

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Elèctrica

Títol: Centres de transformació per centre comercial

Document: 1. Memòria

Alumne: Francisco Velasco Yañez

Tutor: Josep Xargayo Bassets

Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

Àrea: Enginyeria de Sistemes i Automàtica

Convocatòria (mes/any): febrer/2016

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	4
1.1. Antecedents	4
1.2. Objecte.....	4
1.3. Abast.....	4
2. PREVISIÓ DE CÀRREGA	5
3. LÍNIES D'ALTA TENSIO	6
4. CENTRES DE TRANSFORMACIÓ.....	8
4.1. Embolcall.....	8
4.2. Dimensions	9
4.3. Accessos.....	9
4.4. Ventilació.....	9
4.5. Enllumenat interior	10
4.6. Dipòsit de recollida d'oli	10
4.7. Aparellatge interior	10
4.7.1. Característiques de disseny	10
4.7.2. Compartiments principals.....	10
4.7.3. Característiques elèctriques.....	11
4.7.4. Cel·la d'interruptor de línia (CML)	11
4.7.5. Cel·la de seccionament de barres (CMS).....	12
4.7.6. Cel·la de protecció amb interruptor automàtic (CMI)	12
4.7.7. Cel·la de mesura i telecomandament (ekor.rci)	12
4.7.8. Cel·la de protecció amb fusibles (CMP-F).....	13
4.7.9. Interconnexions entre aparellatge	13
4.8. Quadres de baixa tensió.....	14
4.9. Xarxes de terres	15
4.9.1. Xarxa de terra de protecció.....	15
4.9.2. Xarxa de terra de servei.....	16
4.10. Transformadors de potència.....	16

4.10.1. Proteccions del transformador	17
5. LÍNIES DE BAIXA TENSÍO	18
6. AVALUACIÓ ECONÒMICA	20
6.1. Despeses de subministrament contractant a baixa tensió	20
6.1.1. Despeses derivades del terme de potència.....	21
6.1.2. Despeses derivades del terme d'energia	23
6.2. Despeses de subministrament contractant a alta tensió	24
6.2.1. Despeses derivades del terme de potència.....	25
6.2.2. Despeses derivades del terme d'energia	27
6.3. Comparació del cost entre tarifes	29
7. RESUM DEL PRESSUPOST	30
8. CONCLUSIONS	31
9. RELACIÓ DE DOCUMENTS	32
10. BIBLIOGRAFIA.....	33
11. GLOSSARI	35
A. CÀLCULS.....	36
A.1. Previsió de càrrega	36
A.2. Línies elèctriques d'AT	37
A.2.1. Intensitat màxima admissible del conductor.....	37
A.2.2. Caiguda de tensió.....	38
A.2.3. Intensitat de curtcircuit.....	39
A.3. Centres de transformació	40
A.3.1. Intensitat d'alta tensió	40
A.3.2. Intensitat de baixa tensió	41
A.3.3. Intensitat de curtcircuit.....	41
A.3.4. Protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits	42
A.3.5. Dimensionat dels ponts de connexió	43
A.3.6. Dimensionat de la ventilació	44
A.3.7. Instal·lació de la xarxa de posada a terra de protecció	44

A.3.8. Instal·lació de la xarxa de posada a terra de servei	47
A.3.9. Repartiment de la càrrega entre els centres de transformació	49
A.4. Línies elèctriques de BT	51
A.4.1. Intensitat màxima admissible	51
A.4.2. Caiguda de tensió	53
B. ESTUDI BÀSIC DE SEGURETAT I SALUT EN EL TREBALL	55
B.1. Objecte	55
B.2. Obligacions del contractista	55
B.3. Activitats bàsiques	55
B.4. Identificació de riscos	56
B.5. Prevenció de riscos laborals a nivell col·lectiu	57
B.6. Prevenció de riscos laborals a nivell individual	57
C. TITULARITAT DE LA INSTAL·LACIÓ	59

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

El Centre Comercial Espai Gironès és un centre comercial que es troba a la comarca de Salt, a la província de Girona.

Aquest centre comercial és un local característic i representatiu de la localitat, a més de proporcionar un lloc d'oci i reunió pels ciutadans de tota la província. A més, representa un percentatge molt elevat de l'activitat econòmica local.

El local disposa de dues plantes, a les quals es situen les botigues, comerços i restaurants. A més, es disposa de dues plantes subterrànies que serveixen com a aparcament.

Actualment, el centre comercial s'abasteix mitjançant un sistema tarifari de baixa tensió. Aquesta tarifa, segons els propietaris, surt especialment cara degut al requeriments de potència instal·lada i energia consumida al llarg de l'any. Per aquesta raó es vol passar a un sistema que permeti la contractació directa de l'energia en alta tensió.

1.2. Objecte

L'objecte d'aquest projecte és el disseny dels centres de transformació, a partir d'ara CT, que compleixin els requeriments del centre comercial per a que pugui desenvolupar la seva activitat i realitzar un estudi econòmic per comparar la viabilitat d'aquesta proposta en front a la contractació en baixa tensió, comparant les diferents tarifes que ens ofereix el sector.

1.3. Abast

Aquest projecte inclourà el disseny constructiu dels CT, entenent com a tal el dimensionament de tota la instal·lació d'alta tensió (a partir d'ara AT) des del punt de connexió a la xarxa fins els CT, passant pels transformadors, els cablejats, elements de maniobra i protecció, el càlcul de la posada a terra, els requeriments d'obra civil necessaris i disseny de la instal·lació de baixa tensió fins al quadre d'entrada del centre comercial, amb possibilitat de sectoritzacions en cas que la potència fos molt elevada.

2. PREVISIÓ DE CÀRREGA

A partir de la informació de potència instal·lada del centre comercial, facilitada pel propietari, determinarem la potència elèctrica requerida pels centres de transformació. Les dades de potència instal·lada es detallen a la taula 1.

Equip	Potència unitària (kW)	Unitats instal·lades	Potència parcial (kW)
Unitats de climatització	8,000	30,000	240,000
Bombes	7,000	22,000	154,000
Unitats de refrigeració	145,000	6,000	870,000
Terminals de ventilació	1,500	90,000	135,000
Climatització independent	1,100	6,000	6,600
Lluminària fluorescent 1	0,058	1.800,000	104,400
Lluminària fluorescent 2	0,036	1.000,000	36,000
Enllumenat d'emergència	0,006	2.340,000	14,040
TOTAL			1.560,040

Taula 1. Potència instal·lada del centre comercial

La potència elèctrica instal·lada del centre comercial és de 1.560,46 kW. No obstant, degut a la naturalesa de l'activitat, hem de considerar un factor de simultaneïtat, ja que molt probablement no estiguin operant tots els elements a la vegada. El factor de simultaneïtat escollit és del 80%, un valor estandarditzat per a centres comercials.

També hem de considerar que hem de treballar amb potència aparent i no amb potència activa. Degut a que el propietari només ens ha indicat la potència activa i no ens ha facilitat cap factor de potència, haurem de triar un que compleixi les exigències de la companyia. Aquesta ens ha marcat un factor de potència màxim de 0,85 per a la nostra instal·lació.

Un cop aplicats els diferents factors, tenim el resultat de la potència elèctrica a instal·lar pels transformadors, que es troba a la taula 2.

