

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Elèctrica

**Títol:** Electrificació d'un polígon industrial a El Far de l'Empordà

**Document:** 1. Memòria

**Alumne:** Alba Romero Torrodà

**Tutor:** Sergio Herraiz Jaramillo

**Departament:** Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

**Àrea:** Enginyeria Elèctrica

**Convocatòria (mes/any):** Juny/2022

**ÍNDEX**

1	INTRODUCCIÓ .....	4
1.1	Antecedents.....	4
1.2	Objecte .....	4
1.3	Especificacions i abast .....	4
2	SITUACIÓ.....	5
3	CARACTERÍSTIQUES GENERALS DE LA XARXA .....	6
4	PREVISIÓ DE CÀRREGUES .....	7
5	CENTRES DE DISTRIBUCIÓ.....	9
5.1	Dimensionament transformadors .....	9
5.1.1	Saturació .....	10
5.2	Aparellatge i elements de la instal·lació .....	10
5.2.1	Cel·les MT .....	10
5.2.2	Cel·les de línia.....	11
5.2.3	Cel·la de protecció.....	11
5.2.4	Quadre de baixa tensió.....	12
5.2.5	Transformadors .....	12
5.2.6	Nivell d'aïllament .....	13
5.2.7	Instal·lació de baixa tensió.....	13
5.3	Instal·lació de terres .....	13
5.3.1	Posta a terra de protecció.....	14
5.3.2	Posta a terra de servei.....	15
5.4	Camps electromagnètics .....	15
5.5	Característiques caseta .....	16
5.4.1	Accés al recinte.....	16
5.4.2	Ventilacions .....	17
5.4.3	Insonorització i mesures anti vibracions .....	17
5.3.4	Seguretat .....	19
6	LÍNIES DE MITJA TENSIÓ .....	20

6.1	Descripció del trams de les línies de Mitja Tensió.....	20
6.2	Intensitat de Mitja Tensió.....	21
6.2.1	Intensitat màxima admissible.....	21
6.2.2	Intensitat de curtcircuit.....	22
6.3	Caiguda de tensió.....	22
6.4	Pèrdua de potència.....	22
7	LÍNIA DE BAIXA TENSÍO.....	24
7.1	Intensitat de Baixa Tensió.....	24
7.2	Saturació del conductor.....	24
7.3	Caiguda de tensió.....	24
8	ORGANISMES AFECTATS.....	25
9	PROPIETARIS AFECTATS.....	26
10	RESUM DEL PRESSUPOST.....	27
11	CONCLUSIÓ.....	28
12	RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	29
13	BIBLIOGRAFIA.....	30
14	GLOSSARI.....	31
A	CÀLCUL INSTAL·LACIÓ DE TERRES.....	32
A.1	Procediment a seguir en el disseny de la posada a terra.....	32
A.2	Paràmetres de càlcul.....	32
A.3	Intensitat màxima de defecte.....	33
A.4	Terra de protecció (masses metàl·liques).....	33
A.5	Terra de servei.....	35
A.6	Tensions a l'exterior de la instal·lació.....	35
A.7	Tensions a l'interior de la instal·lació.....	36
A.8	Càlcul dels valor màxims admissibles de les tensions.....	36
A.9	Càlcul de la separació entre sistemes de posada a terra.....	38
A.10	Resultats.....	39
A.10.1	CD 110453.....	39

A.10.2 CD 110455 .....	42
A.10.3 CD110457 .....	45
B CÀLCUL VENTILACIÓ DELS CENTRES DE DISTRIBUCIÓ.....	49
C CÀLCUL ELÈCTRIC DE LA LÍNIA SUBTERRÀNIA MT .....	51
C.1 Intensitat màxima admissible .....	51
C.2 Caiguda de tensió.....	52
C.3 Pèrdua de potència.....	53
C.4 Resultats .....	53
D CÀLCUL DELS CAMPS ELECTROMAGNÈTICS.....	55
D.1 Resultats .....	59
D.1.1 CD 110453 .....	59
D.1.2 CD 110455 .....	62
D.1.3 CD 110457 .....	64
D.1.4 CM 110459.....	66
E CÀLCUL DEL NIVELL D'IMMISIÓ SONORA.....	68
E.1 Descripció de l'activitat .....	68
E.2 Descripció del local.....	68
E.3 Caracterització de l'entorn .....	68
E.4 Nivells màxims permesos d'immissió.....	69
E.5 Nivells mínims d'aïllament acústic dels tancaments.....	69
E.6 Índex de soroll .....	69
E.7 Nivells màxims permesos d'immissió.....	70
E.8 Nivells mínims d'aïllament acústic dels tancaments.....	71
E.9 Resultats .....	71
E.9.1 Aïllament acústic .....	71
E.9.2 Índex de soroll i nivells d'immissió .....	73

## **1 INTRODUCCIÓ**

### **1.1 Antecedents**

Degut a les noves obres del nou Polígon Industrial de CIMALSA a El Far d'Empordà, EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES SL.U., com a propietària de la xarxa de distribució de la zona, rep per part del client AMAZON Inc. una sol·licitud per electrificar les diferents finques de la seva propietat.

### **1.2 Objecte**

L'objecte d'aquest projecte és descriure les característiques tècniques de la instal·lació dissenyada per l'electrificació de les finques on es construiran les naus industrials per a l'emmagatzematge i gestió de l'empresa sol·licitant.

També és objecte del projecte la descripció a l'Administració Pública per obtenir-ne l'autorització administrativa així com la posada en servei de la instal·lació, d'acord amb l'article 5 del Decret 351 / 1987 de 23 de novembre de la Generalitat de Catalunya.

### **1.3 Especificacions i abast**

En aquest projecte es descriuen les característiques tècniques de les instal·lacions que es projecten construir degut a la instal·lació de tres nous Centres de Distribució i un Centre de Mesura. Es dissenyen les línies de mitja tensió, els centres de transformació, un centre de mesura i una línia de baixa tensió per al subministrament per l'enllumenat públic.

També s'efectuaran els càlculs pertinents de caiguda de tensió, pèrdues de potència i saturació de conductors i transformadors per garantir que aquests valors es troben dins del marc normatiu.

## **2 SITUACIÓ**

Les instal·lacions objecte d'aquest projecte estan situades al Carrer d'en Gurt i Carrer d'en Pi Gros, al Polígon Industrial de CIMALSA, dins del Terme Municipal d' El Far d' Empordà. La seva situació exacta figura en el document 2. Plànols d'aquest projecte.

### 3 CARACTERÍSTIQUES GENERALS DE LA XARXA

La tensió nominal de la xarxa de Mitja Tensió serà de 25 kV trifàsica a una freqüència de 50 Hz. La de la instal·lació de Baixa Tensió serà de 400 V també trifàsica i a una freqüència de 50 Hz.

La configuració de les línies d'Endesa és en bucle, per tant, les xarxes subterrànies seran mallades, amb sistemes alterns trifàsics, i el disseny de la instal·lació per al polígon seguirà aquest criteri.

Els conductors a utilitzar a les xarxes subterrànies MT són els que figuren a la Norma GE DND001. Seran unipolars i compliran les especificacions de la Norma UNE-EN 620-5E. Per a la nova instal·lació subterrània a 25 kV els conductors emprats seran d'alumini amb secció de 240 mm<sup>2</sup>, 18/30 kV.

Per la instal·lació subterrània de Baixa Tensió els conductors a utilitzar seran unipolars i compliran les especificacions de la Norma UNE-HD 603-5N. Per la nova instal·lació subterrània a 400 V els conductors emprats seran d'alumini amb secció de 240 mm<sup>2</sup> 0,6/1 kV.

#### 4 PREVISIÓ DE CÀRREGUES

S'electrifica el polígon industrial en el Sector de les Pedroses. Les parcel·les s'electrificaran individualment en règim de baixa tensió a mesura que el client sol·liciti els punts de connexió a l'empresa elèctrica. Es dimensiona doncs, la instal·lació de mitja tensió necessària per electrificar el polígon per poder cobrir la demanda BT prevista. També es dimensiona, per petició del sol·licitant, el punt de baixa tensió per al subministrament corresponent a l'enllumenat públic.

El sector es divideix en illes i a cada illa hi ha un conjunt de parcel·les; en el document 2. Plànols hi ha la distribució de cada espai.

Es realitza la previsió de càrregues segons l'activitat econòmica a que es destina cada parcel·la i així poder garantir que els transformadors que s'instal·len poden cobrir la demanda.

Tal i com s'indica a la ITC-BT-10, per edificis destinats a oficines la previsió de càrrega es farà tenint en compte 100 W/m<sup>2</sup> i per edificis destinats a indústries 125 W/m<sup>2</sup>. En ambdós casos s'aplica coeficient de simultaneïtat 1.

Segons el pla urbanístic del Far d'Empordà, el sòl que s'edificarà pertany a la subzona A1, que es correspon amb parcel·les d'ús industrials i logístics. Per aquest fet, l'índex d'edificabilitat neta és 0,77.

A la taula següent es mostra la previsió de càrregues que fa arribar el sol·licitant.

Illa	Nº Parcel·la	Superfície Sòl (m <sup>2</sup> )	Superfície edificable (m <sup>2</sup> )	Activitat econòmica	Potència Prevista segons norma (kW)	Potència Prevista client (kW)
1	6	6.000,00	4.620,00	Industrial	578,00	87,00
	7	6.000,00	4.620,00	Industrial	578,00	100,00
	8	4.000,00	3.080,00	Industrial	385,00	11,09
	9	6.311,00	4.859,47	Industrial	607,00	100,00
	10	6.310,00	4.858,70	Industrial	607,00	100,00
	11	20.120,00	15.492,40	Industrial	1.937,00	100,00
	12	50.000,00	38.500,00	Industrial	4.813,00	100,00

Taula 1. Previsió de càrregues.



Illa	Nº Parcel·la	Superfície Sòl (m <sup>2</sup> )	Superfície edificable (m <sup>2</sup> )	Activitat econòmica	Potència prevista segons norma (kW)	Potència prevista client (kW)
2	1	7.967,00	6.134,59	Industrial	770,00	57,51
	2	6.331,00	4.874,87	Industrial	611,00	31,50
	3	6.390,00	4.920,30	Industrial	617,00	100,00
	22	7.877,00	6.065,29	Industrial	758,00	100,00
	23	6.407,00	4.933,39	Industrial	617,00	113,86
	24	6.298,00	4.849,46	Industrial	606,00	100,00
3	4	4.939,00	3.803,03	Oficines	380,00	100,00
	5	4.978,00	3.833,06	Oficines	383,00	100,00
	14	4.978,00	3.833,06	Oficines	383,00	100,00
	15	4.936,00	3.800,72	Oficines	380,00	100,00
	16	6.499,00	5.004,23	Oficines	500,00	100,00
	17	6.499,00	5.004,23	Oficines	500,00	100,00
	25	5.566,00	4.285,82	Oficines	428,00	100,00
	26	5.802,00	4.467,54	Oficines	447,00	100,00
	27	5.802,00	4.467,54	Oficines	447,00	100,00
	28	5.764,00	4.438,28	Oficines	443,00	100,00
4	18	6.832,00	5.260,64	Oficines	526,00	100,00
	19	4.185,00	3.222,45	Oficines	322,00	100,00
	20	4.185,00	3.222,45	Oficines	322,00	100,00
	21	5.906,00	4.547,62	Oficines	454,00	100,00
5	29	168.112,00	136.170,72	Oficines	13.617,00	100,00
	30	28.926,00	22.273,02	Oficines	2.227,00	100,00
	31	24.402,00	18.789,54	Oficines	1.879,00	100,00
	32	24.402,00	18.789,54	Oficines	1.879,00	100,00
6	33	28.875,00	22.233,75	Oficines	2.223,00	100,00
Vialitat						13,86
Bombes dipòsits					70,00	19,84
Equipaments					400,00	13,86
TOTAL					41.694,00	3.048,50

Taula 1. Previsió de càrregues.

Actualment ja s'han executat diverses fases de l'electrificació del polígon, en aquest projecte es dissenya la instal·lació de Mitja Tensió per subministrar les finques 25, 26, 27 i 28 de la illa 3, amb una potència prevista per part del sol·licitant de 100 kW per cadascuna. De la mateixa manera, es preveu l'electrificació de les parcel·les 29, 30, 31 i 32 de la illa 5 i la parcel·la 33 de la illa 6. Per la parcel·la 29 a part del subministrament en BT també es demana un punt de connexió en mitja tensió. Amb aquesta fase, es dona per finalitzada l'electrificació del polígon.

## 5 CENTRES DE DISTRIBUCIÓ

Els centres de distribució s'instal·laran en edificis prefabricats en superfície. El centre de distribució 110453 i el centre de mesura 110459, ubicats al Carrer d'en Gurt, s'emplaçaran en edificis prefabricats del tipus PFU-4. Els centres de distribució 110455 i 110457, ubicats al Carrer d'en Pi gros, s'emplaçaran en edificis prefabricats del tipus PFU-5. Els PFU escollits són de la marca Ormazabal.

Degut a la potència connectada, i comprovat que no es superen els nivells de saturació màxims, s'instal·larà un transformador de 630 kVA a tots els centres de distribució, però tots els elements de la instal·lació transformadora seran calculats i dimensionats per una potència de 1.000 kVA en previsió d'una possible ampliació futura tal i com s'indiquen a les instruccions operatives particulars d'ENDESA DISTRIBUCIÓN, S.L.

Pel que fa el Centre de Mesura, aquest també es dimensionarà amb previsió d'acollir una potència de 1.000 kVA (màxim establert per ENDESA DISTRIBUCIÓN, S.L.) però el transformador i els elements de Baixa Tensió no es contemplen en aquest projecte ja que són de client; així doncs, en aquest projecte es dimensionarà l'aparellatge de Mitja Tensió.

L'accés als centres de transformació i al centre de mesura serà directament des de la via pública.

La configuració de la posta a terra i de servei dels centres de distribució serà de "Terres separades".

### 5.1 Dimensionament transformadors

S'instal·len un total de tres centres de transformació per repartir la càrrega de les finques 25,26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 i el punt de connexió per l'enllumenat públic en Baixa Tensió. També s'instal·la un centre de mesura per al punt de subministrament en règim de Mitja Tensió de la finca 29.

Partint dels 100 kW previstos per cadascuna de les parcel·les i els 13,86 kW de l'EP, és necessari, com a mínim, cobrir una demanda de 913,86 kW (sense coeficients de

simultaneïtat aplicats) amb els tres transformadors. S'ubiquen els centres de distribució de manera que les càrregues quedin repartides de la manera més equilibrada possible.

