T (daN)	46,85	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
13	Alineació amarratge	V (daN)	385,36	385,36	385,36
		T (daN)	46,85	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98

Taula 72. Taula de resultats dels esforços de cada suport

Nº Suport	Funció	Esforços	Hipòtesis 1	Hipòtesis 3	Hipòtesis 4
15	Alineació amarratge	V (daN)	376,45	376,45	376,45
		T (daN)	46,85	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
16	Alineació amarratge	V (daN)	363,15	363,15	363,15
		T (daN)	55,19	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
17	Alineació amarratge	V (daN)	358,32	358,32	358,32
		T (daN)	55,19	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
18	Angle amarratge	V (daN)	386,89	386,89	386,89
		T (daN)	991,61	822,20	713,72
		L (daN)	0,00	78,79	328,29
19	Alineació amarratge	V (daN)	420,46	420,46	420,46
		T (daN)	51,39	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
20	Alineació amarratge	V (daN)	425,60	425,60	425,60
		T (daN)	56,56	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
21	Alineació amarratge	V (daN)	409,30	409,30	409,30
		T (daN)	56,56	0,00	0,00
		L (daN)	0,00	85,91	357,98
22	Fi línia	V (daN)	12,72	-	12,72
		T (daN)	25,70	-	0,00
		L (daN)	1.073,94	-	1.073,94

Taula 73. Taula de resultats dels esforços de cada suport

A.4.6 Elecció del tipus de suport

Per l'elecció de les característiques dels suports, es prendrà com a referència la marca IMEDEXA, podent així adoptar qualsevol marca que presenti les mateixes característiques dels suports seleccionats.

Tipo	C-500	C-1.000	C-2.000	C-3.000	C-4.500	C-7.000	C-9.000
Esfuerzo útil (C.S. = 1,5)	510	1020	2039	3058	4587	7136	9175
Hielo (C.S. = 1,5)	719	1179	2270	3299	4871	7519	9378
Desequilibrio (C.S. = 1,2)	903	1482	2831	4113	6078	9419	11739
Torsión (C.S. = 1,2)	510	714	1427	1427	1427	2549	2549
Rotura Protección (C.S. = 1,2)	830	1350	2605	3630	4270	4270	4270
Esfuerzo Vertical	612	612	612	816	816	1222	1222

Figura 30. Taula d'esforços que suporten les torres segons UNE 207017

Essent:

Esforç útil amb coeficient de seguretat 1,5, l'esforç horitzontal disponible en l'extrem superior del cap i, aplicat simultàniament amb vent sobre la torre de 120 km/h i càrregues verticals segons quadre.

Gel amb coeficient de seguretat 1,5, serà l'esforç horitzontal disponible en punta del cap sense vent, simultani amb les càrregues verticals especificades.

Desequilibri amb coeficient de seguretat 1,2, que serà l'esforç horitzontal disponible en punta del cap sense vent, simultani amb les càrregues verticals especificades.

Torsió amb coeficient de seguretat 1,2, serà l'esforç horitzontal disponible aplicat en l'extrem d'una creueta d' 1,5 metres de longitud, situada en punta del cap, simultàniament amb les càrregues verticals especificades en el quadre.

Ruptura de protecció amb coeficient de seguretat 1,2, serà l'esforç màxim per ruptura de cable de protecció aplicat en una cúpula d'1,5 metres.

Per escollir els tipus de suports, es tindrà en compte el valor més desfavorable dels tres càlculs (V,T,L) de les 3 hipòtesis. Així, l'elecció de suports per cada tipus de funció d'aquests mateixos serà:

Funció	Suport escollit
Fi de línia	C-2000
Alineació amarratge	C-500
Angle amarratge	C-2000

Taula 74. Taula de suports escollits per funció

Pel dimensionament dels suports de gelosia, es necessitarà l'altura útil i el pes dels suports que s'escolliran. En el present projecte, es dissenyarà la línia amb suports metàl·lics de gelosia, i la següent figura mostrarà el que s'ha descrit:

ALTURA NOMINAL		ESFUERZOS						
		500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000
10	HPC	8,8	8,37	8,29	8,1	7,7	...	...
	Peso	242	249	383	471	598	...	...
12	HPC	10,75	10,31	10,04	10,04	9,63	9,58	9,42
	Peso	301	306	465	577	749	1112	1294
14	HPC	12,71	12,28	12,14	11,8	11,59	11,57	11,42
	Peso	356	386	568	705	931	1303	1513
16	HPC	14,67	14,24	14,09	13,86	13,53	13,57	13,42
	Peso	413	447	661	832	1082	1510	1729
18	HPC	16,65	16,21	16,12	15,73	15,52	15,61	15,46
	Peso	472	530	790	977	1289	1753	2052
20	HPC	18,44	18,2	18,1	17,71	17,5	17,58	17,43
	Peso	541	602	906	1117	1498	1948	2310
22	HPC	20,6	20,16	20,07	19,68	19,47	19,57	19,41
	Peso	630	708	1015	1282	1690	2216	2600
24	HPC	22,58	22,14	22,05	21,65	21,44	21,69	21,41
	Peso	715	800	1155	1458	1889	2454	2867
26	HPC	24,35	24,32	24,04	23,72	23,44	23,55	23,51
	Peso	780	902	1271	1625	2134	2708	3246
28	HPC	26,53	26,11	26,01	25,62	25,41	25,56	25,45
	Peso	872	994	1426	1790	2370	2997	3550
30	HPC	28,32	28,29	27,83	27,61	27,41	27,45	27,41
	Peso	940	1102	1556	1942	2578	3315	3965

Figura 31. Taula d'altures útils i pesos dels diferents suports

Les altures útils són aquelles que van des del terra fins la creueta inferior del suport en terreny normal ($k=12$).

Els armats a escollir pels suports d'alineació i angle seran del tipus S, concretament S2; els de fi de línia, del tipus T2.

Essent les mides per S2: $a=1,50$ m, $b=1,20$ m i $c=1,75$ m.

Essent les mides per T2: $a=1,50$ m i $b=0,60$ m.

Tindran les següents formes:

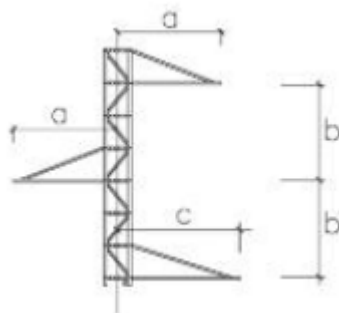


Figura 32. Armat tipus S2

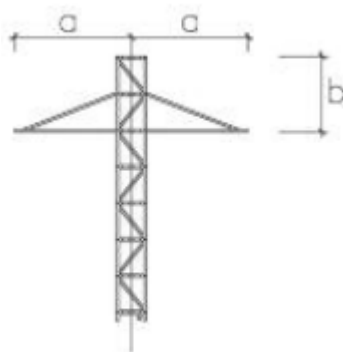


Figura 33. Armat tipus T2

Els pesos dels armats segons els escollits seran:

Armat	Pes (daN)
T2 (C-2000)	42
S2 (C-500)	65
S2 (C-2000)	65

Taula 75. Pesos dels diferents armats

A.4.7 Càlcul de les cimentacions

Les cimentacions pels suports seran del tipus monobloc, i es calcularan seguint el mètode Sulzberger. Es calcularà el moment de bolcada, que serà:

$$M_v = F \cdot \left(h + \frac{2}{3}t \right) \quad (\text{Eq. 68})$$

També es calcularà el moment estabilitzador:

$$M_e = M_1 + M_2 \quad (\text{Eq. 69})$$

Essent M_1 i M_2 :

$$M_1 = 0,139 \cdot K \cdot a \cdot t^4 \quad (\text{Eq. 70})$$

$$M_2 = 0,88 \cdot a^3 \cdot t + 0,4 \cdot p \cdot a \quad (\text{Eq. 71})$$

K	Coeficient de compressibilitat del terreny a 2m de profunditat (12 kg/cm ³)
F	Esforç nominal del suport (T)
H	Alçada d'aplicació de l'esforç nominal (m)
h_t	Alçada total del suport (m)
a	Amplada de la cimentació (m)
t	Profunditat de la cimentació (m)
p	Pes del suport i ferratges (T)
M_r	Moment resistent (T·m)
M_v	Moment de bolcada (T·m)