DESCRIPCIÓ	POTÈNCIA (kW/kVA)
Potència instal·lada	1.560,04
Factor de simultaneïtat	0,80
Factor de potència	0,85
Potència dels transformadors	1.468,27

Taula 2. Potència elèctrica dels transformadors

Així doncs, els transformadors han de poder satisfer una potència de 1.468,27 kVA. Per poder satisfer la demanda, s'instal·laran tres centres de transformació, els quals albergaran dos transformadors de 630 kVA i un de 400 kVA, resultant una potència total de 1.660 kVA.

3. LÍNIES D'ALTA TENSIO

Les línies d'alta tensió serviran per connectar-se a la xarxa d'AT de la companyia. Igualment, s'utilitzaran per connectar els CT entre ells per obtenir una configuració en anell.

Existiran un total de 4 trams de línies d'AT, els qual connectaran el CT1 amb la xarxa de distribució d'AT, el CT1 amb el CT2, el CT1 amb el CT3 i el CT2 amb el CT3. Amb aquesta configuració en anell aconseguim un sistema més robust i fiable, ja que els diferents CT es retroalimenten entre ells. Les característiques dels diferents trams es detallen a les taules 3 a 6.

Les línies AT estaran totes sotmeses a la tensió nominal de la xarxa, que és de 25 kV trifàsics, a una freqüència de 50 Hz.

Tots els trams de línia aniran soterrats sota vorera dins de rases de dimensió 1x1 m² de secció. El cablejat no s'enterrarà a una distància inferior a 90 cm, i anirà enterrat sota sorra de riu. Per sobre d'aquesta capa de sorra, s'instal·laran plaques de protecció de polietilè, en la qual hi haurà grabada la inscripció PERILL ALTA TENSIO.

En cas de que les rases hagin de creuar carrers o passar per zones asfaltades, el cablejat s'instal·larà sota tub de secció 225 mm, i protegits mitjançant una capa de formigó de 45 cm, els quals aniran sobre 30 cm de sorra de riu.

La configuració del cablejat seran 3 cables unipolars de 240 mm² d'alumini amb aïllament de polietilè reticulat, de tensió nominal de 18/30 kV. El cablejat escollit és de la marca General Cable, model Hersatene RHZ1-OL 18/30 kV H16 Al, amb referència 1284122RJP.

TRAM DE LÍNIA 1	
Tipus	Subterrània
Origen	Xarxa de distribució AT
Final	Cel·la 1 CT1
Longitud	280 m
Tensió	25 kV
Nº de cables	3
Tipus conductor	Alumini
Secció	240 mm ²
Tensió nominal del cable	18/30 kV
Aïllament	Polietilè reticulat (XLPE)
Nom comercial	Hersatene RHZ1-OL 18/30 kV H16 Al

Taula 3. Tram de línia 1

TRAM DE LÍNIA 2	
Tipus	Subterrània
Origen	Cel·la 2 CT1
Final	Cel·la 9 CT2
Longitud	950 m
Tensió	25 kV
Nº de cables	3
Tipus conductor	Alumini
Secció	240 mm ²
Tensió nominal del cable	18/30 kV
Aïllament	Polietilè reticulat (XLPE)
Nom comercial	Hersatene RHZ1-OL 18/30 kV H16 Al

Taula 4. Tram de línia 2

TRAM DE LÍNIA 3	
Tipus	Subterrània
Origen	Cel·la 3 CT1
Final	Cel·la 16 CT3
Longitud	430 m
Tensió	25 kV
Nº de cables	3
Tipus conductor	Alumini
Secció	240 mm ²
Tensió nominal del cable	18/30 kV
Aïllament	Polietilè reticulat (XLPE)
Nom comercial	Hersatene RHZ1-OL 18/30 kV H16 Al

Taula 5. Tram de línia 3

TRAM DE LÍNIA 4	
Tipus	Subterrània
Origen	Cel·la 10 CT2
Final	Cel·la 17 CT3
Longitud	1.380 m
Tensió	25 kV
Nº de cables	3
Tipus conductor	Alumini
Secció	240 mm ²
Tensió nominal del cable	18/30 kV
Aïllament	Polietilè reticulat (XLPE)
Nom comercial	Hersatene RHZ1-OL 18/30 kV H16 Al

Taula 6. Tram de línia 4

4. CENTRES DE TRANSFORMACIÓ

Els centres de transformació tindran envoltants de formigó PFU-5, de la marca Ormazabal. Els centres PFU-5 consisteixen en un envoltant monobloc (base i parets) i una coberta amovible, tal com es pot observar a la figura 1.



Figura 1. Embolcall PFU-5

A l'interior es localitzarà l'aparamenta de alta tensió amb aïllament integral en gas SF_6 , el transformador de distribució d'emprenat integral, el quadre de baixa tensió, les interconnexions per cable d'AT i BT, els circuits de posada a terra i circuit d'il·luminació i serveis auxiliars.

4.1. Embolcall

L'embolcall dels CT està fet de formigó armat vibrat i es distingeixen dues parts ben diferenciades. Una que comprèn el terra i les parets, amb les portes d'accés i les reixetes de ventilació natural, i l'altre que comprèn el sostre.

Les peces de formigó disposen d'una armadura metàl·lica de coure que permet la interconnexió entre si i al col·lector de terres. Aquesta unió dóna lloc a una superfície equipotencial que embolcalla completament el CT.

Tant el cablejat d'AT com el de BT entra i surt del CT a través d'orificis situats a la part inferior del CT. A més, disposa d'una entrada auxiliar per a cablejat de CT a la façana.

4.2. Dimensions

Els CT han de disposar dels espais suficients com per poder maniobrar correctament un cop allotjades totes les parts en el seu interior. Per això s'han de garantir unes dimensions exterior si interiors adequades a tal efecte, que es detallen a la taula 7 i 8.

CARACTERÍSTIQUES MECÀNIQUES PFU-5	
Altura (mm)	3.045,00
Longitud (mm)	6.080,00
Amplada (mm)	2.380,00
Pes (kg)	17.460,00

Taula 7. Característiques mecàniques PFU-5

DIMENSIONS INTERIORS PFU-5	
Altura (mm)	2.260,00
Longitud (mm)	5.900,00
Amplada (mm)	2.220,00

Taula 8. Dimensions interiors PFU-5

4.3. Accessos

L'accés a l'interior del CT es realitzarà a través d'una porta metàl·lica de 1100x2100 mm, abatible 180° sobre el paràmetre exterior.

Per accedir al transformador, es farà a través d'una porta d'accés de dimensions 1260x2100 mm.

Els accessos disposen d'una varilla de subjecció per evitar tancaments imprevistos i de dos ancoratges per evitar que accedeixi personal no autoritzat.

4.4. Ventilació

El transformador estarà allotjat en un compartiment dotat de reixes de ventilació que permetran la ventilació natural de la maquinària.

Aquestes reixetes són metàl·liques i tenen unes dimensions de 1360x762 mm. Una està situada a la part posterior del CT i l'altre, a la porta d'accés del transformador.

4.5. Enllumenat interior

El CT va proveït d'enllumenat, el qual es subministra a través del quadre de distribució de BT i un interruptor.

L'enllumenat interior garanteix un flux lluminós de 250 lux.

4.6. Dipòsit de recollida d'oli

L'equipament disposa d'un dipòsit de recollida d'oli de 600 litres de capacitat, amb revestiment resistent i estanc amb sistema tallafocs.

4.7. Aparellatge interior

Les cel·les interiors seran de la casa Ormazabal, de la família cgm.3. Aquest tipus d'aparellatge és modular amb aïllament integral per gas SF₆ de fins a 36 kV.