Els tres nous centres de distribució reben els següents números d'identificació: CD 110453, 110455 i 110457, i un nou centre de mesura 110459

El centre de distribució 110453 es destinarà per donar subministrament a les parcel·les 25, 26, 27 i 28. El centre de transformació 110457 alimentarà les finques 29, 32, 33 i l'EP. Finalment, el 110457 donarà subministrament a les finques 30 i 31. El centre de mesura, 110459, com s'ha dit anteriorment s'instal·larà a la finca 29.

S'instal·len transformadors de 630 kV en els tres centres de distribució.

### 5.1.1 Saturació

Amb aquesta distribució de càrregues es calcula la saturació de cadascun dels transformadors, al tractar-se d'oficines, es considera un coeficient de simultaneïtat igual a 1. Els resultats obtinguts són els següents:

Transformador	Potència prevista (kW)	Potència transformador (kVA)	Nivell saturació (%)
110453	400,00	630	70, 50
110455	313,86	630	55,40
110457	200,00	630	35,30

Taula 2. Saturació transformadors.

## 5.2 Aparellatge i elements de la instal·lació

### 5.2.1 Cel·les MT

Les cel·les seran de la sèrie 36 kV, tipus interior, amb les característiques següents:

Paràmetre	Valor	Unitats
Tensió nominal	36	kV
Intensitat nominal	630	A
Tensió d'assaig 50 Hz (1 min )	70	kV
Tensió d'assaig ona de xoc	170	kV
Intensitat tèrmica (1 s)	20	kA efic.
Intensitat dinàmica	40	kA Cresta
Grau de protecció (UNE 20324)	IP-315	

Taula 3. Característiques Cel·les de Mitja Tensió.

### 5.2.2 Cel·les de línia

És un embolcall metàl·lic que conté un interruptor-seccionador tripolar amb tall SF6 d'accionament manual.

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

Al CD110453 s'hi instal·laran quatre cel·les de línia motoritzades, al CD110455 se n'hi instal·laran dues, i al CD110457 i al CM 110459 se n'hi instal·laran tres a cadascun.

### 5.2.3 Cel·la de protecció

És un mòdul de tall i aïllament íntegre en gas SF6, de dimensions 480 mm d'ample per 1800 mm d'alçada i 1035 mm de fons i un pes de 255 kg, conté en el seu interior:

Un interruptor rotatiu III, amb posicions connexió-seccionament i posta a terra. (Tensió nominal 36 kV; Intensitat nominal 630 A), capacitat de tancament sobre curtcircuit de 20 kA pic, comandament manual, tipus BR, amb bobina de dispar a 220 Vac i sistema de dispar per fusió de fusible, marca ORMAZABAL.

Tres portafusibles per cartutxos de 36 kV, segons DIN-43.625.

Seccionador de posta a terra, tensió nominal 36 kV, que efectua la posta a terra sobre contactes inferiors dels fusibles, comandament a motor, marca ORMAZABAL.

Tres captadors capacitius de presència de tensió de 36 kV.

Embarrat per conduir 630 A assignats amb capacitat de suportar els esforços electrodinàmics corresponents a una intensitat tèrmica de curtcircuit de 20 kA durant 1 segon.

Platina de coure de 30x3 mm per posta a terra de la instal·lació.

Als Centres de Distribució 110453, 110455 i 110457 s'hi instal·larà una cel·la de protecció per cada transformador. Pel Centre de Mesura, aquesta cel·la va a càrrec del client.

#### 5.2.4 Quadre de baixa tensió

A cadascun dels CDs (110453, 110455 i 110457) hi haurà un quadre de baixa tensió de 1600 A i 400 V, alimentat des del transformador. Tindrà 8 sòcols amb fusibles per la sortida dels conductors de baixa tensió necessaris.

#### 5.2.5 Transformadors

Les característiques del transformador compliran amb el que disposa la Norma UNE 20.138 i la norma particular de la companyia distribuïdora FND001.

Els transformadors de potència seran trifàsics, reductors de tensió, amb neutre accessible al secundari i refrigeració natural de bany d'oli, amb les característiques següents:

Paràmetre	Valor	Unitats
Potència	630	kVA
Relació de transformació	25/0,4	kV
Freqüència	50	Hz
Grup de connexió	Dyn11	

Taula 4. Característiques dels transformadors.

Com a mesura de seguretat aquests tindran el dipòsit de recollida d'oli amb grava apaga focs, immobilització de rodes als carrils i control de temperatura de l'oli del transformador.

### 5.2.6 Nivell d'aïllament

El nivell d'aïllament dels elements en tensió de cadascun dels centres de distribució serà l'assenyalat reglamentàriament (ITC-MIE-RAT 12) per material del Grup A amb una tensió més elevada de 36 kV, que és de 145/170 kV de pic de tensió nominal suportada a impulsos tipus llamp i de 70 kV eficaços de tensió nominal suportada de curta durada a freqüència industrial.

### 5.2.7 Instal·lació de baixa tensió

Enllumenat dels Centres de Distribució. S'alimenta de la mateixa tensió del secundari del transformador. Hi ha un/dos punts de llum. La connexió/desconnexió es fa mitjançant un interruptor o bé per un final de cursa accionat a l'obrir la porta d'accés.

Instal·lació de terres dels Centres de Distribució. Hi haurà dos circuits de terres, una de protecció i l'altra de servei. A la primera es connectarà la ferrament, cubeta del transformador, blindatges dels cables d'alta tensió, carcassa de l'armari BT i totes les masses metàl·liques de l'interior del CD.

El neutre es posarà a terra mitjançant una instal·lació separada de la de protecció a la distància que marquin els càlculs.

## 5.3 Instal·lació de terres

Els centres de transformació estan proveïts d'una instal·lació de posta a terra amb l'objectiu de limitar les tensions de defecte a terra que es puguin produir en el propi centre de distribució.

Aquesta estarà formada per dos circuits independents: el corresponent al terra general i el de neutre, que es dissenyaran de manera que, davant un defecte eventual a terra, la màxima diferència de potencial que pugui aparèixer en el terra de neutre sigui inferior a 1.000 V.

Es connectaran al circuit de posada a terra general les masses de Mitja i Baixa Tensió i més concretament els elements següents:

Embolcalls i pantalles metàl·liques dels cables, embolcall metàl·lica de les cel·les de distribució secundària i quadres de Baixa tensió, cisterna del transformador, borns de terra dels detectors de tensió, borns de posada a terra dels transformadors d'intensitat de Baixa Tensió, pantalles o reixes de protecció, malla equipotencial de la solera, tapes i marc metàl·lic dels canals dels cables. Les reixes de ventilació i les portes s'instal·laran de manera que no estiguin en contacte amb la xarxa de terra general del Centre de Distribució. Al circuit de posta a terra de neutre es connectarà el neutre de Baixa Tensió del transformador i la barra general de neutre del quadre de Baixa Tensió.

Donat que els Centres de transformació considerats en aquest projecte estan classificats com a instal·lació de Tercera Categoria, el disseny de la instal·lació de Connexió a Terra es farà d'acord amb el que es descriu al document "Mètode de Càlcul i Projecte d'Instal·lacions de Connexió de Terra per Centres de Transformació Connectats a Xarxes de Tercera Categoria" publicat per UNESA com a procediment de càlcul i valoració de les tensions de pas i de contacte de la instal·lació de posada a Terra en Centres de Transformació.

Pel que fa el 110459, donat que es tracta d'un centre de mesura i que la nostra instal·lació no disposa de cap transformador propi de la companyia, no es realitzen els resultats de la posada a terra donat que els transformadors es legalitzaran en altres projectes de client i seran aquests projectes els que justificaran els sistemes de posta a terra.

### 5.3.1 Posta a terra de protecció

A l'Annex A. Càlcul instal·lació de terres, es descriuen tots els càlculs referents a la posta a terra.

La posta a terra del CD 110453 estarà constituïda per 4 piques formant un rectangle de 5 x 3,5 m unides per un conductor horitzontal de coure nu de 50 mm<sup>2</sup> de secció, situades a l'interior del Centre de Transformació. Les piques seran de 14 mm de diàmetre i de 2 m de longitud. Es clavaràn a 0,8 m de profunditat.

La posta a terra dels Centres de Distribució 110455 i 110457 tindran les mateixes característiques: 4 piques formant un rectangle de 5 x 3,5 m unides per un conductor horitzontal de coure nu de 50 mm<sup>2</sup> de secció situades a l'interior del Centre de

Transformació. Les piques seran de 14 mm de diàmetre i de 2 m de longitud. Es clavaran a 0,8 m de profunditat.

### 5.3.2 Posta a terra de servei

La posta a terra de servei del CD 110453 estarà constituïda per 4 piques en fila unides per un conductor horitzontal de coure nu de 50 mm<sup>2</sup> de secció situades de forma paral·lela a l'accés al Centre de Transformació. Les piques seran de 14 mm de diàmetre i 2 m de longitud. Es clavaran a 0,5 m de profunditat i la separació entre piques serà de 3 m. Amb aquesta configuració la longitud de conductor des de la primera pica fins a l'última serà de 9 m, dimensió mínima que haurà d'haver disponible al terreny.

Per als 110455 i 110457 el sistema de PaT del neutre estarà constituït per 4 piques en fila unides per un conductor horitzontal de coure nu de 50 mm<sup>2</sup> de secció situades de forma paral·lela a l'accés al Centre de Transformació. Les piques seran de 14 mm de diàmetre i 2 m de longitud. Es clavaran a 0,5 m de profunditat i la separació entre piques serà de 3 m. Amb aquesta configuració la longitud de conductor des de la primera pica fins a l'última serà de 6 m, dimensió mínima que haurà d'haver disponible al terreny.

Els càlculs de la distància entre la posada a terra de protecció i la posada a terra de servei, així com l'elecció dels elèctrodes es troben desenvolupats a l'Annex A.

## 5.4 Camps electromagnètics

A l'apartat 4.7 de la ITC-RAT-14 s'especifiquen els límits màxims admissibles d'emissió de camps electromagnètics, establerts en el RD 1066/2021, que per una freqüència de 50 Hz són:

Paràmetre	Valor	Unitats
E	5	kV/m
H	80	A/m
B	100	μT

Taula 5. Límits màxims admissibles d'emissió de camps electromagnètics.

On:

E és el camp elèctric.



H és la intensitat de camp.

B és el camp magnètic.

Els resultats obtinguts a l'apartat D. Càlcul dels camps electromagnètics de l'annex són els que s'exposen a continuació.

CD 110453	E (kV/m)	H (A/m)	B ( $\mu\text{m}$ )
Paret Dreta	0,79	31,01	38,97
Paret Esquerra	0,46	2,08	2,62

Taula 6. Resultats d'emissió de camps electromagnètics. CD 110453.

CD 110455	E (kV/m)	H (A/m)	B ( $\mu\text{m}$ )
Paret Dreta	0,51	30,95	38,89
Paret Esquerra	2,81	14,74	18,52

Taula 7. Resultats d'emissió de camps electromagnètics. CD 110455.

CD 110457	E (kV/m)	H (A/m)	B ( $\mu\text{m}$ )
Paret Dreta	0,51	30,95	38,89
Paret Esquerra	2,81	14,74	18,52

Taula 8. Resultats d'emissió de camps electromagnètics. CD 110457.

CM 110459	E (kV/m)	H (A/m)	B ( $\mu\text{m}$ )
Paret Dreta	0,04	0,21	0,27
Paret Esquerra	1,21	3,2	4,02

Taula 9. Resultats d'emissió de camps electromagnètics. CD 110459.

Cap dels valors referents al camp electromagnètic supera els límits màxims admissibles establerts.

## 5.5 Característiques caseta

### 5.4.1. Accés al recinte

Els Centres de Distribució, per la seva instal·lació, serà del tipus obra civil prefabricat en superfície.

Per accedir al recinte hi haurà una porta d'accés de personal i maniobra i una altra per l'accés al transformador.

La il·luminació del recinte es fa mitjançant un interruptor maniobrable des de l'interior.

#### 5.4.2. Ventilacions

L'evacuació del calor generat a l'interior dels centres de distribució s'efectuarà segons el que indica la ITC-RAT-14, apartat 4.4. El sistema de ventilació serà natural.

El càlcul de la secció mínima de les reixes de ventilació es realitza a l'Annex, i es dimensionarà sempre per una potència de transformació de 1.000 kVA.

La superfície mínima de les reixes de ventilació calculada és de 0,87 m<sup>2</sup>. La instal·lació disposa de secció de reixes de 1,76 m<sup>2</sup> tant d'entrada d'aire com de sortida. A l'apartat B de l'Annex es troben els càlculs.

Així doncs, la ventilació inferior i superior existents en els tres CDs són suficients per contenir el transformador de 630 kVA i per una potència màxima admissible de 1.000 kVA.

#### 5.4.3. Insonorització i mesures anti vibracions

Amb l'objecte de limitar el soroll originat per les instal·lacions, aquestes es dimensionen i dissenyen de manera que els índex de soroll mesurats des de l'exterior de les instal·lacions s'ajustin a els nivells de qualitat acústiques establerts en el Reial Decret 1367/2007, de 19 d'octubre, pel que es desenvolupa la Llei 37/2003, de 17 de novembre, del Soroll, en referència a la zonificació acústica, objectius de qualitat i emissions acústiques. A més, es complirà amb el Codi Tècnic de l'Edificació, legislacions de les comunitats autònomes i ordenances municipals.

Pel que fa els nivells de soroll, el nivell màxim d'immissió a l'exterior permès, per l'activitat industrial en el polígon, tant per part de l'ordenança municipal com per el RD 1367/2007, és de 65 dB; excepte de les 23h fins les 7h que aquest límit és de 55 dB.

A l'apartat E. Càlcul immissió sonora s'hi troben els càlculs pertinents. Els resultats obtinguts es detallen a continuació.

L'índex de soroll màxim emès pel centre de distribució, suposant un transformador de 1.000 kVA, és de 64 dBA.

Tenint en compte l'aïllament acústic dels edificis prefabricats, s'obté:

CD 110453 (PFU5)

Element transmissor	Recinte receptor	Índex de soroll del CT (dbA)	Aïllament acústic (dbA)	Nivell d'immissió (dbA)
Façana principal	Exterior	64	29	35
Façana posterior	Exterior	64	26	38
Façana lateral dreta	Exterior	64	19	45
Façana lateral esquerra	Exterior	64	19	45
Sostre	Exterior	64	45	19

Taula 10. Resultats nivell d'immissió acústica. CD 110453.