Taula 76. Paràmetres de les equacions del càlcul de cimentacions

Aquestes cimentacions han de tenir la seva estabilitat fonamentalment a les reaccions horitzontals del terreny, per tant, segons el punt 3.6.1 de la ITC-LAT-07, s'ha de complir:

$$M_1 + M_2 \geq M_v \quad (\text{Eq. 72})$$

Tot i que en les especificacions d'ENDESA, remarca que s'adoptarà un coeficient de seguretat a la bolcada igual o major d'1,5:

$$\frac{M_r}{M_v} \geq 1,5 \quad (\text{Eq. 73})$$

En la següent taula es mostraran els diferents tipus de cimentació per cada tipus de suport.

		K = 8							K = 12							K = 16						
		500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000	500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000	500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000
10	a	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...
	h	1,55	1,80	2,11	2,32	2,54	...	...	1,40	1,63	1,91	2,10	2,30	...	...	1,31	1,52	1,78	1,96	2,14	...	...
	V	1,15	1,30	1,71	1,92	2,15	...	...	1,04	1,18	1,55	1,74	1,95	...	...	0,97	1,10	1,44	1,62	1,81	...	...
12	a	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36
	h	1,60	1,86	2,16	2,39	2,62	2,84	2,84	1,45	1,69	1,96	2,16	2,37	2,42	2,58	1,35	1,57	1,83	2,02	2,21	2,27	2,40
	V	1,38	1,57	2,03	2,30	2,57	5,25	5,25	1,25	1,43	1,84	2,07	2,32	4,48	4,77	1,17	1,33	1,72	1,94	2,17	4,20	4,44
14	a	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58
	h	1,64	1,90	2,22	2,43	2,67	2,68	2,84	1,49	1,72	2,01	2,20	2,41	2,43	2,58	1,39	1,61	1,88	2,05	2,25	2,31	2,40
	V	1,67	1,94	2,45	2,73	3,17	6,44	7,09	1,52	1,75	2,22	2,47	2,86	5,84	6,44	1,42	1,64	2,07	2,30	2,67	5,55	5,99
16	a	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77
	h	1,68	1,95	2,26	2,47	2,72	2,68	2,85	1,53	1,76	2,05	2,24	2,47	2,43	2,58	1,42	1,72	1,91	2,08	2,35	2,31	2,41
	V	1,96	2,23	2,89	3,32	3,66	8,30	8,93	1,78	2,02	2,62	3,01	3,32	7,53	8,08	1,66	1,97	2,44	2,80	3,16	7,16	7,55
18	a	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,95	1,97	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,95	1,97	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,95	1,97
	h	1,71	1,98	2,29	2,51	2,74	2,68	2,85	1,55	1,79	2,08	2,27	2,48	2,43	2,59	1,45	1,72	1,94	2,12	2,40	2,31	2,41
	V	2,30	2,62	3,41	3,80	4,49	10,19	11,06	2,09	2,37	3,10	3,43	4,06	9,24	10,05	1,95	2,27	2,89	3,21	3,93	8,78	9,35
20	a	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,13	2,16	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,13	2,16	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,13	2,16
	h	1,74	2,01	2,32	2,53	2,76	2,68	2,85	1,58	1,82	2,10	2,29	2,50	2,43	2,59	1,50	1,72	1,96	2,20	2,40	2,31	2,41
	V	2,59	2,99	3,98	4,48	5,26	12,16	13,30	2,85	2,71	3,60	4,05	4,76	11,02	12,08	2,23	2,56	3,36	3,89	4,57	10,48	11,24
22	a	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,30	2,34	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,30	2,34	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,30	2,34
	h	1,77	2,03	2,35	2,56	2,79	2,68	2,85	1,60	1,84	2,13	2,32	2,53	2,43	2,59	1,53	1,72	1,98	2,20	2,40	2,31	2,41
	V	3,04	3,48	4,48	5,02	6,03	14,18	15,61	2,75	3,16	4,06	4,55	5,47	12,85	14,18	2,63	2,95	3,77	4,31	5,19	12,22	13,20
24	a	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,47	2,52	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,47	2,52	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,47	2,52
	h	1,79	2,05	2,38	2,60	2,83	2,68	2,85	1,62	1,86	2,15	2,35	2,56	2,44	2,59	1,53	1,73	2,01	2,20	2,40	2,35	2,41
	V	3,46	3,96	5,00	5,62	6,62	16,35	18,10	3,13	3,59	4,52	5,08	5,99	14,89	16,45	2,96	3,34	4,23	4,75	5,62	14,34	15,30
26	a	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,64	2,70	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,64	2,70	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,64	2,70
	h	1,81	2,07	2,39	2,61	2,83	2,68	2,85	1,65	1,88	2,16	2,36	2,56	2,45	2,59	1,54	1,75	2,02	2,20	2,40	2,41	2,49
	V	3,81	4,47	5,74	6,43	7,80	18,68	20,78	3,47	4,06	5,19	5,82	7,05	17,08	18,88	3,24	3,78	4,85	5,42	6,61	16,80	18,15
28	a	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,79	2,88	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,79	2,88	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,79	2,88
	h	1,84	2,09	2,41	2,62	2,86	2,68	2,85	1,67	1,89	2,19	2,38	2,59	2,45	2,59	1,56	1,77	2,04	2,22	2,42	2,45	2,49
	V	4,31	4,96	6,25	7,22	8,46	20,86	23,64	3,91	4,48	5,68	6,56	7,66	19,07	21,48	3,65	4,20	5,29	6,12	7,16	19,07	20,65
30	a	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,00	3,10	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,00	3,10	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,00	3,10
	h	1,85	2,11	2,42	2,64	2,86	2,71	2,85	1,68	1,91	2,19	2,39	2,59	2,55	2,59	1,61	1,79	2,04	2,28	2,42	2,55	2,49
	V	4,74	5,54	7,08	7,99	9,68	24,39	27,39	4,30	5,01	6,40	7,24	8,77	22,95	24,98	4,12	4,70	5,97	6,90	8,19	22,95	23,93