4.7.1. Característiques de disseny

Els embarrats de les cel·les es connectaren entre si mitjançant un sistema d'unió estancs i apantallats que protegeix les connexions d'elements externs. Aquest sistema d'unió de cel·les està patentat per Ormazabal i s'anomena Ormalink.

Els equips disposen d'un interruptor en càrrega de 3 posicions (obert, tancat i posat a terra), el qual s'acciona mitjançant una palanca d'accionament.

4.7.2. Compartiments principals

Els compartiments principals de les cel·les són la cuba de gas, els embarrats, els fusibles de protecció, els mecanismes de maniobra, la base i la caixa de control.

La cuba és estanca i aïllada amb gas SF₆, que actua com a mitjà d'aïllament i extinció d'arc elèctric.

L'embarrat connecta els passatapes des de l'exterior fins als elements de tall a l'interior.

Els fusibles de protecció estan disposats en posició horitzontal, dins de compartiments independents per fase i s'instal·len dins de carros portafusibles.

Els mecanismes de maniobra permeten realitzar les operacions d'obertura i tancament dels circuits.

A la base localitzem el compartiment del cablejat de AT, a través d'un accés frontal.

La caixa de control està situada a la part superior i disposa de tots els relés de protecció i dispositius de mesura i control.

4.7.3. Característiques elèctriques

Les cel·les de protecció han sigut sotmeses a totes les proves d'homologació per tal de complir els requisits elèctrics de la companyia distribuïdora, que es localitzen a la taula 9.

CARACTERÍSTIQUES ELÈCTRIQUES DE LES CEL·LES	
Tensió nominal (kV)	36,00
Tensió d'aïllament a freqüència industrial (kV)	70,00
Tensió suportada per impuls tipus llamp (kV)	170,00
Freqüència (Hz)	50,00
Corrent nominal (A)	400,00
Corrent tèrmic (1 s.) (kA)	16,00
Corrent dinàmic (kA)	40,00

Taula 9. Característiques elèctriques de les cel·les

4.7.4. Cel·la d'interruptor de línia (CML)

El model de cel·la de línia és el cgm.3-l.

Es tracta d'una cel·la modular de línia equipada amb un interruptor-seccionador de tres posicions: tancat, obert o posat a terra, que s'acciona mitjançant una palanca manual.

La funció de la cel·la és l'entrada o sortida del cablejat d'alta tensió, que permet la comunicació amb l'embarrat principal del CT.

Les dimensions de la cel·la són de 418 x 1.745 x 850 mm.

4.7.5. Cel·la de seccionament de barres (CMS)

El model de cel·la de seccionament e línia és el cgm.3-s.

Es tracta d'una cel·la modular d'interruptor passant, equipat amb un interruptor-seccionador de tres posicions.

La funció de la cel·la és tallar la càrrega de l'embarrat principal de dins del CT i la seva posada a terra en el punt de tall.

Les dimensions de la cel·la són de 418 x 1.745 x 850 mm.

4.7.6. Cel·la de protecció amb interruptor automàtic (CMI)

El model de cel·la de protecció amb interruptor automàtic és el cgm.3-v.

Es tracta d'una cel·la modular de protecció mitjançant interruptor automàtic, equipat amb un interruptor automàtic de tall en buit en sèrie amb un interruptor-seccionador de tres posicions.

La funció de la cel·la és la protecció general i del transformador, així com la realització de maniobres de connexió/desconnexió.

Les dimensions de la cel·la són de 600 x 1.745 x 850 mm.

4.7.7. Cel·la de mesura i telecomandament (ekor.rci)

Aquests CT, al ser de titularitat compartida amb el client, la companyia distribuïdora va exigir que aquests estiguessin automatitzats, per tal de garantir el control dels mateixos.

Per aconseguir aquest grau de control es faran servir les unitats de supervisió i telecontrol integrat ekor.rci. Amb aquest sistema permet la comunicació a distància amb el CT, però també permet l'actuació directe amb les tecles d'actuació o l'actuació a través del microprocessador.

Aquesta unitat disposa d'un detector de presència/absència de tensió, un sistema de detecció de faltes fase-fase i fase terra, un sistema de detecció de tensió homopolar i un servidor web. Addicionalment, la unitat incorpora la funció de lectura de potència activa i reactiva, sense necessitat de transforadors de tensió.

El port de comunicació frontal és del tipus DB9 RS232 i el port posterior, que permet el telecontrol, és del tipus RS485.

Els protocols de comunicació que es poden utilitzar poden ser el MODBUS (RTU), PROCOME, 60870-5-104 o mitjançant servidor web. La opció triada per la comunicació serà la última.

4.7.8. Cel·la de protecció amb fusibles (CMP-F)

El model de cel·la de protecció amb fusibles és el cgm.3-p.

Es tracta d'una cel·la modular de protecció amb fusibles equipada amb un interruptor-seccionador de tres posicions: tancat, obert o posat a terra, que s'acciona mitjançant una palanca manual. També disposa de protecció amb fusibles limitadors.

La funció de la cel·la és la protecció general del transformador, així com la realització de maniobres de connexió/desconnexió.

Les dimensions de la cel·la són de 480 x 1.745 x 1.010 mm.

4.7.9. Interconnexions entre aparellatge

Les interconnexions entre cel·les es faran amb el sistema Ormalink abans esmentat.

La interconnexió de les cel·les de protecció amb fusibles amb el transformador es realitzaran amb conductors de 95 mm² d'alumini unipolars en muntatge en superfície. El conductor escollit és de la casa General Cable, el model Hersatene RHZ1-OL 18/30 kV H16 Al, amb codi de referència 1284116RJP.

4.8. Quadres de baixa tensió

El quadre de baixa tensió és l'equip que permet la connexió de les diferents sortides de baixa tensió. Aquesta s'obté de la sortida del transformador de potència.

El quadre de baixa tensió serà del tipus cbto-c, de la casa Ormazabal, que està compostat per la zona de l'embarat de l'escomesa, la zona de protecció i la zona de sortides de BT.

La connexió del transformador amb el quadre de BT es farà segons la potència nominal d'aquest. Pels transformadors de 630 kVA, s'utilitzaran cables de secció 240 mm² d'alumini pels conductors de fase (9) i neutre (3). Pel transformador de 400 kVA, s'utilitzaran cables de secció 240 mm² d'alumini pels conductors de fase (6) i neutre (2). El conductor triat és de la casa General Cable, el model Harmony XZ1 Al (S), referència 1690120NGP.

La zona de l'escomesa es situa a la part superior de l'equip, per on es fan passar el cablejat provinent del transformador. A continuació es localitzen quatre platines lliscants que fan la funció de seccionador.

La zona de protecció engloba tots els elements de protecció de l'equip i de les sortides. Aquestes proteccions són les bases portafusibles, per les sortides, i el seccionador, per tallar el pas de corrent des del transformador. Els fusibles estan disposats sobre bases trifàsiques, però es connecten fase a fase. El seccionador s'ha d'accionar amb una eina ja incorporada.

La zona de sortides es un compartiment on es localitzen els embarrats de les sortides, que poden ser com a màxim 8. Les dimensions del quadre són de 1.000 x 1.500 x 300 mm.

Els quadres de baixa tensió se'ls ha sotmès a totes les proves d'homologació per tal de que compleixin els requisits de l'empresa distribuïdora, que es poden localitzar a la taula 10.