CD 110455 i CD 110457 (ambdós PFU-4)

Element transmissor	Recinte receptor	Índex de soroll del CT (dbA)	Aïllament acústic (dbA)	Nivell d'immissió (dbA)
Façana principal	Exterior	64	25	39
Façana posterior	Exterior	64	24	40
Façana lateral dreta	Exterior	64	19	45
Façana lateral esquerra	Exterior	64	45	19
Sostre	Exterior	64	45	19

Taula 11. Resultats nivell d'immissió acústica. CD 110455 i 110457.

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

Pel que fa el CM 110459, donat que es tracta d'un centre de mesura i que la nostra instal·lació no disposa de cap transformador propi de la companyia, no es justifiquen els resultats d'immissió sonora donat que els transformadors es legalitzaran en altres

projectes de client i seran aquests projectes els que justificaran el nivell d'immissió sonora i/o de vibracions d'aquesta instal·lació.

Els nivells màxims d'immissió per vibracions a l'interior dels edificis seran els indicats a l'Annex 7 del Decret 176/2009 i a la taula C de l'Annex III del Reial Decret 1367/2007.

#### 5.3.4. Seguretat

Senyalització. En el local hi haurà una placa, en lloc visible, d'avertència sobre el risc elèctric i un altre amb instruccions pels primers auxilis en cas d'accident.

Proteccions personals. Per la realització de maniobres a l'interior del local es disposarà del material adequat de protecció personal: banqueta aïllant, i sistema de posada a terra dels elements en tensió.

Proteccions contra contactes elèctrics accidentals. Les estructures metàl·liques del centre estaran unides a la instal·lació de terra de protecció per tal d'aconseguir una superfície equipotencial. Amb aquest sistema, qualsevol que pugui accedir a un element que pugui quedar en tensió, de manera accidental, estarà sobre una superfície equipotencial i el contacte entre dos punts propers no presentarà diferències de potencial perjudicials per la salut humana.

## 6 LÍNIES DE MITJA TENSIÓ

S'ha previst la instal·lació doncs, de tres centres de distribució i un centre de mesura amb les noves línies de Mitja Tensió per tal d'alimentar els futurs subministraments de la zona.

### 6.1 Descripció del trams de les línies de Mitja Tensió

La instal·lació dissenyada es divideix en quatre trams descrits a continuació:

Tram 1: Nova línia subterrània en nivell de mitja tensió (25 kV) iniciarà el seu traçat en el CD existent 65943 i a l'empalmament amb la línia subterrània MT "Cimalsa 2" existent en puntes mortes. Dos circuits que aniran en canalització per terreny de domini públic i finalitzarà en el CD 110453 a instal·lar. La longitud de la nova estesa, de conductor AL240, serà de 484 m.

Tram 2: La nova línia subterrània de Mitja Tensió s'iniciarà en el CD 110453 i en el CD 65944 existent, anirà canalitzada per terreny de domini públic i finalitzarà en CD 110457 a instal·lar. Des del CD 110453 anirà un sol circuit de AL240 fins el nou CD 110457; per aprofitar sinèrgia entre rases, aquest recorregut el farà passant per davant del 65944 on a partir d'allà aniran dos circuits canalitzats de AL240 fins, com s'ha dit, el CD 110457. La longitud de la nova estesa de línia subterrània MT serà de 999 m.

Tram 3: La nova línia subterrània de Mitja Tensió s'iniciarà en el CD 110457, anirà canalitzada per terreny de domini públic, realitzarà entrada i sortida del nou CD 110455 a instal·lar. La longitud de la nova estesa de la línia subterrània serà de 280 m i d'un sol circuit amb conductor d'AL240.

Tram 4: La nova línia subterrània de Mitja Tensió s'iniciarà en el CD 110455, anirà canalitzada per terreny de domini públic i finalitzarà en CD 110453 a instal·lar, efectuant entrada i sortida al nou CM 110459. La longitud de la nova estesa de línia subterrània MT serà de 753 m i un circuit amb conductor 240AL.

El traçat de la nova línia subterrània s'efectuarà per zones que ofereixin rasants presents o futures que puguin romandre permanents.

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 línies d'alta tensió aprovat per el Reial Decret 223/2008, de 15 de febrer, publicat al B.O.E. 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 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 disposició dels cables.

Al llarg del recorregut de les línies, sobre el cable, es col·locaran elements que senyalitzin la presència dels conductors.

A l'execució dels treballs es compliran quantes condicions tècniques imposin els organismes afectats.

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 mm<sup>2</sup>, 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 subsol.

## **6.2 Intensitat de Mitja Tensió**

### **6.2.1 Intensitat màxima admissible**

La intensitat admissible dels conductors AL240 18/30 kV, segons la ITC-LAT-06, serà de 355,35 A.

La intensitat màxima que portaran els conductors serà, segons la càrrega prevista, 21,1047 A.

Si contemplem que finalment s'instal·len transformadors de 1.000 kVA, la intensitat màxima que portaran els conductors de Mitja Tensió serà de 69,28 A.

Per tant hi ha capacitat de sobres a la línia de Mitja Tensió per assumir la càrrega d'aquest sector de polígon.

### 6.2.2 Intensitat de curtcircuit

Els materials de Mitja Tensió instal·lats en els Centres de Distribució, són capaços de suportar les sol·licitacions degudes a les intensitats de curtcircuit i la duració del defecte:

Intensitat assignada de curta duració 1 s (límit tèrmic) (kA)	Valor de pic de la intensitat de curtcircuit admissible assignada (límit dinàmic) (kA)
20	50

Taula 12. Intensitats de curtcircuit admissibles.

Pels materials de Baixa tensió, es considerarà una intensitat de curtcircuit admissible (curta durada 1 s) no inferior a 25 kA.

### 6.3 Caiguda de tensió

Les caigudes de tensió tant en Mitja Tensió com en Baixa Tensió no poden tenir caigudes de tensió majors del 7% de la seva tensió nominal.

Per el tram 1 obtenim una caiguda de tensió del 0,224%, per al tram 2 una caiguda del 0,463%, en el tram 3, 0,129% i en el tram 4 la caiguda de tensió és del 0,349%. Tots els valors estan per sota del màxim permès. A l'apartat C.2. Càlcul caiguda de tensió de l'annex s'hi troben els càlculs pertinents.

### 6.4 Pèrdua de potència

Les pèrdues de potència conseqüència de l'efecte Joule no pot ser superior al 5%. Obtenim pel tram 1, unes pèrdues del 0,185%, en el tram 2, 0,383% , en el tram 3 0,107% i en el tram 4 0,288%. Valors suficientment baixos.

A l'annex C.3 Càlcul de pèrdua de potència s'hi troben els càlculs referents a la pèrdua de potència.



## **7 LÍNIA DE BAIXA TENSIO**

En aquest projecte només es dissenyarà la línia de Baixa Tensió per l'enllumenat públic. El corrent elèctric serà altern i trifàsic a 400 V i a freqüència de 50 Hz.

La previsió de càrrega per part del client per aquest subministrament és de 13,86 kW.

El conductor emprat serà Al240 mm<sup>2</sup> 0,6/1 kV i sortirà del CD 110455 fins una caixa de seccionament amb la seva caixa general de protecció. Aquesta darrera, a càrrec del sol·licitant.

### **7.1 Intensitat de Baixa Tensió**

La intensitat admissible pel conductor d'Alumini de 240 mm<sup>2</sup> de secció és de 305 A.

La intensitat de la càrrega a connectar és de 22,22 A, per tant el conductor pot assumir, a nivell d'intensitat, el subministrament.

### **7.2 Saturació del conductor**

A l'apartat D.1 de l'annex es desenvolupen els càlculs de la saturació del conductor de baixa tensió.

La saturació del conductor amb la càrrega de l'enllumenat públic és del 7,1 %; el conductor pot assumir-ho.

### **7.3 Caiguda de tensió**

A l'apartat D.2 de l'annex es desenvolupen els càlculs de la caiguda de tensió de la línia de baixa tensió.

La caiguda de tensió del conductor amb la càrrega de l'enllumenat públic és del 0,3%, per sota el màxim establert del 7% .

## **8 ORGANISMES AFECTATS**

Pel present projecte s'afecten béns o serveis que depenen dels Organismes, Corporacions Oficials i/o Empreses de Servei Públic.

Per l'obertura i reposició de la rasa pel pas de noves línies subterrànies MT de 25 kV i instal·lació dels nous Centres de Distribució prefabricats 110453, 110455 i 110457 i nou Centre de Mesura 110459 es veu afectat l'Ajuntament de El Far de l'Empordà.

## **9 PROPIETARIS AFECTATS**

Pel present Projecte s'afecten béns o serveis de titularitat particular de Cimalsa. L'afectació ve donada per la instal·lació dels nous Centres de Distribució 110453, 110455 i 110457 i el nou Centre de Mesura 110459.

## **10 RESUM DEL PRESSUPOST**

El pressupost té a causa del material a instal·lar corresponent als tres centres de distribució, la part corresponent del centre de mesura, l'estesa de Mitja Tensió, l'estesa de Baixa Tensió i el punt de subministrament de baixa tensió. L'import d'aquest projecte és de dos-cents trenta-tres mil sis-cents trenta-tres euros amb dinou cèntims, sense IVA.

## 11 CONCLUSIÓ

Per l'electrificació del polígon es proposa en aquest projecte la instal·lació de tres nous centres de distribució i un nou centre de mesura amb les conseqüents línies de transformació, així com un punt de baixa tensió per l'enllumenat públic del sector.

L'electrificació del sector del polígon CIMALSA del Far de Empordà compleix amb les prescripcions del Reglament de Línies d'Alta Tensió i el Reglament Electrotècnic per Baixa Tensió. També compleix amb els vigents reglaments:

Real Decret 337/2014, del 9 de Maig, sobre Condicions Tècniques i Garanties de Seguretat en Instal·lacions Elèctriques d'Alta Tensió i les seves Instruccions Tècniques Complementàries.

Real Decret 223/2008, de 15 de febrer, per el que s'aprova el Reglament sobre Condicions Tècniques i Garanties de Seguretat en Línies elèctriques d'Alta Tensió i les seves instruccions Tècniques Complementàries ITC-LAT 01 a 09.

Regulació de les Activitats de Transport, Distribució, Comercialització, Subministrament i Procediment d'Autorització d'Instal·lacions d'Energia elèctrica. Aprovat per Reial Decret 1955/2000, de 1 de desembre.

La instal·lació compleix, també, amb els criteris de saturació, caiguda de tensió, pèrdues de potència i d'intensitat; tant pels conductors com per els centres de distribució.

Alba Romero Torrodà

Graduat en Enginyeria Elèctrica

Girona, 6 de juny de 2022

## **12 RELACIÓ DE DOCUMENTS**

El projecte en qüestió està format pel conjunt de cinc documents: Memòria, Plànols, Plec de Condicions, Estat d'Amidaments i Pressupost.

### **13 BIBLIOGRAFIA**

ENDESA DISTRIBUCIÓN. Proyecto Tipo FYZ30000. Centro de Transformación CT Interior Prefabricado de Superficie. Edición 1ª – mayo 2019.

INGENIEROS EMETRES SL. Proyecto Tipo Línea Subterránea MT. Febrer 2021.

REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. 1ª Edició Mc Graw Hill. 6 de març 2012.

ORMAZÁBAL. Catálogos y documentación PFU, pfu gama basic ( <https://www.ormazabal.com/es/descargas/cat%C3%A1logos-y-documentaci%C3%B3n> , 10 de maig de 2022).

## 14 GLOSSARI

BT: Baixa Tensió.

CD: Centre de Distribució.

CGP: Caixa General de Protecció.

CS: Caixa de Seccionament.

CT: Centre de Transformació.

EP: Enllumenat Públic

ITC: Instrucció Tècnica Complementària.

IVA: Impost al valor afegit.

MT: Mitja Tensió.

PaT: Posada a Terra.

PFU4: Pre Fabricat Urbà 4.

PFU5: Pre Fabricat Urbà 5.

QBT: Quadre de Baixa Tensió.

RD: Reial Decret.

UNE: Una Norma Espanyola.

UNESA: Associació Espanyola de la Indústria Elèctrica.



## **A CÀLCUL INSTAL·LACIÓ DE TERRES**

### **A.1 Procediment a seguir en el disseny de la posada a terra**

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

Investigació de les característiques del terreny. (Mesura de la resistivitat del terreny mitjançant el procediment WENNER)

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

Disseny preliminar de la instal·lació.

Càlcul de la resistència del sistema de connexions a terra.

Càlcul de les tensions de pas i contacte en l'interior de la instal·lació.

Comprovar que les tensions de pas i de contacte calculades son inferiors als valor màxims definits en la ICT-RAT 13 apartat 1.1.

Investigació de l'existència de tensions transferibles a l'exterior.

Correcció i ajust del disseny inicial, establint el definitiu.

### **A.2 Paràmetres de càlcul**

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

Tensió de la xarxa: 25.000 V

Tipus de connexió a terra del Neutre (Per reactància de  $X_n = 25 \Omega$ )

No es considera la impedància de la línia de MT.

Nivell d'aïllament de la BT en el Centre de Transformació 1.000 V

Tensió màxima suportada per les instal·lacions connectades a la xarxa de BT 1.000 V.

Proteccions de la línia amb relés de corba d'actuació extremadament inversa (temps dependent) que garanteix la desaparició del defecte en un temps inferior a 0,6 segons.

Constant  $K' = 24$ .

Corba  $n' = 2$  (extremadament inversa).

Intensitat d'arrencada = 60 A.

Reconnexió automàtica: Sí.

### **A.3 Intensitat màxima de defecte**

La intensitat màxima de defecte es produirà 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:

$$I_{d(\text{màx})} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_n} \quad (\text{Eq.1})$$

### **A.4 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 o causes fortuïtes, com poden ser el 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 ( $I_d$ ) i tensió de defecte ( $U_d$ ) corresponents s'utilitzaran les següents expressions:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \quad (\text{Eq.2})$$

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

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

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} \quad (\text{Eq.4})$$

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 expressions següents:

$$R_t = K_r \cdot \rho \quad (\text{Eq.5})$$

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$U_d = I_d \cdot R_t \quad (\text{Eq.7})$$

## A.5 Terra de servei

Es connectaran a aquest sistema el neutre del transformador de potència i en cas d'haver-hi transformadors de tensió o 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  $\Omega$ , amb aquest criteri un defecte a terra a una instal·lació de baixa tensió protegida contra contactes indirectes per un interruptor diferencial de sensibilitat 650 mA, no ocasioni a l'elèctrode de posada a terra una tensió superior a 24 V.