Figura 34. Taula de mides de cimentacions per cada tipus de suport

Essent:

a	Amplada de la cimentació (m)
h	Profunditat de la cimentació (m)
V	Volum de la cimentació (m ³)

Taula 77. Paràmetres de la Figura XX

Seguidament s'exposaran els resultats de les cimentacions per cada suport. Cal remarcar que s'han sobredimensionat el finals de línia, ja que no complien amb les especificacions d'ENDESA. S'adjuntarà també, el tipus de sobredimensionat que s'ha escollit.

Suport	Cimentació	Me	Mv	Cs	Sobredimensionat
1	C-2000 (14m)	65,59	39,77	1,65	Cimentació C-4500
2	C-500 (14m)	10,41	6,44	1,62	-
3	C-500 (14m)	10,41	6,44	1,62	-
4	C-500 (14m)	10,41	6,44	1,62	-
5	C-500 (14m)	10,41	6,44	1,62	-
6	C-500 (14m)	10,41	6,44	1,62	-
7	C-500 (14m)	10,41	6,44	1,62	-
8	C-500 (14m)	10,41	6,44	1,62	-
9	C-2000 (14m)	65,31	39,77	1,64	-
10	C-500 (14m)	12,60	7,63	1,62	-
11	C-500 (16m)	12,60	7,63	1,65	-
12	C-500 (16m)	12,60	7,63	1,65	-
13	C-500 (16m)	17,06	7,43	1,65	-
14	C-500 (14m)	17,06	7,43	2,29	-
15	C-500 (14m)	17,06	7,43	2,29	-
16	C-500 (14m)	17,06	7,43	2,29	-
17	C-500 (14m)	65,31	39,77	2,29	-
18	C-2000 (14m)	17,06	7,43	1,64	-
19	C-500 (14m)	17,06	7,43	2,29	-
20	C-500 (14m)	12,60	7,63	2,29	-
21	C-500 (16m)	12,60	7,63	1,65	-
22	C-2000 (14m)	65,59	39,77	1,65	Cimentació C-4500

Taula 78. Resultats dels càlculs de cimentacions

Tal i com es pot comprovar, el coeficient de seguretat en tots els suports supera l'1,5 marcat pel reglament, i M_e serà més gran que M_v .