CARACTERÍSTIQUES ELÈCTRIQUES DELS QUADRES DE BT	
Tensió nominal (V)	400,00
Nivell d'aïllament (kV)	10,00
Tensió d'aïllament a freqüència industrial (kV)	2,50
Tensió suportada per impuls tipus llamp (kV)	20,00
Corrent nominal (A)	1.600,00
Corrent de curtcircuit (1 s.) (kA)	25,00
Grau de protecció	IP 2X

Taula 10. Característiques elèctriques dels quadres BT

4.9. Xarxes de terres

La funció de la posada a terra és derivar al terreny les sobreintensitats que es puguin originar degut a defectes o descàrregues atmosfèriques.

Quan tenim circulació d'intensitat provocades per falles, es poden originar diferències de potencial perilloses per a les persones i les instal·lacions mateixes. Amb les instal·lacions de posada a terra aconseguim limitar que es generin aquestes sobretensions, protegint tant a les persones com als equips.

Pels CT es necessiten dos tipus de xarxes de terra diferents: la xarxa de terra de protecció i la xarxa de terra de servei.

4.9.1. Xarxa de terra de protecció

El terra de protecció té la finalitat de limitar la tensió de tots els elements i dispositius que en condicions normals no estan sotmesos a potencial elèctric, tals com xasis i bastidors d'aparells de maniobra, envoltants d'armaris metàl·lics, portes metàl·liques, tanques, columnes, suports, blindatge metàl·lic de cables, carcasses de maquinària elèctrica i els quadres de baixa tensió, etc.

Per contra, no s'uniran les reixes i portes metàl·liques del CT.

La xarxa de terra de protecció estarà formada per un conductor de coure nu de 50 mm² de secció, el qual estarà electrosoldat a quatre piquetes de coure de 4 m de longitud i 14 mm de diàmetre, que actuaran a mode d'elèctrode. El conductor de coure formarà un rectangle de dimensions 7 x 4 m, enterrat a 0,5 m de profunditat. Aquesta configuració correspon a UNESA 70-40/5/44. El cablejat serà de la casa General Cable, del tipus Cu Recocido, referència T051407.

A més, s'instal·larà un sistema de protecció addicional consistent en una malla electrosoldada amb rodons de 4 mm de diàmetre, formant quadrats de 30 x 30 cm. Aquesta malla es connectarà a dos punts oposats de la posada a terra de protecció i serà coberta per 10 cm de formigó. Amb aquesta mesura aconseguim una superfície equipotencial en tot el

CT, evitant així possibles riscos produïts per les tensions de contacte i de pas a l'interior del centre (questes passen a ser de 0 V).

Tots elements mencionats anteriorment quedaran units a la mateixa línia de terra mitjançant un conductor de coure nu de 50 mm², grapat a la paret. Aquest es connectarà a la presa de terra de protecció del propi CT.

4.9.2. Xarxa de terra de servei

El terra de servei té la funció de connectar a terra el neutre del transformador de protecció.

La xarxa de terra de servei no estarà unida a la de protecció, i estarà separada a una distància mínima de 16,50 m.

La xarxa de terra de servei estarà formada per cable de coure aïllat 0,6/1 kV de 50 mm² de secció, de la casa General Cable, model Exzhellent XXI RZ1-K(AS) 1.000 V, que anirà connectat al neutre del transformador fins al primer elèctrode. La resta serà de conductor de coure nu de 50 mm² de secció. Aquest cable estarà electrosoldat a dues piquetes de coure de 4 m de i 14 mm de diàmetre, que actuaran a mode d'elèctrode. Les piquetes estarà instal·lades en filera horitzontal, separades una distància de 6 m, i el conjunt estarà enterrat a 0,5 m de profunditat. Aquesta configuració correspon a UNESA 5/24.

4.10. Transformadors de potència

Cada CT disposarà d'un transformador reductor trifàsic. Dos d'ells seran de 630 kVA i un de 400 kVA. Els tres seran d'emprenat integral submergits en oli mineral. Les referències són A₀B_K400 i A₀B_K630.

Per especificacions de la companyia, a cada CT només pot haver un únic transformador, el qual pot ser d'una potència de fins a 630 kVA al ser un CT d'abonat.

Els transformadors han passat totes les proves d'homologació de la normativa IEC, i per tant, compleixen els requisits mínims que demana la companyia distribuïdora, les quals es localitzen a la taula 11.

CARACTERÍSTIQUES ELÈCTRIQUES DELS TRANSFORMADORS		
Potència nominal (kVA)	400,00	630,00
Pèrdues en buit (W)	494,50	690,00
Pèrdues en càrrega (W)	4.235,00	5.940,00
Impedància de curtcircuit (%)	4,50	4,50
Nivell d'aïllament (kV)	36,00	36,00
Nivell acústic (dB)	50,00	52,00
η plena càrrega i $\cos \varphi = 0,8$ (%)	98,54	98,70
Regulació	$\pm 2\%$ a $\pm 5\%$	$\pm 2\%$ a $\pm 5\%$
Grup de connexió	Dyn11	Dyn11
Relació de transformació (kV)	25/0,4	25/0,4

Taula 11. Característiques elèctriques transformadors

4.10.1. Proteccions del transformador

Els transformadors són una part indispensable de l'instal·lació, per tant, s'han de protegir adequadament davant possibles fallades.

Per la protecció contra sobreintensitats s'utilitzaran la cel·la de protecció amb fusibles (CMP-F). Aquesta cel·la protegirà el transformador en cas de sobreintensitat a la xarxa de alta tensió amb fusibles de valor 50 A i 25 A, pels transformadors de 630 i 400 kVA respectivament.

Aquests fusibles s'instal·laran en bases tripolars.

Els transformadors incorporen un termòmetre que mesura la temperatura de l'oli calibrat a 95 °C. En cas de que es superés aquesta temperatura, s'activaria l'interruptor de protecció del transformador de la cel·la de protecció i del quadre de baixa tensió, desconnectant-lo de la xarxa.

5. LÍNIES DE BAIXA TENSIO

Per conèixer quantes línies de BT tindrem a la nostra instal·lació, primer hem de repartir la càrrega total entre tots els CT.

El CT1 estirarà la càrrega demandada per tres unitats de refrigeració, nou-centes lluminàries fluorescents tipus 1, cinc-centes del tipus 2 i mil set-centena d'emergència deu unitats de climatització i set bombes.

El CT2 estirarà la càrrega una càrrega igual que la del CT1.

El CT3 estirarà la càrrega restant, que són deu unitats de climatització, les sis unitats de refrigeració independent, totes les unitats de climatització independent i vuit bombes.

El resum de la càrrega de cada CT i les línies de BT que surten d'ells es pot veure a la taula 12.

CÀRREGA DE CADA CENTRE DE TRANSFORMACIÓ			
	Nom de línia	Potència segregada (kW)	Potència total CT (kVA)
CT1	CT1.1	145,00	603,50
	CT1.2	145,00	
	CT1.3	145,00	
	CT1.4	77,22	
	CT1.5	80,00	
	CT1.6	49,00	
CT2	CT2.1	145,00	603,50
	CT2.2	145,00	
	CT2.3	145,00	
	CT2.4	77,22	
	CT2.5	80,00	
	CT2.6	49,00	
CT3	CT3.1	80,00	261,27
	CT3.2	2,20	
	CT3.3	2,20	
	CT3.4	2,20	
	CT3.5	67,50	
	CT3.6	67,50	
	CT3.7	56,00	

Taula 12. Càrrega de cada CT

Podem comprovar que en cap cas sobrepassen la potència nominal dels transformadors, per tant, assegurem que no quedin sobrecarregats. Recordem que hem de considerar el factor de simultaneïtat del 80% i el factor de potència de 0,85. Si observem la taula, podem observar el número de sortides que tindrà cada CT, que seran 6, 6 i 7 respectivament.