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 calcula 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  $\Omega$  per a la resistència de posada a terra de servei:

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} = \frac{37}{\rho} \quad (\text{Eq.8})$$

## A.6 Tensions a l'exterior 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 en tensió en cas de defectes o avaria.

Al terra del Centre de Transformació hi haurà 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

$$U'_c = K_c \cdot \rho \cdot I_d \quad (\text{Eq.9})$$

Tensió de pas

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d \quad (\text{Eq.10})$$

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 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.7 Tensions a l'interior de la instal·lació

Al 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 o contacte excessives, aquestes es corregiran mitjançant la disposició d'una estora aïllant al terra del Centre o qualsevol altre mitjà que assegurï la no perillositat d'aquestes tensions.

## A.8 Càlcul dels valor màxims admissibles de les tensions

Els valors màxims admissibles de tensió de pas i contacte al Centre de Distribució venen donats per les expressions següents:

Tensió de contacte:

$$U'_c = U_{ca} \left[ 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B} \right] = U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{R_{a1} + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right] \quad (\text{Eq.11})$$

Tensió de pas:

$$U'_p = U_{pa} \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B} \right] = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{1000} \right] \quad (\text{Eq.12})$$

Tensió de pas d'accés:

$$U'_p = U_{pa} \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 2 \cdot R_{a2}}{2 \cdot Z_B} \right] = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho_s^*}{1000} \right] \quad (\text{Eq.13})$$

On

$U_{ca}$  és la tensió de contacte aplicada admissible (Figura 1, Taula 1 de la ITC-RAT 13).

$U_{pa}$  és la tensió de pas aplicada admissible ( $U_{pa} = 10 \cdot U_{ca}$ ).

$Z_B$  és la impedància del cos humà. Es considera un valor de 1.000  $\Omega$ .

$R_{a1}$  és la resistència addicional del calçat, de superfícies aïllants, etc. Es considera un valor de 2.000  $\Omega$ . Si es preveu la presència de persones descalces al voltant del centre, aquesta es considerarà nul·la.

$R_{a2}$  és la resistència a terra del punt de contacte amb el terreny d'un peu.  $R_{a2} = 3 \cdot \rho_s$ , essent  $\rho_s$  la resistivitat superficial aparent del terreny.

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 l'expressió següent:

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left[ \frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right] \quad (\text{Eq.14})$$

On:

$C_s$  és el coeficient reductor.

$h_s$  és el gruix de la capa superficial, en metres.

$\rho$  és la resistivitat del terreny natural.

$\rho^*$  és la resistivitat de la capa superficial.

Finalment queda:

$$\rho_o = \rho^* \cdot C_s = \rho^* \cdot \left\{ 1 - 0,106 \cdot \left[ \frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right] \right\} \quad (\text{Eq.15})$$

## A.9 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 de 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 1.000 V.

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

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot 1000 \cdot \pi} \quad (\text{Eq.15})$$

## A.10 Resultats

### A.10.1 CD 110453

#### Dades inicials

Paràmetres		Valors	Unitats
Tensió de servei ( $U_s$ )		25,00	kV
Resistència de posada a terra del neutre per $U_s$ ( $R_n$ )		0,00	$\Omega$
Reactància de posada a terra del neutre per $U_s$ ( $X_n$ )		25,00	$\Omega$
Nivell d'aïllament BT ( $V_{bt}$ )		10,00	kV
Desconnexió inicial			
Constants del relé			
	K'	24,00	
	N'	2,00	
	Intensitat d'arrencada ( $I'_a$ )	60,00	A
Reconnexió a menys de 0,5 segons (SÍ/NO)		SÍ	
Constants del relé			
	K'	24,00	
	N'	2,00	
	Intensitat d'arrencada ( $I'_a$ )	60,00	A
Mides del CT			
	Ample (a)	6,08	m
	Allargada (b)	2,38	m
Resistivitat del terreny natural ( $\rho$ )		126,00	$\Omega$
Resistivitat superficial interior CT ( $\rho^*$ )		3.000,00	$\Omega \cdot m$
Gruix de la capa superficial interior CT ( $h'_s$ )		0,56	m
Paràmetre		Valor	Unitats
Resistivitat de la capa superficial del terreny exterior CT ( $\rho^{**}$ )		3.000,00	$\Omega \cdot m$
Gruix de la capa superficial exterior CT ( $h'_s$ )		0,20	m
Es preveu la presència de persones descalces al voltant del centre? (SÍ/NO)		NO	
Resistència addicional del calçat ( $R_{a1}$ )		2.000,00	$\Omega$

Taula 13. Dades inicials per al càlcul de la PaT.

Aplicant les fórmules esmentades en aquest apartat es calculen els valors màxims, la durada de la falta i finalment s'efectua l'elecció de l'elèctrode de la posada a terra de protecció.



Paràmetre	Valor	Unitats
Tensió (U)	25,00	kV
Intensitat màxima de defecte ( $I_{dmàx}$ )	577,00	A
Resistència de posada a terra de protecció màxima ( $R_{tmàx}$ )	24,02	$\Omega$
Intensitat de defecte per $R_{tmàx}$ ( $I_{dr màx}$ )	416,00	A
Resistència de posada a terra de servei màxima ( $R_{nmàx}$ )	37,00	$\Omega$
$U_{ca}$	199,33	V
$U_{pa}$	1.993,00	V

Taula 14. Valors màxims.

## Durada de la falta

Paràmetre	Valor	Unitats
Desconnexió inicial		
Relé a temps independent ( $t'_1$ )	0,00	s
Relé a temps dependent ( $t'$ )	0,30	s
Reconnexió a menys de 0,5 segons (SÍ/NO)		SÍ
Relé a temps independent ( $t'_2$ )	0,00	s
Relé a temps dependent ( $t''$ )	0,30	s
Durada total de la falta (t)	0,60	s

Taula 15. Durada de la falta.

## Elecció de l'elèctrode de la PaT de protecció per la tensió de servei

Paràmetre	Valor	Unitats
Valor màxim del paràmetre $K_r$ ( $K_r$ )	0,1906	
Elèctrode escollit (UNESA)		
Paràmetre	Valor	Unitats
CODI	70-35/8/42	
$K_r$	0,0760	
$K_p$	0,0117	
$K_c$	0,0366	
Resistència de posada a terra ( $R_i$ )	9,5800	$\Omega$
Intensitat de defecte ( $I_d$ )	539,1500	A

Taula 16. Característiques de definició de l'elèctrode de PaT de protecció.

Així doncs, la posada a terra de protecció estarà constituïda per 4 piques formant un rectangle de 7 x 3,5 m unides per un conductor horitzontal de coure nu de 50 mm<sup>2</sup> de secció situades a l'interior del Centre de Transformació. Les piques seran de 14 mm de

diàmetre i de 2 m de longitud. Es clavaran a 0,8 m de profunditat i la separació entre piques serà la donada per la configuració.

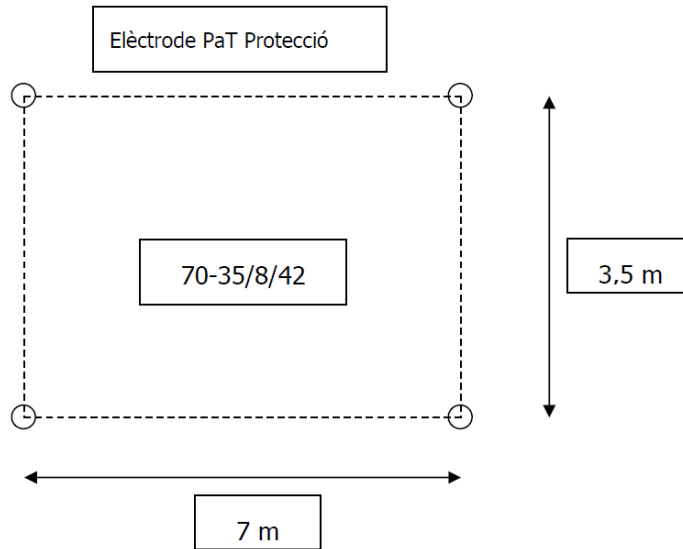


Figura 1. Disposició elèctrodes PaT Protecció.

Cal dir que es podran utilitzar altres configuracions sempre i quan els paràmetres  $K_r$ ,  $K_p$  i  $K_c$  de la nova configuració escollida siguin iguals o inferiors als indicats a la taula anterior.

Pel que fa l'elecció de l'elèctrode de la posta a terra de servei i la separació d'aquesta respecte de la posada a terra de protecció, també aplicant les expressions d'aquest apartat A. Càlcul instal·lacions de posada a terra, obtenim:

Elecció de l'elèctrode de la PaT de serveis i separació entre els sistemes de PaT

Paràmetre	Valor	Unitats
Valor màxim del paràmetre $K_{r\text{màx}}$	0,2937	
Codi Elèctrode escollit	5/42	
$K_r$	0,1040	
Resistència de posada a terra $R_n$	13,1000	$\Omega$
Separació entre sistemes de posada a terra $D$	10,8100	m

Taula 17. Característiques de definició de l'elèctrode PaT de servei.

El sistema de posada a terra de servei estarà constituït per 4 piques en fila, unides per un conductor horitzontal de coure nu de 50 mm<sup>2</sup> de secció, situades de forma paral·lela a l'accés al Centre de Transformació. Les piques seran de 14 mm de diàmetre i 2 m de longitud. Es clavaran a 0,5 m de profunditat i la separació entre piques serà de 3 m. Amb

aquesta configuració la longitud de conductor des de la primera pica fins a l'última serà de 9 m, dimensió mínima que haurà d'haver disponible al terreny.

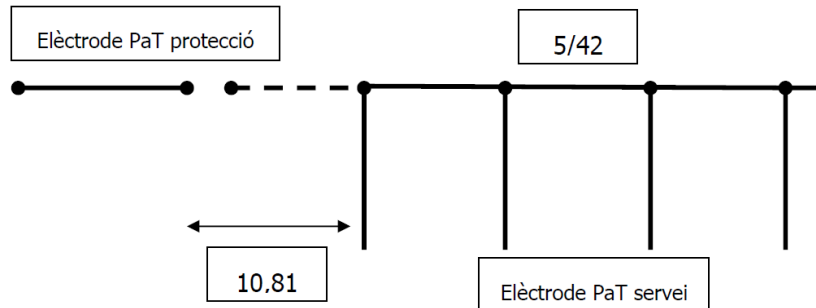


Figura 2. Disposició elèctrodes PaT de servei.

Cal dir que es podran utilitzar altres configuracions sempre i quan els paràmetres  $K_r$  i  $K_p$  de la nova configuració escollida siguin iguals o inferiors als indicats a la taula anterior.

#### A.10.2 CD 110455

##### Dades inicials

Paràmetres		Valors	Unitats
Tensió de servei ( $U_s$ )		25,00	kV
Resistència de posada a terra del neutre per $U_s$ ( $R_n$ )		0,00	$\Omega$
Reactància de posada a terra del neutre per $U_s$ ( $X_n$ )		25,00	$\Omega$
Nivell d'aïllament BT ( $V_{bt}$ )		10,00	kV
Desconnexió inicial			
Paràmetres		Valors	Unitats
Constants del relé			
	$K'$	24,00	
	$N'$	2,00	
	Intensitat d'arrencada ( $I'_a$ )	60,00	A
Reconnexió a menys de 0,5 segons (SÍ/NO)		SÍ	
Constants del relé			
	$K'$	-	
	$N'$	-	
	Intensitat d'arrencada ( $I'_a$ )	60,00	A
Mides del CT			
	Ample (a)	4,46	m
	Allargada (b)	2,38	m
Resistivitat del terreny natural ( $\rho$ )		126,00	$\Omega$

Taula 28. Dades inicials per al càlcul de la PaT.

Paràmetres	Valors	Unitats
Resistivitat superficial interior CT ( $\rho^*$ )	3.000,00	$\Omega \cdot m$
Gruix de la capa superficial interior CT ( $h'_s$ )	0,56	m
Resistivitat de la capa superficial del terreny exterior CT ( $\rho^*$ )	3.000,00	$\Omega \cdot m$
Gruix de la capa superficial exterior CT ( $h'_s$ )	0,20	m
Es preveu la presència de persones descalces al voltant del centre? (SÍ/NO)	NO	
Resistència addicional del calçat ( $R_{a1}$ )	2.000,00	$\Omega$

Taula 18. Dades inicials per al càlcul de la PaT.

## Valors màxims calculats

Paràmetre	Valor	Unitats
Tensió (U)	25,00	kV
Intensitat màxima de defecte ( $I_{dm\grave{a}x}$ )	404,00	A
Resistència de posada a terra de protecció màxima ( $R_{tm\grave{a}x}$ )	22,18	$\Omega$
Intensitat de defecte per $R_{tm\grave{a}x}$ ( $I_{dr\grave{a}m\grave{a}x}$ )	100,00	A
Resistència de posada a terra de servei màxima ( $R_{nm\grave{a}x}$ )	37,00	$\Omega$
$U_{ca}$	126,40	V
$U_{pa}$	1.264,00	V

Taula 19. Valors màxims.

## Durada de la falta

Paràmetre	Valor	Unitats
Desconnexió inicial		
Relé a temps independent ( $t'_1$ )	0,000	s
Relé a temps dependent ( $t'$ )	0,312	s
Reconnexió a menys de 0,5 segons (SÍ/NO)		SÍ
Relé a temps independent ( $t'_2$ )	0,000	s
Relé a temps dependent ( $t''$ )	0,312	s
Durada total de la falta (t)	0,624	s

Taula 20. Durada de la falta

## Elecció de l'elèctrode de la PaT de protecció

Paràmetre	Valor	Unitats
Valor màxim del paràmetre $K_r$	0,1910	
Codi Elèctrode escollit (UNESA)	50-35/8/42	
$K_r$	0,0860	

Taula 31. Característiques de definició de l'elèctrode de PaT de protecció.

Paràmetre	Valor	Unitats
$K_p$	0,0138	
$K_c$	0,0428	
Resistència de posada a terra ( $R_t$ )	10,8400	$\Omega$
Intensitat de defecte ( $I_d$ )	530,0000	A

Taula 21. Característiques de definició de l'elèctrode de PaT de protecció.

La posada a terra de protecció del CD 110455 estarà constituïda per 4 piques formant un rectangle de 5 x 3,5 m unides per un conductor horitzontal de coure nu de 50 mm<sup>2</sup> de secció situades a l'interior del Centre de Transformació. Les piques seran de 14 mm de diàmetre i de 2 m de longitud. Es clavaran a 0,8 m de profunditat i la separació entre piques serà la donada per la configuració.