A.4.8 Dimensionat elèctric de la cadena d'aïlladors

Per a saber el nombre d'aïlladors que haurà de tenir la cadena d'aïlladors, s'haurà de realitzar el següent càlcul:

$$n = \frac{V \cdot NA}{L_f} \quad (\text{Eq. 74})$$

Havent escollit l'aïllador de Composite CS 70 AB 170/555 amb una línia de fuga nominal de 835mm, podem saber el nombre d'aïlladors necessaris:

Essent:

n	Nombre d'aïlladors
V	Tensió de la línia (kV)
NA	Nivell d'aïllament segons apartat 4.4.1 ITC-LAT 07. Nivell lleuger (1,6cm/kV)
Lf	Línia de fuga mínima (cm)

Taula 79. Paràmetres de l'equació 74

$$n = \frac{25 \cdot 1,6}{83,5} = 0,48$$

Com a conclusió, serà necessari tan sols un aïllador per cada cadena d'aïlladors.

A.4.9 Càlcul de la posada a terra dels suports

Es diferenciaran dos tipus de suports: freqüentats i no freqüentats.

Els freqüentats, seran suports situats en llocs d'accés públic i, on la presència de persones alienes a la instal·lació, pot ser freqüent. Els no freqüentats seran el contrari que els freqüentats.

En no saber les condicions de les característiques de línia ni les proteccions de la Subestació de Juià, suposarem les següents dades de partida, que ens permetrà saber la intensitat de falta màxima:

Característiques de la línia	
U_n	Tensió de la línia (25 kV)
X_n	Reactància de la línia (25 Ω)
Proteccions de la línia	
K'	Factor de temps d'ajustament del relé de protecció (24)
I_a	Intensitat d'arrancada del relé de reconexió ràpida (60 A)
n'	Constant de relé (2)
t''	Temps de d'actuació del relé després de reconexió ràpida (0,5 s)
ρ	Resistivitat del terreny (150 Ω·m)

Taula 80. Paràmetres inicials

$$I_{Fm\grave{a}x} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_n^2 + R_t^2}} \quad (\text{Eq. 75})$$

Per tant, la intensitat de falta màxima de la línia serà:

$$I_{Fm\grave{a}x} = \frac{25.000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{25^2}} = 577,35 \text{ A}$$

Pel càlcul dels terres dels suports no freqüentats, s'haurà de comprovar l'actuació de les proteccions, i haurà de complir que la intensitat de falta haurà de ser més gran que la d'arrancada:

$$I_{Fm\grave{a}x} > I_a \quad (\text{Eq. 76})$$

Per comprovar la desconexió automàtica immediata en suports no freqüentats, hem de considerar un temps inferior a 1 segon, i finalment, per determinar el valor de la resistència del terra, s'haurà d'utilitzar la següent fórmula:

$$t > \frac{K'}{\left(\frac{I_F}{I_a}\right)^{n'} - 1} \quad (\text{Eq. 77})$$

Substituint els valors, el valor de I_F serà:

$$I_F > 300 \text{ A}$$

Finalment, per saber el valor de la resistència de posada a terra, s'haurà d'aplicar l'equació 75, aïllant correctament els valors, tindrem una resistència de:

$$R_t < 41,10 \ \Omega$$

Per tant, l'elèctrode de posada a terra en suports no freqüentats, consistirà en piques de 14 mm de diàmetre i 2 m de llargària, separades entre si 3 m i unides amb cable de coure nu de 50 mm² de secció fins aconseguir una $R_t > 41,10 \ \Omega$.

Seguidament i per acabar, es realitzarà el càlcul de posada a terra de suports freqüentats, que el disseny preliminar de la següent posada a terra consisteix en un anell de cable de

coure nu de 50 mm² de secció (ø = 8 mm) i radi de l'anell de 4 m, instal·lat a una fondària de 0,5 m.