Aquestes sortides es faran des del quadre de distribució de baixa tensió cbto-c. Per tant, tindrem un total de 19 línies de BT, les distàncies de les quals es detallen a la taula 13.

A la sortida dels CT, les escomeses de BT fins als quadres generals de l'edifici seran en instal·lació soterrada sota tub.

Cada circuit guardarà una distància de 25 cm respecte l'altre. El cablejat serà unipolar d'alumini, de secció 240 mm² pels conductors de fase i 120 mm² pel conductor de protecció, a excepció de les línies CT1.1 a CT1.3, que seran de 300 mm² i 150 mm², respectivament. Tindrà aïllament de polietilè reticulat per 0,6/1 kV. El conductor escollit és de la casa General Cable, concretament el model Harmony XZ1 Al (S), referències 1690117NGP, 1690118NGP, 1690120NGP i 1690121NGP.

El tub serà de polietilè i de 225 mm de diàmetre.

La tensió nominal a la que estarà sotmès el cablejat serà de 400 V trifàsics a 50 Hz.

Tots els trams de línia aniran soterrats sota vorera dins de rases de dimensió 2x1 m de secció. El cablejat no s'enterrarà a una distància inferior a 90 cm, i anirà enterrat sota sorra de riu.

LONGITUD DE LES LÍNIES DE BT	
Línia	Longitud (m)
CT1.1	887,25
CT1.2	890,25
CT1.3	893,25
CT1.4	896,25
CT1.5	899,25
CT1.6	902,25
CT2.1	246,25
CT2.2	243,25
CT2.3	240,25
CT2.4	237,25
CT2.5	234,25
CT2.6	231,25
CT3.1	1.320,70
CT3.2	1.323,70
CT3.3	1.326,70
CT3.4	1.329,70
CT3.5	1.332,70
CT3.6	1.335,70
CT3.7	1.338,70

Taula 13. Longitud de les línies de BT

6. AVALUACIÓ ECONÒMICA

L'avaluació econòmica servirà per determinar si canviar la tarifa de subministrament de BT a AT suposa un estalvi substancial al centre comercial.

Es compararan les despeses de subministrament a BT amb les d'AT a partir del perfil de consum de potència del centre comercial i els períodes tarifaris de les diferents tarifes.

6.1. Despeses de subministrament contractant a baixa tensió

La tarifa de subministrament de baixa tensió que ens proporciona l'empresa subministradora pel centre comercial és la tarifa 3.0A, per potència superiors a 15 kW.

Aquesta tarifa distingeix tres períodes tarifaris: punta, vall i pla. Aquests tres períodes disposen del seu propi terme potència i terme d'energia, que es detallen a la taula 14.

PERÍODES TARIFARIS 3.0A		
Període	Terme de potència (€/kW i any)	Terme d'energia (€/kWh)
Punta	42,811231	0,152321
Vall	25,686737	0,120892
Pla	17,124493	0,084582

Taula 14. Dades tarifa 3.0A

Simultàniament, aquesta tarifa distingeix dels períodes punta i vall segons els mesos d'hivern (d'octubre a març) o estiu (d'abril a setembre). A l'hivern el període vall és de les 00h00 fins les 08h00 i la punta, de 18h00 fins les 22h00 (la resta es considera pla). A l'estiu en canvi, el període de punta és de 10h00 a 15h00 i el període vall es manté de 00h00 a 08h00 (la resta es considera pla). Es pot observar a la taula 15 com quedarien els períodes repartits a l'hivern i a l'estiu.

DISCRIMINACIÓ HORÀRIA 3.0A		
Hora	Hivern	Estiu
00-01h		
01-02h		
02-03h		
03-04h		
04-05h		
05-06h		
06-07h		
07-08h		
08-09h		
09-10h		
10-11h		
11-12h		

Taula 15. Discriminació horària estiu/hivern 3.0A

DISCRIMINACIÓ HORÀRIA 3.0A		
Hora	Hivern	Estiu
12-13h		
13-14h		
14-15h		
15-16h		
16-17h		
17-18h		
18-19h		
19-20h		
20-21h		
21-22h		
22-23h		
23-00h		

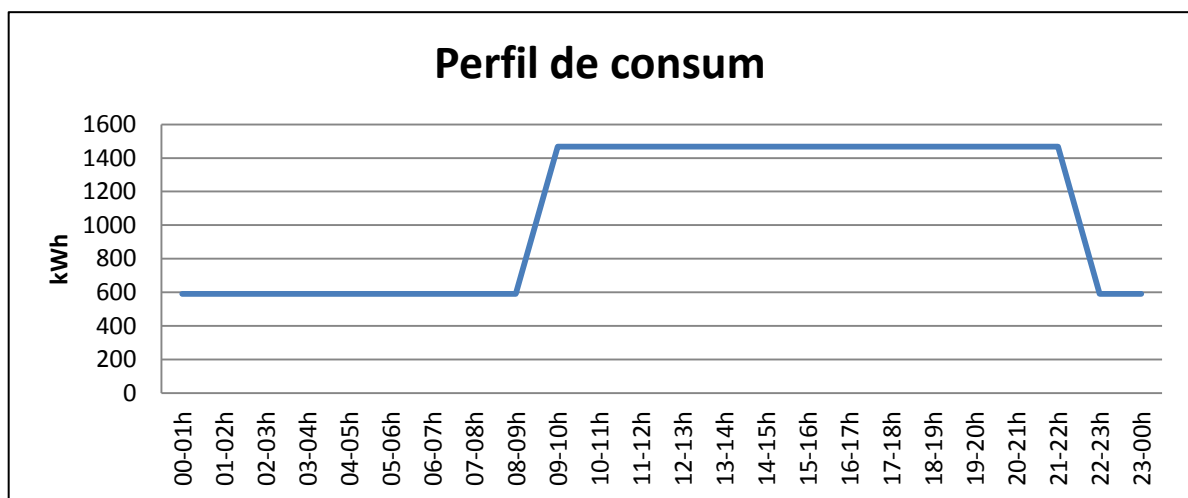
Taula 15. Discriminació horària estiu/hivern 3.0A

Ara que hem sabem com es distribueixen els períodes de tarifació i els seus preus, hem de determinar quin consum té el centre comercial i la potència a contractar.

6.1.1. Despeses derivades del terme de potència

La potència contractada bé determinada per la companyia distribuïdora i en el nostre cas seria de 1.500 kW, ja que treballem amb una potència de 1.468,27 kVA simultanis.

En quant al perfil de consum, sabem que el centre comercial obre cada dia (festius inclosos) de 9h00 a 22h00 i que durant aquest període disposa de la totalitat de la potència projectada (1.468,27 kVA). Quant està tancat, només funcionen tres unitats de refrigeració i quaranta-cinc unitats de ventilació (591,18 kVA). Així doncs, el perfil de consum es pot veure a la gàfica 1.



Gràfic 1: Perfil de consum del centre comercial

Ara que coneixem el perfil de consum del centre comercial, podem determinar el cost de l'energia a cada hora del dia segons sigui hivern o estiu.