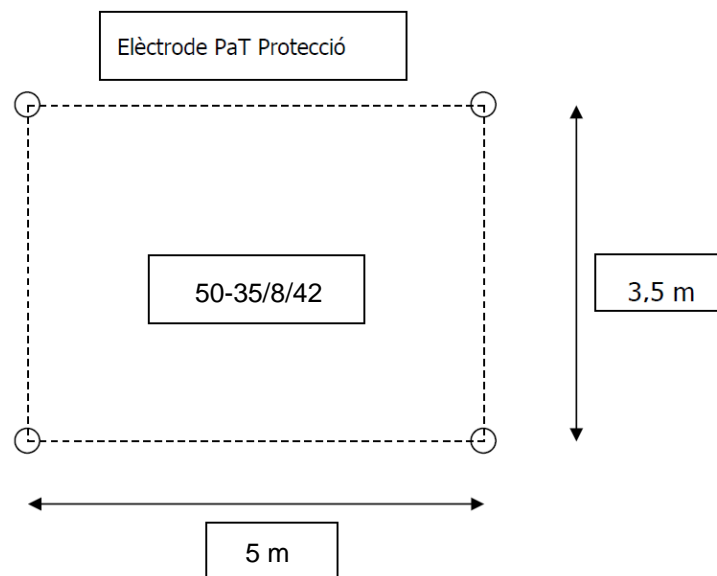


Figura 3. Disposició PaT de protecció.

Cal dir que es podran utilitzar altres configuracions sempre i quan els paràmetres  $K_r$ ,  $K_p$  i  $K_c$  de la nova configuració escollida siguin iguals o inferiors als indicats a la taula anterior.

Pel que fa l'elecció de l'elèctrode de la posta a terra de servei i la separació d'aquesta respecte de la posada a terra de protecció, també aplicant les expressions d'aquest apartat A. Càlcul instal·lacions de posada a terra, obtenim:

Elecció de l'elèctrode de la PaT de serveis i separació entre els sistemes de PaT.

Paràmetre	Valor	Unitats
Valor màxim del paràmetre $K_{rmax}$	0,294	
Codi Elèctrode escollit	5/42	
$K_r$	0,104	
Resistència de posada a terra $R_n$	13,104	$\Omega$
Separació entre sistemes de posada a terra D	10,620	m

Taula 22. Característiques de definició de l'elèctrode PaT de servei.

Estarà constituït per 4 piques en fila unides per un conductor horitzontal de coure nu de 50 mm<sup>2</sup> de secció situades de forma paral·lela a l'accés al Centre de Transformació. Les piques seran de 14 mm de diàmetre i 2 m de longitud. Es clavaran a 0,5 m de profunditat i la separació entre piques serà de 3 m. Amb aquesta configuració la longitud de conductor des de la primera pica fins a l'última serà de 6 m, dimensió mínima que haurà d'haver disponible al terreny.

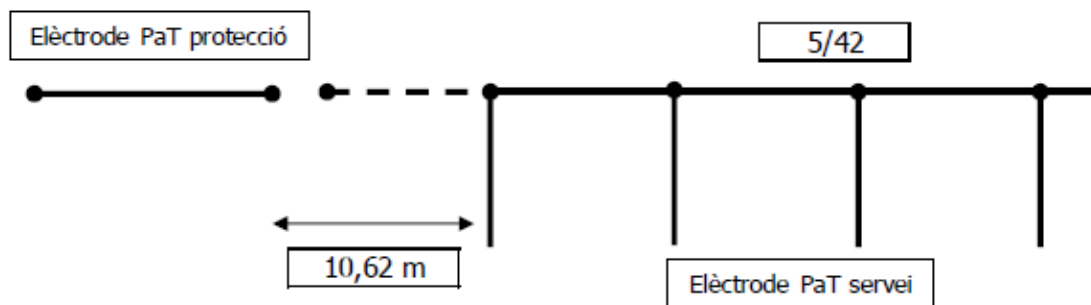


Figura 4. Disposició PaT de servei.

Cal dir que es podran utilitzar altres configuracions sempre i quan els paràmetres  $K_r$  i  $K_p$  de la nova configuració escollida siguin iguals o inferiors als indicats a la taula anterior.

#### A.10.3 CD110457

##### Dades inicials

Paràmetres	Valors	Unitats
Tensió de servei ( $U_s$ )	25,00	kV
Resistència de posada a terra del neutre per $U_s$ ( $R_n$ )	0,00	$\Omega$
Reactància de posada a terra del neutre per $U_s$ ( $X_n$ )	25,00	$\Omega$
Nivell d'aïllament BT ( $V_{bt}$ )	10,00	kV
Desconnexió inicial		
Constants del relé		

Taula 23. Dades inicials per al càlcul de la PaT.

Paràmetres		Valors	Unitats
	K'	24,00	
	N'	2,00	
	Intensitat d'arrencada ( $I'_a$ )	60,00	A
Reconnexió a menys de 0,5 segons (SÍ/NO)		SÍ	
Constants del relé			
	K'	-	
	N'	-	
	Intensitat d'arrencada ( $I'_a$ )	60,00	A
Mides del CT			
	Ample (a)	4,46	m
	Allargada (b)	2,38	m
Resistivitat del terreny natural ( $\rho$ )		126,00	$\Omega$
Resistivitat superficial interior CT ( $\rho^*$ )		3.000,00	$\Omega \cdot m$
Gruix de la capa superficial interior CT ( $h'_s$ )		0,56	m
Resistivitat de la capa superficial del terreny exterior CT ( $\rho'^*$ )		3.000,00	$\Omega \cdot m$
Gruix de la capa superficial exterior CT ( $h'_s$ )		0,20	m
Es preveu la presència de persones descalces al voltant del centre? (SÍ/NO)		NO	
Resistència addicional del calçat ( $R_{a1}$ )		2.000,00	$\Omega$

Taula 23. Dades inicials per al càlcul de la PaT.

## Valors màxims calculats

Paràmetre	Valor	Unitats
Tensió (U)	25,00	kV
Intensitat màxima de defecte ( $I_{dmàx}$ )	404,00	A
Resistència de posada a terra de protecció màxima ( $R_{tmàx}$ )	22,18	$\Omega$
Intensitat de defecte per $R_{tmàx}$ ( $I_{drmàx}$ )	100,00	A
Resistència de posada a terra de servei màxima ( $R_{nmàx}$ )	37,00	$\Omega$
$U_{ca}$	126,40	V
$U_{pa}$	1.264,00	V

Taula 24. Valors màxims.

## Durada de la falta

Paràmetre	Valor	Unitats
Desconnexió inicial		
	Relé a temps independent ( $t'_1$ )	0,000 s
	Relé a temps dependent ( $t'$ )	0,312 s
Reconnexió a menys de 0,5 segons (SÍ/NO)		SÍ
	Relé a temps independent ( $t'_2$ )	0,000 s
	Relé a temps dependent ( $t''$ )	0,312 s
Durada total de la falta (t)		0,624 s

Taula 25. Durada de la falta

## Elecció de l'elèctrode de la PaT de protecció

Paràmetre	Valor	Unitats
Valor màxim del paràmetre $K_r$ ( $K_{r\text{màx}}$ )	0,1910	
Codi Elèctrode escollit (UNESA)	50-35/8/42	
$K_r$	0,0860	
$K_p$	0,0138	
$K_c$	0,0428	
Resistència de posada a terra ( $R_t$ )	10,8400	$\Omega$
Intensitat de defecte ( $I_d$ )	530,0000	A

Taula 26. Característiques de definició de l'elèctrode de PaT de protecció.

La PaT estarà constituïda per 4 piques formant un rectangle de 5 x 3,5 m, unides per un conductor horitzontal de coure nu de 50 mm<sup>2</sup> de secció, situades a l'interior del Centre de Transformació. Les piques seran de 14 mm de diàmetre i de 2 m de longitud. Es clavaran a 0,8 m de profunditat i la separació entre piques serà la donada per la configuració.

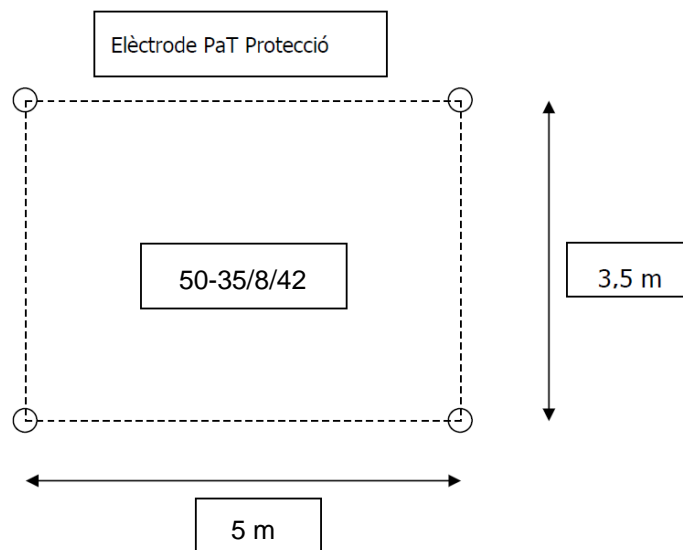


Figura 5. Disposició PaT de protecció.

Cal dir que es podran utilitzar altres configuracions sempre i quan els paràmetres  $K_r$ ,  $K_p$  i  $K_c$  de la nova configuració escollida siguin iguals o inferiors als indicats a la taula anterior.



Pel que fa l'elecció de l'elèctrode de la posta a terra de servei i la separació d'aquesta respecte de la posada a terra de protecció, també aplicant les expressions d'aquest apartat A. Càlcul instal·lacions de posada a terra, obtenim:

Elecció de l'elèctrode de la PaT de serveis i separació entre els sistemes de PaT

Paràmetre	Valor	Unitats
Valor màxim del paràmetre $K_{rmax}$	0,294	
Codi Elèctrode escollit	5/42	
$K_r$	0,104	
Resistència de posada a terra $R_n$	13,104	$\Omega$
Separació entre sistemes de posada a terra D	10,620	m

Taula 27. Característiques de definició de l'elèctrode PaT de servei.

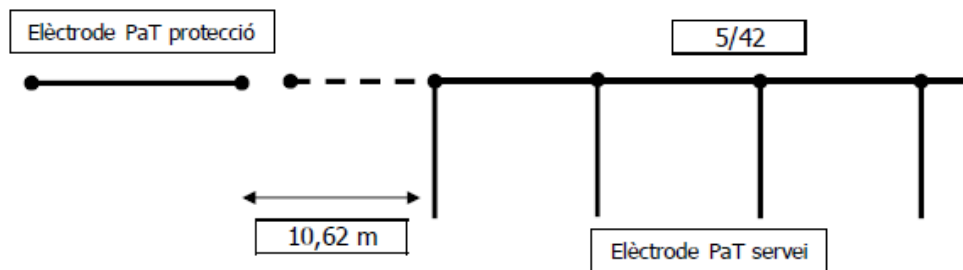


Figura 6. Disposició PaT de servei.

La posada a terra de servei del CD 110557 estarà constituïda per 4 piques en fila, unides per un conductor horitzontal de coure nu de  $50 \text{ mm}^2$  de secció, situades de forma paral·lela a l'accés al Centre de Transformació. Les piques seran de 14 mm de diàmetre i 2 m de longitud. Es clavaran a 0,5 m de profunditat i la separació entre piques serà de 3 m. Amb aquesta configuració la longitud de conductor des de la primera pica fins a l'última serà de 6 m, dimensió mínima que haurà d'haver disponible al terreny.

Cal dir que es podran utilitzar altres configuracions sempre i quan els paràmetres  $K_r$  i  $K_p$  de la nova configuració escollida siguin iguals o inferiors als indicats a la taula anterior.

## B CÀLCUL VENTILACIÓ DELS CENTRES DE DISTRIBUCIÓ

Per al càlcul de la secció de les reixes de ventilació s'utilitzarà l'expressió següent:

$$P=0,24 \cdot S \cdot \Gamma \cdot \sqrt{H} \cdot (t_i - t_e)^3 \quad (\text{Eq.16})$$

Essent:

P, la potència de les pèrdues del transformador (12,5 kW – Considerant TR màxim 1.000 kVA).

S, la superfície de la finestra d'entrada d'aire (m<sup>2</sup>).

$\Gamma$ , el coeficient de forma de les reixes de ventilació (es pren 0,4).

H, la distància en alçada entre centres geomètrics de les finestres de ventilació (m).

$t_i$ , la temperatura màxima admissible a l'interior del CD, 5°C (la temperatura màxima de l'oli en la part superior admesa per la norma UNE 20.101 és de 60°C).

$t_e$ , la temperatura mitja diària prevista a l'exterior del CD, 30°C.

Es suposa d'igual secció de les reixes d'entrada i sortida d'aire

En el nostre cas obtenim, per un transformador de 1.000 kVA (potència màxima de la instal·lació):

Paràmetre	Valor	Unitats
Potència pèrdues transformador	12,50	kW
Coeficient de forma de les reixes	0,40	
Distància en alçada centres geomètrics	1,42	m
Temperatura màxima admissible interior	55,00	°C
Temperatura mitja diària prevista exterior	30,00	°C
Superfície ventilació inferior i superior unitària necessària calculada	0,87	m <sup>2</sup>

Taula 28. Dades inicials per al càlcul de les ventilacions.

La instal·lació disposa de secció de reixes de:

Entrada d'aire fred (reixa inferior):  $1,76 \text{ m}^2 > 0,87 \text{ m}^2$

Sortida d'aire calent (reixa superior):  $1,76 \text{ m}^2 > 0,87 \text{ m}^2$

Així doncs, la ventilació inferior i superior existents en els tres CDs són suficients per contenir el transformador de 630 kVA i per una potència màxima admissible de 1.000 kVA.

## C CÀLCUL ELÈCTRIC DE LA LÍNIA SUBTERRÀNIA MT

El càlcul de la secció s'efectua tenint en compte: intensitat màxima admissible pels conductors, caiguda de tensió i seccions normalitzades. Es consideren els mateixos valors per als tres CDs i per al CM 110459.