Per saber la resistència de terra s'ha d'aplicar la següent equació:

$$R_t = \frac{0,366 \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot R} \cdot \log\left(\frac{64 \cdot R^2}{d \cdot h}\right) \tag{Eq. 78}$$

Essent:

R_t	Resistència de terra (Ω)
ρ	Resistivitat del terreny (150 Ω·m)
R	Radi de l'anell de conductor de terra (4 m)
d	Diàmetre del conductor de coure (50 mm ²)
h	Fondària de la instal·lació de l'anella (0,5m)

Taula 81. Paràmetres de l'equació 78

Per tant, la resistència de terra serà:

$$R_t = \frac{0,366 \cdot 150}{2 \cdot \pi \cdot 4} \cdot \log\left(\frac{64 \cdot 4^2}{0,008 \cdot 0,5}\right) = 11,82 \Omega$$

Llavors, aplicant l'equació 75, sabrem la intensitat de defecte amb aquestes condicions:

$$I_{Fm\grave{a}x} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{11,82^2 \cdot 25^2}} = 522 \text{ A}$$

Donat que la línia no té cable de terra, el corrent a terra durant una falta I_E serà:

$$I_E = r_E \cdot I_F \tag{Eq. 79}$$

Essent:

r_e	Relació entre la corrent que circula per l'elèctrode i intensitat de defecte a terra (1)
----------------------	--

Taula 82. Paràmetres de l'equació 79

I_E	Corrent de terra (A)
I_F	Corrent de defecte (A)

Taula 83. Paràmetres de l'equació 79

Per tant, la intensitat de terra serà:

$$I_E = 1 \cdot 522 = 522 \text{ A}$$

Per saber llavors l'increment de potencial a terra, s'ha d'utilitzar la següent fórmula:

$$U_E = I_E \cdot R_T \quad (\text{Eq. 80})$$

Aleshores, la tensió de terra valdrà:

$$U_E = 522 \cdot 11,82 = 6.170 \text{ V}$$

El valor admissible de la tensió de contacte aplicada, seguint l'equació 77, serà:

$$t = \frac{24}{\left(\frac{522}{60}\right)^2 - 1} = 0,321 \text{ s}$$

Segons la figura 1 i Taula 18 de la ITC-LAT-07, apartat 7.3.4.1, el valor admissible de la tensió de contacte aplicada serà $U_{ca} = 400\text{V}$.

A partir d'aquest valor, es podran calcular els valors màxims admissibles de la tensió de contacte. L'equació 81 serà amb calçat, i la 82 sense calçat:

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{R_{a1} + 1,5 \cdot \rho_s}{Z_B} \right] \quad (\text{Eq. 81})$$

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{1,5 \cdot \rho_s}{Z_B} \right] \quad (\text{Eq. 82})$$

Essent:

U_c	Tensió de contacte admissible (V)
U_{ca}	Tensió de contacte màxima admissible (V)
R_{a1}	Resistència del calçat (1.000 Ω)
ρ_s	Resistivitat del terreny (150 $\Omega \cdot m$)
Z_B	Impedància del cos humà (1000 Ω)

Taula 83. Paràmetres de les equacions 81 i 82

El valor màxim admissible de la tensió de contacte amb calçat serà:

$$U_c = 400 \cdot \left[1 + \frac{1.000 + 1,5 \cdot 150}{1.000} \right] = 890V$$

El valor màxim admissible de la tensió de contacte sense calçat serà:

$$U_c = 400 \cdot \left[1 + \frac{1,5 \cdot 150}{1.000} \right] = 490V$$

En aquestes condicions no complirà la tensió de contacte:

$$U_E < 2 \cdot U_c \quad (\text{Eq. 83})$$

Ja que les tensions de contacte no compleixen la condició, es prendran mesures de seguretat, i s'instal·larà una llosa de formigó al voltant dels suports d' 1,2 m d'amplada amb resistivitat de 5000 $\Omega \cdot m$.

Per tant, en aquestes condicions, les tensions de contacte amb calçat i sense calçat seran:

$$U_c = 400 \cdot \left[1 + \frac{1.000 + 7.500}{1000} \right] = 3.800 V$$

$$U_c = 400 \cdot \left[1 + \frac{7.500}{1.000} \right] = 3.400 V$$

En aquestes condicions es complirà en calçat:

$$6.170 \text{ V} < 2 \cdot 3.800 < 7.600 \text{ V}$$

Sense calçat:

$$6.170 \text{ V} < 2 \cdot 3.400 < 6.800 \text{ V}$$