Primer de tot haurem de passar el cost del terme de potència a €/kW i hora. Només caldrà dividir el preu entre els 365 dies que té un any i 24 hores que té un dia. Llavors caldrà multiplicar aquest preu per la potència contractada (1.500 kW). La conversió del preu es pot veure a la taula 16.

PREU DEL TERME DE POTÈNCIA		
Període	Terme de potència (€/kW i any)	Terme de potència (€/kW i h)
Punta	42,811231	0,004887
Vall	25,686737	0,002932
Pla	17,124493	0,001955

Taula 16. Preu del terme de potència per any i hora

Un cop sabem el preu per hora del terme de potència i la potència contractada, podem determinar el cost per hora d'aquest per cada període (punta, vall o pla), resumit a la taula 17.

COST DEL TERME DE POTÈNCIA	
Període	€/hora
Punta	7,330690
Vall	4,398414
Pla	2,932276

Taula 17. Cost del terme de potència amb discriminació horària

A l'hivern tenim 8 h/dia de període vall, 12 h/dia de pla i 4 h/dia de punta. A l'estiu tenim 8 h/dia de vall, 11 h/dia de pla i 5 h/dia de vall (seguint el criteri de la taula 15). A la taula 18 es pot veure el cost per dia.

COST PER DIA DEL TERME DE POTÈNCIA						
Període	Hores hivern	Preu (€/h)	Cost (€/dia)	Hores estiu	Preu (€/h)	Cost (€/dia)
Punta	4,00	7,330690	29,32	5,00	7,330690	36,65
Vall	8,00	4,398414	35,19	8,00	4,398414	35,19
Pla	12,00	2,932276	35,19	11,00	2,932276	32,26
TOTAL	-	-	99,70	-	-	104,10

Taula 18. Cost per dia del terme de potència

Ara que coneixem el cost per dia, podem calcular el cost per mes i, per consegüent, el cost anual, resumit a la taula 19.

COST MENSUAL TERME DE POTÈNCIA			
Mes	Nº de dies	Cost (€/dia)	Cost mensual (€)
Gener	31	99,70	3.090,70
Febrer	28	99,70	2.791,60
Març	31	99,70	3.090,70

Taula 19. Cost mensual i anual del terme de potència

COST MENSUAL TERME DE POTÈNCIA			
Mes	Nº de dies	Cost (€/dia)	Cost mensual (€)
Abril	30	104,10	3.123,00
Maig	31	104,10	3.227,10
Juny	30	104,10	3.123,00
Juliol	31	104,10	3.227,10
Agost	31	104,10	3.227,10
Setembre	30	104,10	3.123,00
Octubre	31	99,70	3.090,70
Novembre	30	99,70	2.991,00
Desembre	31	99,70	3.090,70
TOTAL	-		37.195,70

Taula 19. Cost mensual i anual del terme de potència

Així doncs, el terme de potència té un cost anual de 37.195,70 €.

6.1.2. Despeses derivades del terme d'energia

Ara calcularem el cost associat al consum energètic, que obtindrem de les dades de la taula 14 i del perfil de consum del gràfic 1. A la taula 20 es pot veure el cost associat a un dia d'hivern i a la 21, un dia d'estiu.

COST ENERGÈTIC A L'HIVERN				
Hora	Potència (kW)	Consum (kWh)	Cost unitari (€/kWh)	Cost (€)
00-08h	591,18	4.729,44	0,120892	571,75
08-09h	591,18	591,18	0,084582	50,00
09-18h	1.468,27	13.214,43	0,084582	1.117,70
18-22h	1.468,27	5.873,08	0,152321	894,59
22-00h	591,18	1.182,36	0,084582	100,01
TOTAL		-		2.734,06

Taula 20. Cost energètic a l'hivern

COST ENERGÈTIC A L'ESTIU				
Hora	Potència (kW)	Consum (kWh)	Cost unitari (€/kWh)	Cost (€)
00-08h	591,18	4.729,44	0,120892	571,75
08-09h	591,18	591,18	0,084582	50,00
09-10h	1.468,27	1.468,27	0,084582	124,19
10-15h	1.468,27	7.341,35	0,152321	1.118,24
15-22h	1.468,27	10.277,89	0,084582	869,32
22-00h	591,18	1.182,36	0,084582	100,01
TOTAL		-		2.833,52

Taula 21. Cost energètic a l'estiu

Pel perfil de consum energètic que tenim, amb la tarifa 3.0A, un dia d'hivern té associat un cost de 2.734,06 € i un d'estiu, de 2.833,52 €.

Ja podem calcular el cost mensual derivat del consum energètic, resultats dels quals es troben a la taula 22.

COST MENSUAL TERME D'ENERGIA			
Mes	Nº de dies	Cost (€/dia)	Cost mensual (€)
Gener	31	2.734,06	84.755,86
Febrer	28	2.734,06	76.553,68
Març	31	2.734,06	84.755,86
Abril	30	2.833,52	85.005,60
Maig	31	2.833,52	87.839,12
Juny	30	2.833,52	85.005,60
Juliol	31	2.833,52	87.839,12
Agost	31	2.833,52	87.839,12
Setembre	30	2.833,52	85.005,60
Octubre	31	2.734,06	84.755,86
Novembre	30	2.734,06	82.021,80
Desembre	31	2.734,06	84.755,86
TOTAL	-		1.016.131,89

Taula 22. Cost mensual i anual del terme d'energia

El cost associat al consum energètic ascendeix a la suma de 1.016.131,89 € anuals amb la tarifa 3.0A.

Sumant el terme de potència i el terme d'energia, l'import total anual és d'1.053.326,35 €.

6.2. Despeses de subministrament contractant a alta tensió

La tarifa d'accés a la xarxa d'alta tensió que proporciona l'empresa subministradora és la 6.1A.

Aquesta tarifa distingeix sis períodes tarifaris, que disposen del seu propi terme potència i terme d'energia, que es detallen a la taula 23.

PERÍODES TARIFARIS 3.0A		
Període	Terme de potència (€/kW i any)	Terme d'energia (€/kWh)
P1	41,140508	0,133531
P2	20,588061	0,110366
P3	15,067042	0,103933
P4	15,067042	0,088330
P5	15,067042	0,084840
P6	6,874557	0,072338

Taula 23. Dades tarifa 6.0A

Els diferents períodes tarifaris es distribueixen al llarg de tot el dia segons es mostra a la figura 2.

Tarifa							6.X							
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun D<=14	Jun D>=15	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Fin de Semana Festivo
H1 (00-01h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H2 (01-02h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H3 (02-03h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H4 (03-04h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H5 (04-05h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H6 (05-06h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H7 (06-07h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H8 (07-08h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H9 (08-09h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H10 (09-10h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H11 (10-11h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H12 (11-12h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H13 (12-13h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H14 (13-14h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H15 (14-15h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H16 (15-16h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H17 (16-17h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H18 (17-18h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H19 (18-19h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H20 (19-20h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H21 (20-21h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H22 (21-22h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H23 (22-23h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H24 (23-00h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6

Figura 2. Períodes tarifaris de la tarifa 6.1A

Ara que sabem com es reparteixen els diferents períodes de tarifació, podem determinar les despeses generades pel terme de potència i pel terme d'energia.

6.2.1. Despeses derivades del terme de potència

En aquest cas, la potència contractada haurà de coincidir amb la potència total instal·lada dels tres CT, que ascendeix a 1.680 kVA.