### C.1 Intensitat màxima admissible

La potència màxima admissible que circularà per una línia serà:

$$P_{\text{aparent}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad (\text{Eq.17})$$

Els conductors de secció AL240 soterrats directament poden admetre una intensitat de 345 A, segons ITC-LAT-06, Taula 12. Aplicant un factor de correcció per agrupament d'1, segons la Taula 10 de la ITC- LAT-06, i un factor de correcció de 1,03 segons la Taula 11 de la ITC-LAT-06, per una fondària d'instal·lació de 0,80 m, la intensitat admissible final serà de 355,35 A.

$$P_{\text{aparent}} = \sqrt{3} \cdot 25 \cdot 355,35 = 15.387,11 \text{ kVA} \quad (\text{Eq.18})$$

La densitat de corrent per cadascun dels CDs serà:

$$D = \frac{I_{\text{adm}}}{S} = \frac{355,35}{240} = 1,48 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \quad (\text{Eq.19})$$

On:

D és la densitat de càrrega en A/mm<sup>2</sup>.

I<sub>adm</sub>, és la intensitat admissible del conductor en A.

S, la secció del conductor d'alumini 240, en mm<sup>2</sup>.

## C.2 Caiguda de tensió

La caiguda de tensió màxima permesa és del 7% de la tensió nominal de la xarxa i vindrà donada per l'expressió:

$$U_c = \frac{P \cdot L}{U} \cdot (R_{50} + X \cdot \operatorname{tg}(\varphi)) \text{ en valor absolut} \quad (\text{Eq.20})$$

$$U_c = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{50} + X \cdot \operatorname{tg}(\varphi)) \text{ en valor percentual} \quad (\text{Eq.21})$$

On

P, és la potència a transportar en kW

L, la longitud de la línia en km

U, és la tensió nominal de la línia en kV

$R_{50}$ , és la resistència del conductor en  $\Omega/\text{km}$  a 50 °C, inclòs l'efecte proximitat.

X, és la reactància de la línia en  $\Omega/\text{km}$ .

P és la potència activa a transportar en kW

$$P = P_{\text{aparent}} \cdot \cos(\varphi) = 13.848,4 \text{ kW} \quad (\text{Eq.22})$$

On  $\cos(\varphi)$  és de 0,9.

Pel que fa les dades del conductor AL240:

$R_{50}$  és 0,140  $\Omega/\text{km}$

X és 0,101  $\Omega/\text{km}$

### C.3 Pèrdua de potència

La pèrdua de potència màxima permesa és del 7% de la potència i ve determinada per les expressions següents:

$$P_p = \frac{P^2 \cdot L \cdot R_{50}}{U^2 \cdot \cos^2(\varphi)} \text{ en valor absolut} \quad (\text{Eq.23})$$

$$P_p = \frac{P^2 \cdot L \cdot R_{50}}{10 \cdot U^2 \cdot \cos^2(\varphi)} \text{ en valor percentual} \quad (\text{Eq.24})$$

On:

P és la potència a transportar en kW, calculada anteriorment.

L la longitud de la línia en km.

U, és la tensió nominal de la línia en kV.

$R_{50}$  és la resistència del conductor en  $\Omega/\text{km}$  a 50 °C, inclòs l'efecte proximitat.

X és la reactància de la línia en  $\Omega/\text{km}$ .

Pel que fa les dades del conductor AL240:

$R_{50}$  és 0,140  $\Omega/\text{km}$

X és 0,101  $\Omega/\text{km}$

Aquestes dades són comuns per als tres CDs.

### C.4 Resultats

Tram	Uc (V)	Uc (%)	Pp (kW)	Pp (%)
Tram 1	50,648	0,203	25,667	0,185
Tram 2	104,540	0,418	52,982	0,383
Tram 3	29,301	0,117	14,850	0,107
Tram 4	78,797	0,315	39,935	0,288

Taula 29. Resultats caigudes de tensió i pèrdues de potència.

Cap dels resultats, tant de caiguda de tensió com de pèrdua de potència, excedeixen el 7% màxim permès.

## D CÀLCUL DELS CAMPS ELECTROMAGNÈTICS

Tal i com s'estableix a l'apartat 4.7 de la ITC-RAT 14, cal verificar que en la proximitat del centre no es sobrepassen els límits màxims admissibles d'emissió de camps electromagnètics, establerts en el Real Decret 1066/2001, i que es mostren a la taula següent:

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m <sup>2</sup> )
0-1 Hz		$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	
3-150 kHz	87	5	6,25	
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2

Figura 7. Retall taula apartat 4.7 de la ITC-RAT 14

Per la freqüència de 50 Hz els valors límits són:

Paràmetre	Valor	Unitats
E	5.000	V/m
H	80	A/m
B	100	μm

Taula 30. Límits admissibles d'emissió de camps electromagnètics per una freqüència de 50 Hz .

El valor del camp magnètic en un punt ( $x_i, y_i$ ) situat a una distància  $r$  d'un conductor rectilini infinit pel qual circula un corrent d'intensitat  $i$ , es determina mitjançant l'expressió:

$$B = \mu_0 \cdot H = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (\text{Eq.25})$$

On:



$B$  és el camp magnètic en  $\mu T$ .

$r$  és la distància del punt al conductor en m.

$i$  és la intensitat del corrent que circula pel conductor en A.

$\mu_0$  és la permeabilitat magnètica en el buit  $\mu T \cdot m/A$ .

La direcció del camp magnètic,  $B$ , en el punt  $p(x_i, y_i)$ , és perpendicular a la línia que uneix el conductor i el punt, segons es mostra a la figura:

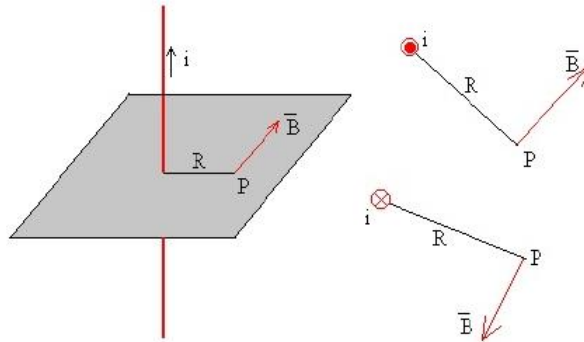


Figura 8. Direcció del camp magnètic,  $B$ .

Per a determinar el sentit del vector del camp magnètic es tindrà en compte la regla de la mà dreta.

El camp magnètic creat en un punt per varis cables, serà la suma vectorial del camp creat per cada conductor independentment.

Donat que la intensitat de cada fase varia amb el temps segons l'expressió següent:

$$i = I \cdot \sin(\omega t + \psi) \quad (\text{Eq.26})$$

Es tindrà en compte, per al càlcul del camp magnètic de cada fase, el valor de la intensitat en un instant determinat  $t$ , l'angle de desfasament enter les intensitats de sistema trifàsic  $\phi$ , i el desfasament entre les intensitats de MT i BT provocat pel grup de connexió del transformador.

El valor del camp magnètic, B, s'expressarà en valor eficaç (RMS), que és el valor quadràtic mitjà d'un cicle.

El camp magnètic creat pel transformador varia amb el quadrat de la distància. Així, per determinar el valor del camp en un punt  $p(x_i, y_i)$ , situat a una distància  $r$  del transformador, s'utilitzarà l'expressió:

$$B_{pi} = \frac{B_0}{r^2} \quad (\text{Eq.27})$$

On  $B_0$  és el camp provocat pel transformador a 1 m de distància en  $\mu\text{T}$ .

$r$  és la distància del punt al transformador.

$B_{pi}$  és el camp en el punt en  $\mu\text{T}$ .

La direcció del camp magnètic, B, en el punt  $p(x_i, y_i)$ , és perpendicular a la línia que uneix el transformador i el punt, i es sumarà vectorialment al camp creat pels conductors.

El valor de camp elèctric en un punt  $p(x_i, y_i)$  situat a una distància  $r$  d'un conductor es calcula per l'expressió:

$$E = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \frac{q}{r} \quad (\text{Eq.28})$$

On:

E és el camp elèctric en V/m

$r$  és la distància del punt al conductor

$q$  és la densitat de càrrega superficial del conductor en C

$\epsilon$  és la capacitat específica d'inducció de l'aire en  $\text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$

La densitat de càrrega superficial del conductor es determina per l'expressió:

$$q=C' \cdot U \quad (\text{Eq.29})$$

On

$C'$  és la capacitat per unitat de longitud del conductor en F/m.

$U$  és la tensió entre conductors en V.

La capacitat lineal del conductor, considerant que hi ha aire com a dielèctric es determina per l'expressió:

$$C' = \pi \cdot \epsilon \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{RMG}{r_{eq}}\right)} \quad (\text{Eq.30})$$

On:

$RMG$  és la distància geomètrica entre conductors de fase (m).

$r_{eq}$  és el radi equivalent dels conductors de fase, per un conductor per fase és igual al radi d'un conductor (m).

La direcció del camp elèctric,  $E$ , en el punt  $p(x_i, y_i)$ , és la mateixa que la de la línia que uneix el conductor i el punt, segons es mostra en la figura següent:

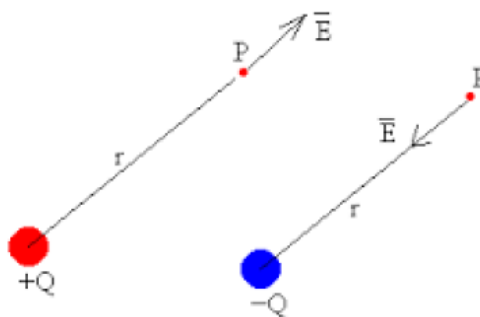


Figura 9. Direcció del camp elèctric,  $E$ .

Per determinar el sentit del vector del camp elèctric es tindrà en compte el signe de la càrrega superficial del conductor.

El camp elèctric creat en un punt per varis cables, serà la suma vectorial del camp creat per cada conductor independentment.

Donat que la tensió de cada fase varia amb el temps segons la següent expressió:

$$u=U \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) \quad (\text{Eq.31})$$

Es tindrà en compte, per al càlcul del camp elèctric de cada fase, el valor de la tensió en un instant determinat t, l'angle de desfasament entre tensions del sistema trifàsic  $\varphi$ , i el desfasament entre tensions de MT i BT provocat pel grup de connexió del transformador.

El valor del camp magnètic, E, s'expressarà en valor eficaç (RMS), que és el valor quadràtic mitjà d'un cicle.

## D.1 Resultats

### D.1.1 CD 110453

Dades inicials:

Paràmetre	Valor	Unitats
Potència màxima transformador	1.000,00	kVA
Núm. cables pont BT	4,00	
U primari	25,00	kV
U secundari	0,40	kV
I primari	23,09	A
I secundari x circui	288,68	A
Grup connexió	Dyn 11	
Desfasament primari/secundari	330,00	°
I MT entrada	345,00	A
I MT sortida	322,00	A

Taula 31. Dades inicials per als càlculs electromagnètics.

Geometria de la secció A-A' d'estudi; mesures secció del CT:

Paràmetre	Valor	Unitats
Gruix parets	0,08	m
Gruix sostre	0,08	m
Amplada (X)	5,90	m
Altura (Y)	3,15	m

Taula 32. Dimensions PFU5.

Resultats obtinguts secció A-A'

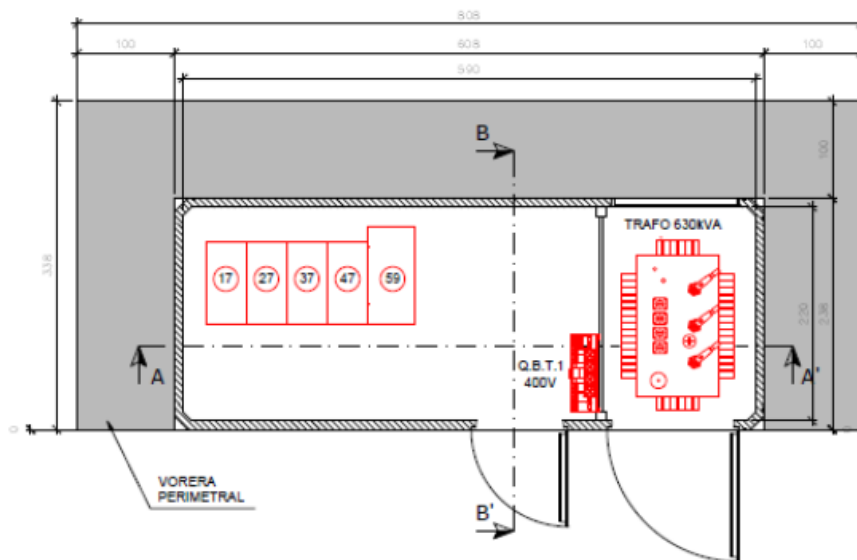
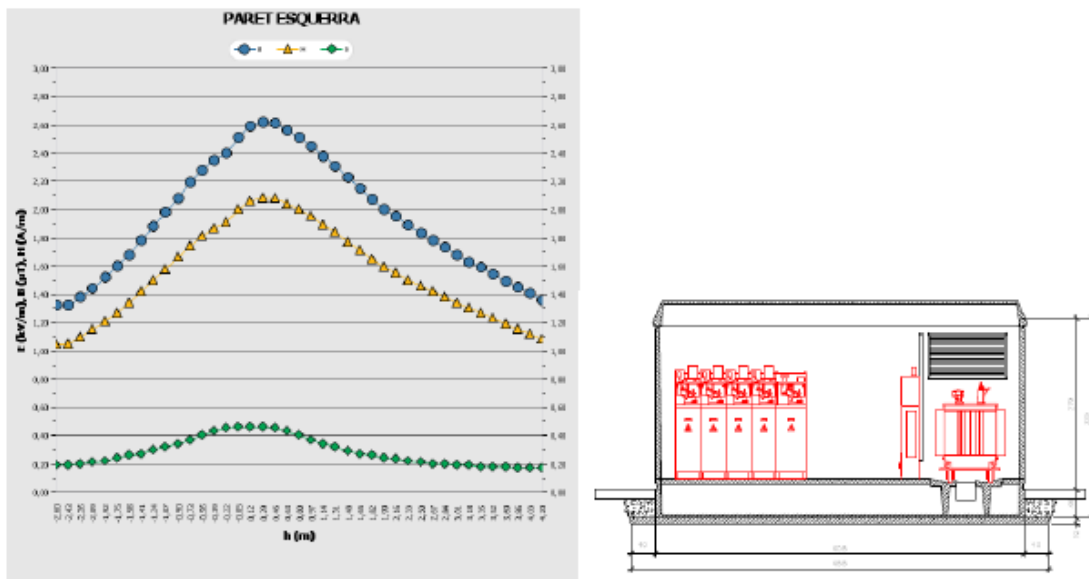


Figura 10. Planta PFU5.