Primer de tot haurem de passar el cost del terme de potència a €/kW i hora. Només caldrà dividir el preu entre els 365 dies que té un any i 24 hores que té un dia. Llavors caldrà multiplicar aquest preu per la potència contractada (1.680 kW). La conversió del preu es pot veure a la taula 24.

PREU DEL TERME DE POTÈNCIA		
Període	Terme de potència (€/kW i any)	Terme de potència (€/kW i h)
P1	41,140508	0,004696
P2	20,588061	0,002350
P3	15,067042	0,001720
P4	15,067042	0,001720
P5	15,067042	0,001720
P6	6,874557	0,000785

Taula 24. Preu del terme de potència per any i hora

Un cop sabem el preu per hora del terme de potència i la potència contractada, podem determinar el cost per hora d'aquest per cada període, resumit a la taula 25.

COST DEL TERME DE POTÈNCIA	
Període	€/hora
P1	7,889960
P2	3,948395
P3	2,889570
P4	2,889570
P5	2,889570
P6	1,318408

Taula 25. Cost del terme de potència amb discriminació horària

Prenen les dades del cost per hora i la distribució horària de la figura 2, es pot calcular el cost del terme de potència per dia, resumit a la taula 26.

COST DIARI DEL TERME DE POTÈNCIA				
Mes	Període tarifació	Preu (€/h)	Hores	Cost (€/dia)
Gener	P1	7,889960	6,00	97,37
	P2	3,948395	10,00	
	P6	1,318408	8,00	
Febrer	P1	7,889960	6,00	97,37
	P2	3,948395	10,00	
	P6	1,318408	8,00	
Març	P3	2,889570	6,00	56,78
	P4	2,889570	10,00	
	P6	1,318408	8,00	
Abril	P5	2,889570	16,00	56,78
	P6	1,318408	8,00	
Maig	P5	2,889570	16,00	56,78
	P6	1,318408	8,00	
Juny D≤14	P3	2,889570	6,00	56,78
	P4	2,889570	10,00	
	P6	1,318408	8,00	
Juny D≥14	P1	7,889960	8,00	105,25
	P2	3,948395	8,00	
	P6	1,318408	8,00	
Juliol	P1	7,889960	8,00	105,25
	P2	2,889570	8,00	
	P6	1,318408	8,00	
Agost	P6	1,318408	24,00	31,64
Setembre	P3	2,889570	6,00	56,78
	P4	2,889570	10,00	
	P6	1,318408	8,00	
Octubre	P5	2,889570	16,00	56,78
	P6	1,318408	8,00	
Novembre	P3	2,889570	6,00	56,78
	P4	2,889570	10,00	
	P6	1,318408	8,00	
Desembre	P1	7,889960	6,00	97,37
	P2	3,948395	10,00	
	P6	1,318408	8,00	
Festiu/Cap de setmana	P6	1,318408	24,00	31,64

Taula 26. Cost per dia del terme de potència

En funció dels dies festius/cap de setmana i els dies laborables de cada mes, el cost mensual variarà. Aquest cost es pot veure a la taula 27.

COST MENSUAL TERME DE POTÈNCIA					
Mes	Nº dies laborables	Cost (€/dia)	Nº dies festius	Cost (€/dia)	Cost mensual (€)
Gener	19	97,37	12	31,64	2.229,75
Febrer	19	97,37	9	31,64	2.134,82
Març	21	56,78	10	31,64	1.508,81
Abril	21	56,78	9	31,64	1.477,17
Maig	20	56,78	11	31,64	1.483,67
Juny D≤14	9	56,78	5	31,64	669,23
Juny D≥14	12	105,25	4	31,64	1.389,62
Juliol	20	105,25	11	31,64	2.453,14
Agost	22	31,64	9	31,64	980,90
Setembre	22	56,78	8	31,64	1.502,30
Octubre	20	56,78	11	31,64	1.483,67
Novembre	20	56,78	10	31,64	1.452,03
Desembre	20	97,37	11	31,64	2.295,48
TOTAL	-				21.060,59

Taula 27. Cost mensual i anual del terme de potència

El terme de potència té un cost anual de 21.060,59 €.

6.2.2. Despeses derivades del terme d'energia

Ara calcularem el cost associat al consum energètic, que obtindrem de les dades de la figura 2 i del perfil de consum del gràfic 1. Es pot trobar el cost associat per dia a la taula 28.

COST DIARI DEL TERME D'ENERGIA					
Mes	Període	Preu (€/kWh)	Potència (kW)	Hores	Cost (€/dia)
Gener	P1	0,133531	1.468,27	10-13h/18-21h	2.848,55
	P2	0,110366	1.468,27	9-10h/13-18h/21-22h	
		0,110366	591,18	08-09h/22-00h	
	P6	0,072338	591,18	00-8h	
Febrer	P1	0,133531	1.468,27	10-13h/18-21h	2.848,55
	P2	0,110366	1.468,27	9-10h/13-18h/21-22h	
		0,110366	591,18	08-09h/22-00h	
	P6	0,072338	591,18	00-8h	
Març	P3	0,103933	1.468,27	16-22h	2.322,23
	P4	0,088330	1.468,27	09-16h	
		0,088330	591,18	08-09h/22-00h	
	P6	0,072338	591,18	00-8h	
Abril	P5	0,084840	1.468,27	09-22h	2.111,97
		0,084840	591,18	9-10h/22-00h	
	P6	0,072338	591,18	00-8h	
Maig	P5	0,084840	1.468,27	09-22h	2.111,97
		0,084840	591,18	9-10h/22-00h	
	P6	0,072338	591,18	00-8h	

Taula 28. Cost per dia del terme d'energia

COST DIARI DEL TERME D'ENERGIA					
Mes	Període	Preu (€/kWh)	Potència (kW)	Hores	Cost (€/dia)
Juny D≤14	P3	0,103933	1.468,27	09-15h	2.322,23
	P4	0,088330	1.468,27	16-22h	
		0,088330	591,18	9-10h/22-00h	
	P6	0,072338	591,18	00-8h	
Juny D≥14	P1	0,133531	1.468,27	11-19h	2.916,57
	P2	0,110366	1.468,27	09-11h/19-22h	
		0,110366	591,18	08-09h/22-00h	
	P6	0,072338	591,18	00-8h	
Juliol	P1	0,133531	1.468,27	11-19h	2.916,57
	P2	0,110366	1.468,27	09-11h/19-22h	
		0,110366	591,18	08-09h/22-00h	
	P6	0,072338	591,18	00-8h	
Agost	P6	0,072338	1.468,27	09-22h	1.851,16
		0,072338	591,18	00-9h/22-00h	
Setembre	P3	0,103933	1.468,27	16-22h	2.322,23
	P4	0,088330	1.468,27	09-16h	
		0,088330	591,18	08-09h/22-00h	
	P6	0,072338	591,18	00-8h	
Octubre	P5	0,084840	1.468,27	09-22h	2.111,97
		0,084840	591,18	9-10h/22-00h	
	P6	0,072338	1.468,27	09-22h	
Novembre	P3	0,103933	1.468,27	16-22h	2.322,23
	P4	0,088330	1.468,27	09-16h	
		0,088330	591,18	08-09h/22-00h	
	P6	0,072338	591,18	00-8h	
Desembre	P1	0,133531	1.468,27	10-13h/18-21h	2.848,55
	P2	0,110366	1.468,27	9-10h/13-18h/21-22h	
		0,110366	591,18	08-09h/22-00h	
	P6	0,072338	591,18	00-8h	
Cap set./fest.	P6	0,072338	1.468,27	09-22h	1.851,16
		0,072338	591,18	00-9h/22-00h	

Taula 28. Cost per dia del terme d'energia

Ja sabem el cost per dia associat al consum d'energia. Ara només ens cal trobar el cost per mes en funció dels dies laborables i festius/caps de setmana de cada un. Un cop calculat, el cost total resultarà de la suma de cada mes. El resultat es pot trobar a la taula 29.