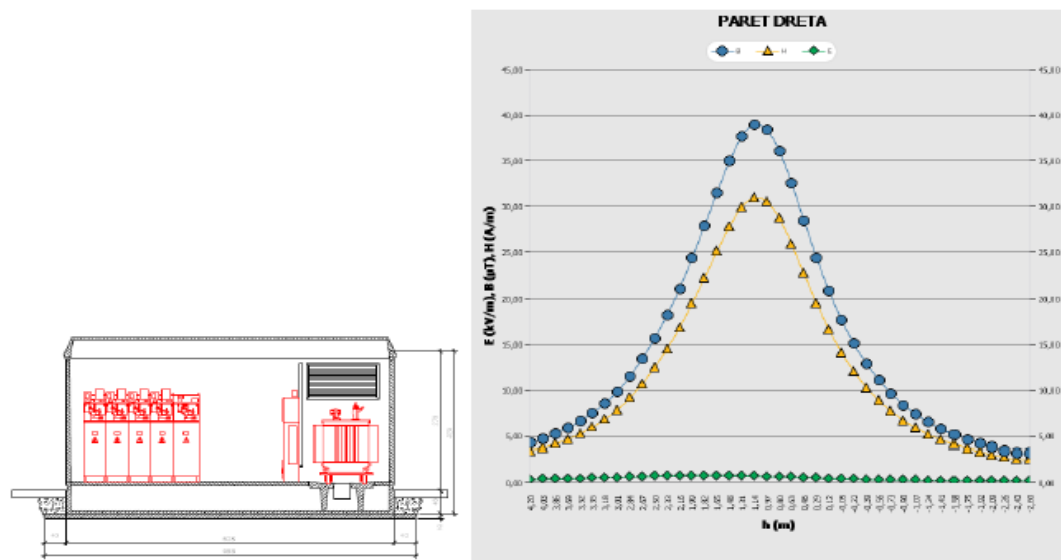
### Paret esquerra



Valors RMS màxims		
B	2,62	$\mu$ T
H	2,08	A/m
E	0,46	kV/m

Figura 11. Retall programa FilmMaker. Resultats electromagnètics paret esquerra.

### Paret dreta



Valors RMS màxims		
B	38,97	$\mu$ T
H	31,01	A/m
E	0,79	kV/m

Figura 12. Retall programa FilmMaker. Resultats electromagnètics paret dreta.

## D.1.2 CD 110455

## Dades inicials

Paràmetre	Valor	Unitats
Potència màxima transformador	1.000,00	kVA
Núm. cables pont BT	4,00	
U primari	25,00	kV
U secundari	0,40	kV
I primari	23,09	A
I secundari per circuit	288,68	A
Grup connexió	Dyn 11	
Desfasament primari/secundari	330,00	°
I MT entrada	345,00	A
I MT sortida	322,00	A

Taula 33. Dades inicials per als càlculs electromagnètics.

## Geometria de la secció d'estudi

Paràmetre	Valor	Unitats
Gruix parets	0,08	m
Gruix sostre	0,08	m
Amplada (X)	4,28	m
Altura (Y)	3,12	m

Taula 34. Dimensions PFU4.

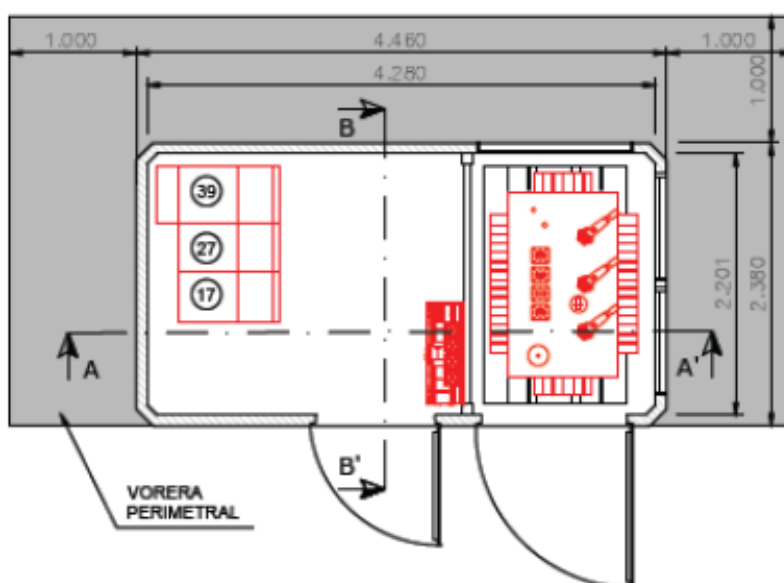


Figura 13. Planta PFU4.

Resultats

Paret esquerra

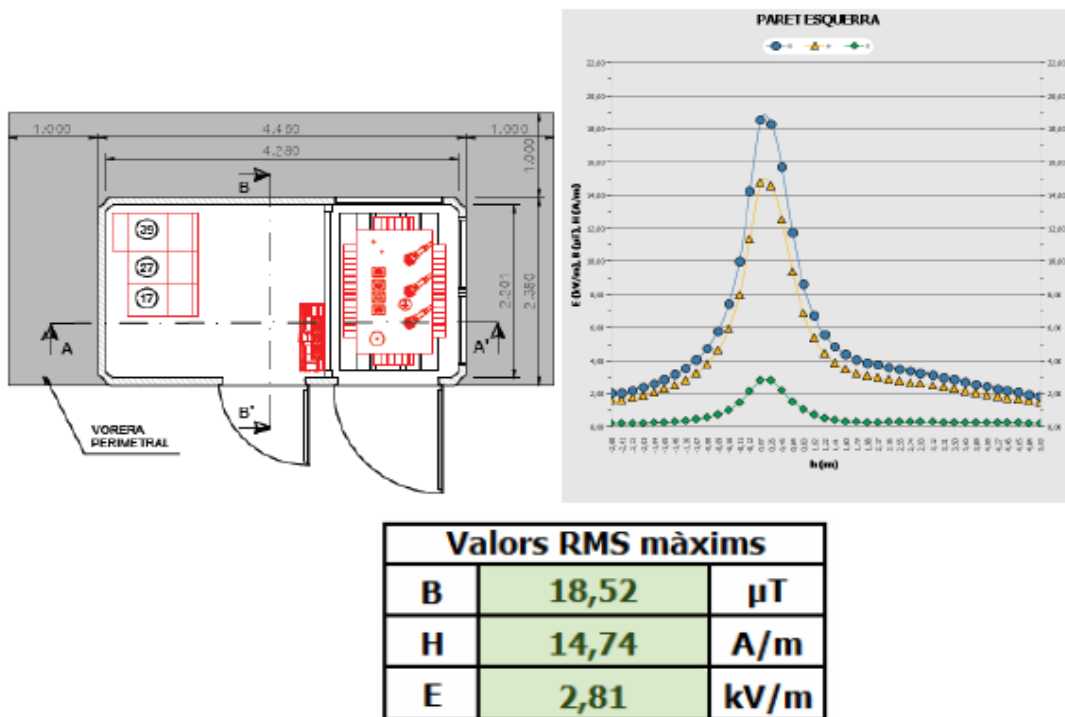


Figura 14. Retall programa FilmMaker. Resultats electromagnètics paret esquerra.

Paret dreta

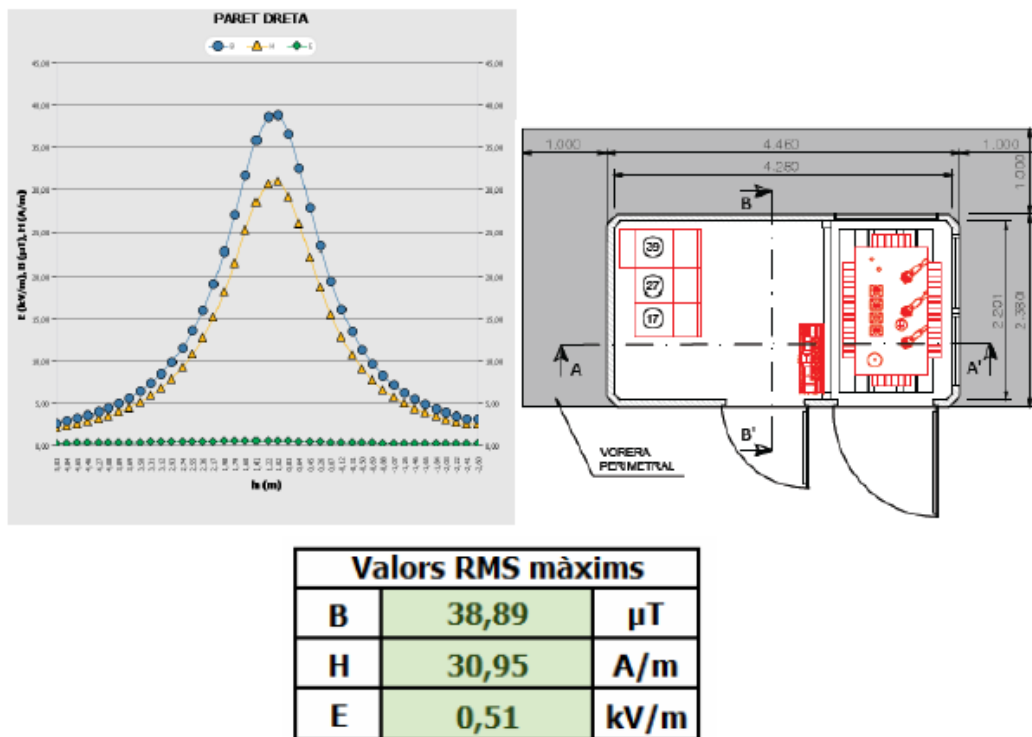


Figura 15. Retall programa FilmMaker. Resultats electromagnètics paret dreta.



## D.1.3 CD 110457

## Dades inicials

Paràmetre	Valor	Unitats
Potència màxima transformador	1.000,00	kVA
Núm. cables pont BT	4,00	
U primari	25,00	kV
U secundari	0,40	kV
I primari	23,09	A
I secundari per circuit	288,68	A
Grup connexió	Dyn 11	
Desfasament primari/secundari	330,00	°
I MT entrada	345,00	A
I MT sortida	322,00	A

Taula 35. Dades inicials per als càlculs electromagnètics.

## Geometria de la secció d'estudi.

Paràmetre	Valor	Unitats
Gruix parets	0,08	m
Gruix sostre	0,08	m
Amplada (X)	4,28	m
Altura (Y)	3,12	m

Taula 36. Dimensions PFU4.

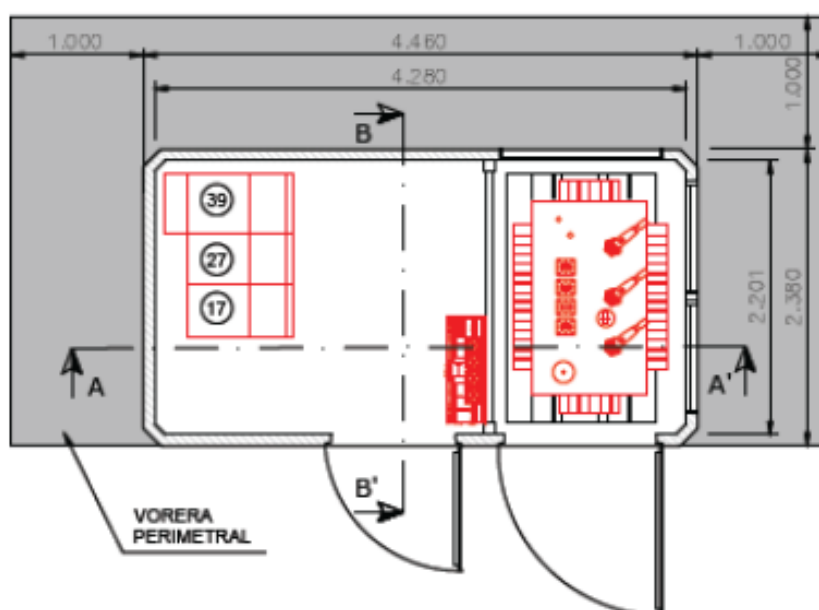


Figura 16. Planta PFU4.

Resultats

Paret esquerra

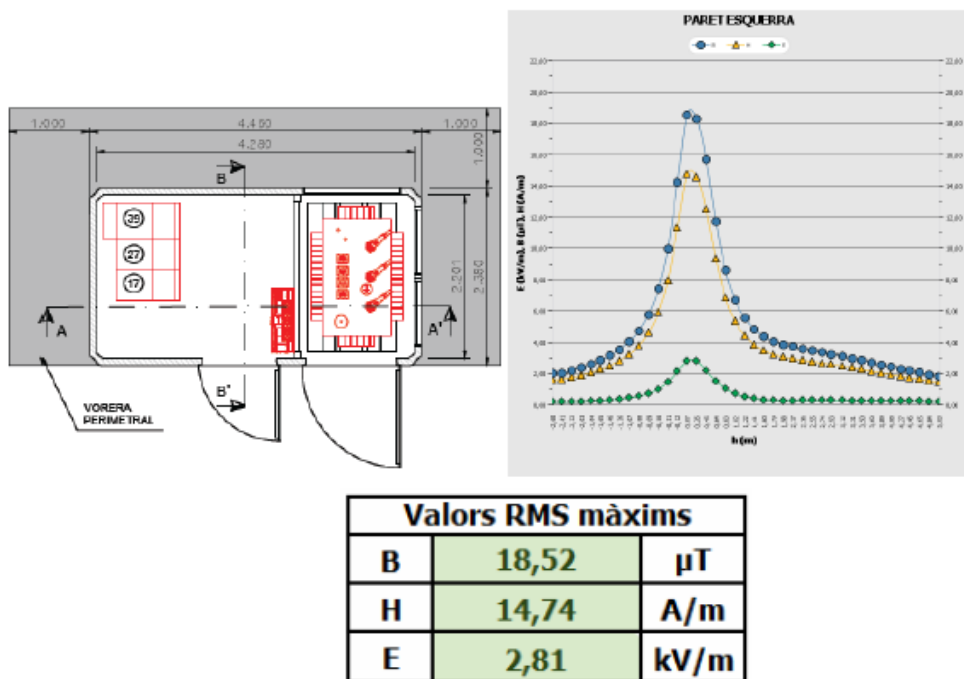


Figura 17. Retall programa FilmMaker. Resultats electromagnètics paret esquerra.

Paret dreta

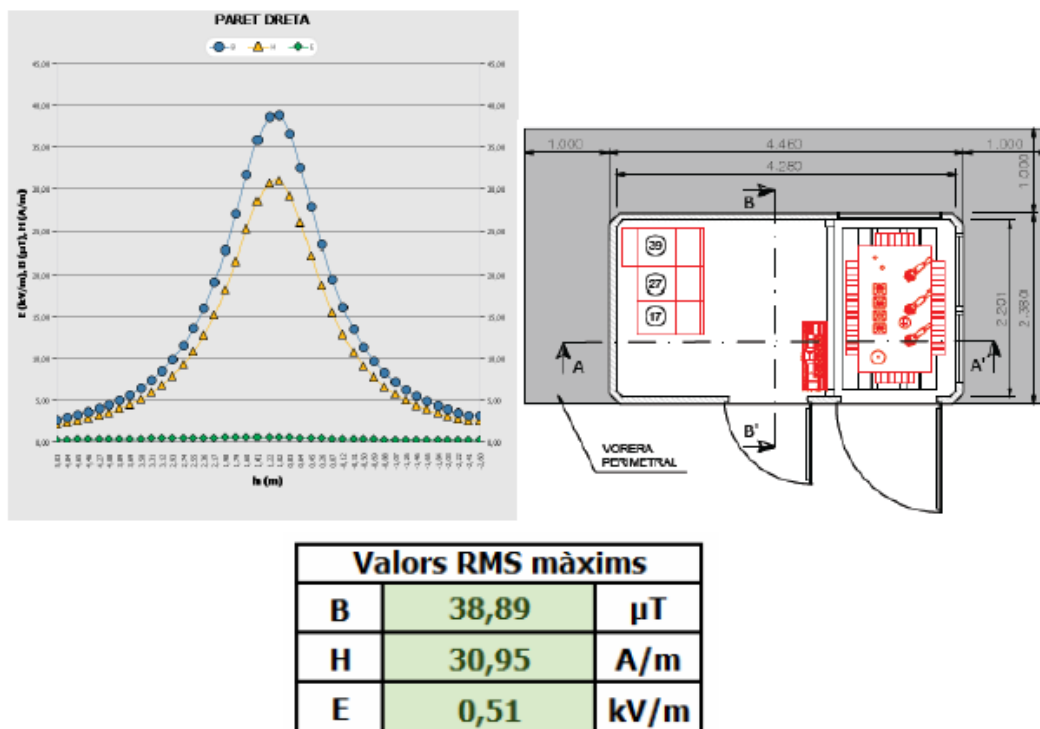


Figura 18. Retall programa FilmMaker. Resultats electromagnètics paret dreta.

## D.1.4 CM 110459

## Dades inicials

Paràmetre	Valor	Unitats
Potència màxima trafo	-	kVA
Núm. cables pont BT	-	
U primari	25,00	kV
U secundari	-	kV
I primari	11,58	A
I secundari x circuit	-	A
Grup connexió	-	
Desfasament primari/secundari	-	°
I MT entrada	345,00	A
I MT sortida	280,00	A

Taula 37. Dades inicials per als càlculs electromagnètics.

## Geometria de la secció d'estudi

Paràmetre	Valor	Unitats
Gruix parets	0,30	m
Gruix sostre	0,30	m
Amplada (X)	4,46	m
Altura (Y)	3,25	m

Taula 38. Dimensions PFU5.

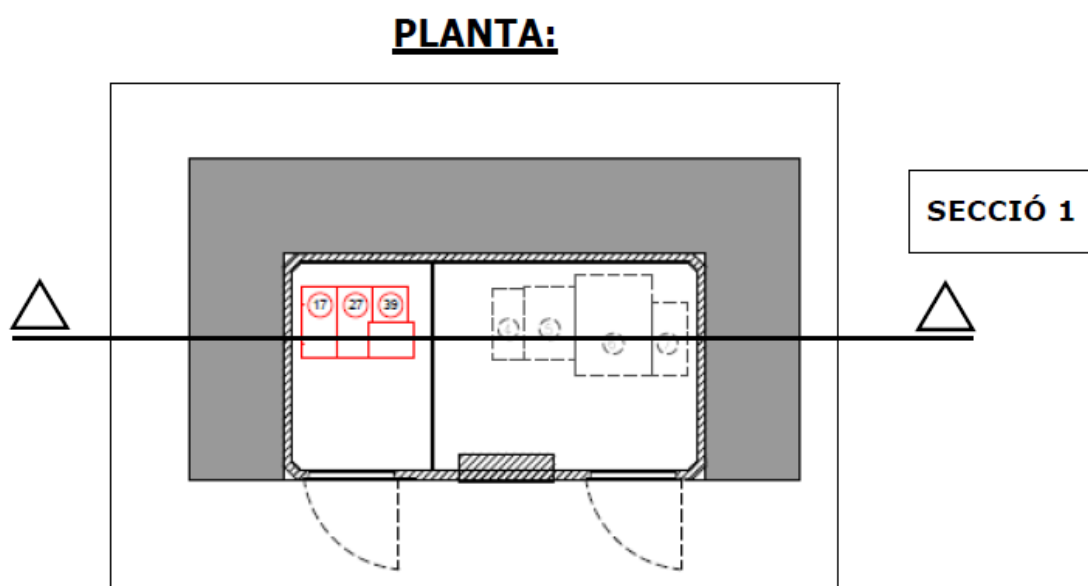
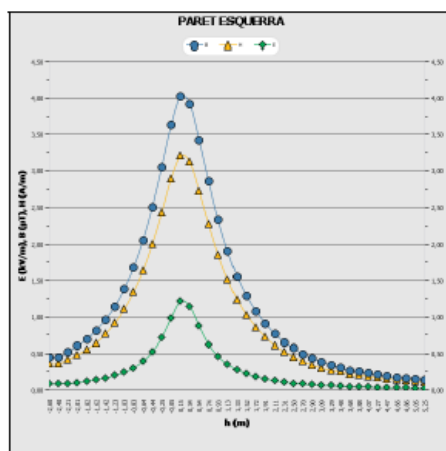


Figura 19. Planta PFU5, CM.

Resultats

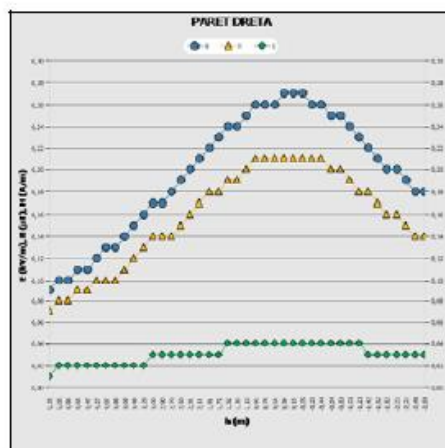
**Paret esquerra:**



Valors RMS màxims		
B	4,02	µT
H	3,20	A/m
E	1,21	kV/m

Figura 20. Retall programa FilmMaker. Resultats electromagnètics paret esquerra.

**Paret dreta:**



Valors RMS màxims		
B	0,27	µT
H	0,21	A/m
E	0,04	kV/m

Figura 21. Retall programa FilmMaker. Resultats electromagnètics paret dreta.

En cap cas es superen els nivells màxims establerts en el Real Decret 1066/2001 per a la freqüència de 50 Hz.

## **E CÀLCUL DEL NIVELL D'IMMISIÓ SONORA**

### **E.1 Descripció de l'activitat**

L'activitat desenvolupada és la de centre de transformació BT/MT, sense presència de personal (només de forma ocasional) i amb funcionament les 24 hores del dia i 365 dies l'any.

### **E.2 Descripció del local**

El local estarà situat en un edifici aïllat prefabricat 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 per cada transformador.

El CD 110453 és de planta rectangular de mides lliures interiors 5,90 m d'amplada i 2,20 de fondària, i una alçada lliure de 2,78 m. Els CDs 110455 i 110457 són de planta rectangular de mides lliures interiors 4,28 m d'amplada i 2,20 de fondària, i una alçada lliure de 2,78 m. Per al CM 110459, pel que fa només a la part de companyia, el local és de planta rectangular de mides lliures interiors de 1,60 m d'amplada i 2,38 m de fondària i una alçada lliure de 2,79 m.

Tots els tancaments són de formigó armat vibrat de 8 cm amb un acabat de pintura acrílica rugosa.

### **E.3 Caracterització de l'entorn**

En quant l'entorn exterior, el local es situa en una zona residencial, al carrer sense nom dins el PMU-8 dins del terme municipal de Far d'Empordà.

El local del Centre de Transformació no confronta, en cap cas, amb cap local, doncs està ubicat en un edifici aïllat.

#### E.4 Nivells màxims permesos d'immissió

Els nivells màxims d'immissió sonora a l'exterior seran els indicats a l'Annex 3 del Decret 176/2009 i a la taula B1 de l'Annex III del Reial Decret 1367/2007.

Els nivells màxims d'immissió sonora als locals seran els indicats a l'Annex 4 del Decret 176/2009 i a la taula B2 de l'Annex III del Reial Decret 1367/2007.

Els nivells màxims d'immissió per vibració a l'interior dels edificis seran els indicats a l'Annex 7 del Decret 176/2009 i a la taula C de l'Annex III del Reial Decret 1367/2007.

#### E.5 Nivells mínims d'aïllament acústic dels tancaments

No li és d'aplicació el DB-HR i per tant no es consideren exigències d'aïllament acústic a soroll aeri,  $D_{nT,A}$ , dels elements constructius del Centre de Transformació.

#### E.6 Índex de soroll

La principal font de soroll i vibracions del centre de transformació és el transformador. Els nivells de pressió sonora màxims que es poden donar són els indicats a la norma UNE-EN 60076-10, i que figuren en la següent taula:

Potència del transformador (kVA)	Nivell de pressió sonora $L_{pa}$ (dbA)
0 - 50	48
51 - 100	51
101 - 300	55
301 -500	56
501 - 800	57
800 - 1.000	58

Taula 39. Nivell pressió sonora.

El soroll produït pel transformador té components tonals emergents i components de baixa freqüència.

Líndex de soroll  $L_{K_{eq,T}}$ , és el nivell de pressió acústica continua equivalent ponderada A, ( $L_{A_{eq,T}}$ ), corregit per la presència de components tonals emergents, components de baixa freqüència i per components impulsius, segons l'expressió següent:

$$L_{K_{eq,T}} = L_{A_{eq,T}} + K_t + K_f + K_i \quad (\text{Eq.32})$$

On

$K_t$ , 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 d'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  $K_t = 6\text{dBA}$ .

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  $K_f$  és zero.

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

## E.7 Nivells màxims permesos d'immissió

A l'exterior:

Ús predominant	Valors límit d'immissió (dBA)					
	D 176/2009			RD 1367/2007		
	$L_d$ (7h-21h)	$L_e$ (21h-23h)	$L_n$ (23h-7h)	$L_{K,d}$	$L_{K,e}$	$L_{K,n}$
Ús industrial	65	65	55	65	65	55

Taula 40. Valors límit d'immissió.

## E.8 Nivells mínims d'aïllament acústic dels tancaments

L'índex global de reducció acústica de les façanes (elements mixtes) es calcula per l'expressió;

$$R_{m,A} = -10 \cdot \log \left( \sum_{j=t}^n \frac{S_j}{S} \cdot 10^{-\frac{R_{t,A}}{10}} \right) \quad (\text{Eq.33})$$

Essent:

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

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

S àrea total de l'element constructiu mixt.

$S_i$  àrea de l'element i.

A continuació els resultats.

## E.9 Resultats

### E.9.1 Aïllament acústic

Tenint en compte l'índex global de reducció acústica dels elements:

Parets: formades per un panell de formigó armat vibrat de 8cm de gruix amb acabat pintat acrílic rugós, el  $R_A$  és de 44 dBA.

Portes: de xapa, amb una reixa de ventilació a la part inferior, el  $R_A$  és de 25 dBA.

Reixes de ventilació superior: 15 dBA.



Obtenim, per al CD 110453, que és un PFU5, l'índex d'aïllament acústic dels seus elements mixtes:

Situació	Element	Superfície (m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>m,a</sub> (dBA)	
Façana Principal	Parets	12,18	18,9	44	29
	Porta	6,72		25	
Façana lateral dreta	Parets	4,92	7,8	44	19
	Porta	2,88		15	
Façana lateral esquerra	Parets	4,92	7,8	44	19
	Porta	2,88		15	
Façana posterior	Parets	17,46	18,9	44	26
	Porta	1,44		15	

Taula 41. Índex d'aïllament acústic elements mixtes PFU5.

Per als CDs 110455 i 110457, PFU4, l'aïllament acústic dels elements:

Parets: formades per un panell de formigó armat vibrat de 8cm de gruix amb acabat pintat acrílic rugós, el R<sub>A</sub> és de 46 dBA.

Portes: de xapa, amb una reixa de ventilació a la part inferior, el R<sub>A</sub> és de 26 dBA.

Reixes de ventilació superior: 15 dBA.

L'índex global de reducció acústica dels elements mixtes és doncs:

Situació	Element	Superfície	RA (dBA)	R <sub>m,a</sub> (dBA)	
Façana Principal	Parets	7,94	13,52	46	25
	Porta	5,28		26	
	Reixa ventilació	0,72		15	
Façana lateral dreta	Parets	4,92	7,80	44	19
	Porta	2,88		15	
Façana lateral esquerra	Parets	4,92	7,80	44	19
	Porta	2,88		15	
Façana posterior	Parets	12,08	13,52	44	24
	Porta	1,44		15	

Taula 42. Índex d'aïllament acústic elements mixtes PFU4.

## E.9.2 Índex de soroll i nivells d'immissió

Els índex de soroll emesos pel centre de distribució 110453

Element transmissor	Recinte receptor	Índex de soroll del CT (dbA)	Aïllament acústic (dbA)	Nivell d'immissió (dbA)
Façana principal	Exterior	64	29	35
Façana posterior	Exterior	64	26	38
Façana lateral dreta	Exterior	64	19	45
Façana lateral esquerra	Exterior	64	19	45
Sostre	Exterior	64	45	19

Taula 43. Nivell d'immissió PFU5.

Els índex de soroll emesos pels centres de distribució 110455 i 110457 seran:

Element transmissor	Recinte receptor	Índex de soroll del CT (dbA)	Aïllament acústic (dbA)	Nivell d'immissió (dbA)
Façana principal	Exterior	64	25	39
Façana posterior	Exterior	64	24	40
Façana lateral dreta	Exterior	64	19	45
Façana lateral esquerra	Exterior	64	45	19
Sostre	Exterior	64	45	19

Taula 43. Nivell d'immissió PFU4.

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