COST MENSUAL DEL TERME D'ENERGIA				
Mes	Dia	Nº de dies	Cost (€/dia)	Cost mes (€)
Gener	Laboral	19,00	2.848,55	54.122,45
	Festiu/Cap set.	12,00	1.851,16	22.213,92
Febrer	Laboral	19,00	2.848,55	54.122,45
	Festiu/Cap set.	9,00	1.851,16	16.660,44
Març	Laboral	21,00	2.322,23	48.766,83
	Festiu/Cap set.	10,00	1.851,16	18.511,60
Abril	Laboral	21,00	2.111,97	44.351,37
	Festiu/Cap set.	9,00	1.851,16	16.660,44
Maig	Laboral	20,00	2.111,97	42.239,40
	Festiu/Cap set.	11,00	1.851,16	20.362,76

Taula 29. Cost mensual i anual del terme d'energia

COST MENSUAL DEL TERME D'ENERGIA				
Mes	Dia	Nº de dies	Cost (€/dia)	Cost mes (€)
Juny D≤14	Laboral	9,00	2.322,23	20.900,07
	Festiu/Cap set.	5,00	1.851,16	9.255,80
Juny D≥14	Laboral	12,00	2.916,57	34.998,84
	Festiu/Cap set.	4,00	1.851,16	7.404,64
Juliol	Laboral	20,00	2.916,57	58.331,40
	Festiu/Cap set.	11,00	1.851,16	20.362,76
Agost	Laboral	22,00	1.851,16	40.725,52
	Festiu/Cap set.	9,00	1.851,16	16.660,44
Setembre	Laboral	22,00	2.322,23	51.089,06
	Festiu/Cap set.	8,00	1.851,16	14.809,28
Octubre	Laboral	20,00	2.111,97	42.239,40
	Festiu/Cap set.	11,00	1.851,16	20.362,76
Novembre	Laboral	20,00	2.322,23	46.444,60
	Festiu/Cap set.	10,00	1.851,16	18.511,60
Desembre	Laboral	20,00	2.848,55	56.971,00
	Festiu/Cap set.	11,00	1.851,16	20.362,76
TOTAL				817.441,59

Taula 29. Cost mensual i anual del terme d'energia

El cost associat al consum energètic ascendeix a la suma de 817.441,59 € anuals amb la tarifa 6.1A.

Sumant el terme de potència i el terme d'energia, l'import total anual és de 838.502,72 €.

6.3. Comparació del cost entre tarifes

Amb la tarifa d'accés 3.0A (BT), el subministrament d'energia elèctrica té un cost anual d'1.053.326,35 €, mentre que amb la tarifa d'accés 6.1A (AT), aquest cost es redueix a 838.502,72 €.

El canvi en la contractació d'energia elèctrica suposaria un estalvi anual de 214.832,63 €, en pitjor dels casos.

Si la instal·lació dels CT suposa una inversió d'1.273.716,19 €, implicaria que el període de retorn de la inversió seria, d' aproximadament, 6 anys.

Un altre índex per valorar la inversió seria calcular el cost de cada kW de potència a instal·lar, que ascendeix a 758,16 €/kW, un valor prou raonable que s'ajusta als estàndards normals.

7. RESUM DEL PRESSUPOST

L'import derivat del procés d'execució del projecte ascendeix a la quantitat d'un milió cent cinquanta-set nou-cents vint-i-tres euros amb vuitanta-un cèntims, sense IVA.

8. CONCLUSIONS

Les instal·lacions projectes són les més adequades segons les normatives i reglaments aplicables.

Els equips de distribució, mesura i protecció estan homologats i han superat els diferents tests tècnics per poder desenvolupar la seva funció.

El material elèctric compleix totes les normatives estatals i europees, i estan homologades per a ser utilitzades en aquest tipus d'instal·lacions.

L'avaluació econòmica demostra que el canvi de tarifa de subministrament d'energia elèctrica comporta un estalvi anual de 214.832,63 €, el qual faria viable la inversió en un període de 6 anys. Per tant, és econòmicament viable.

En cas de d'ampliacions de servei, serà necessària l'elaboració d'un projecte nou.

Francisco Velasco Yañez

Graduat en Enginyeria Elèctrica

Girona, 12 de gener del 2016

9. RELACIÓ DE DOCUMENTS

Aquest projecte consta de cinc documents, els quals són la memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost, en aquets ordre.

10. BIBLIOGRAFIA

Colón Cortegoso, Javier. Tarifas de acceso de electricidad (Alta tensión). (<http://mifakturadeluz.com/tarifas-de-acceso-de-electricidad-alta-tension/>, 26 de desembre de 2015).

Colón Cortegoso, Javier. Tarifas de acceso de electricidad (Baja tensión). (<http://mifakturadeluz.com/tarifas-de-acceso-de-electricidad-baja-tension/>, 26 de desembre de 2015).

ENDESA. NTP 1. Condiciones técnicas i de seguridad de las instalaciones de distribución de FECSA ENDESA. Norma técnica particular. Generalitats. Octubre del 2006.

ENDESA. NTP 4. Condiciones técnicas i de seguridad de las instalaciones de distribución de FECSA ENDESA. Norma técnica particular. Centres de transformació en edificis. Octubre del 2006.

ENDESA. Anexo II: Condiciones Económicas Endesa. Gener 2015.

GENERAL CABLE. Catàlegs de cables unipolares d'AT i BT. Gener del 2013.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y COMERCIO. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión. Madrid, 9 de juny de 2014.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y COMERCIO. Reglamento electrotécnico para baja tensión. Madrid, 2 d' agost de 2002.

ORMAZABAL. Catàleg de centres de transformació. Gener de 2015.

ORMAZABAL. Catàleg de cel·les d'alta tensió. Gener de 2015.

ORMAZABAL. Catàleg de transformadors de potència. Gener de 2015.

ORMAZABAL. Catàleg de quadres de baixa tensió. Gener de 2015.

UNESA. Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. Madrid. 1989.

11. GLOSSARI

AT: Alta tensió.

BT: Baixa tensió.

CT: Centre de transformació.

IVA: Impuesto sobre el valor añadido.

NTP: Norma tècnica particular.

RAT: Reglamento de alta tensión.

REBT: Reglamento electrotécnico de baja tensión.

XLPE: Polietilè reticulat.

A. CÀLCULS

A.1. Previsió de càrrega

La previsió de càrrega es calcularà a partir de les dades de potència proporcionades pel centre comercial, que es pot torbar a la taula 1.

La potència total instal·lada del centre comercial és de 1.560,04 kW. És clar que no dimensionarem la instal·lació per aquesta potència, ja que assumiríem que tenim treballant tots els equips simultàniament sempre. Com que això no és cert, necessitem definir un factor de simultaneïtat.

El factor de simultaneïtat escollit és del 80% de la potència instal·lada (0,8). Amb l'equació 1 podrem obtenir la potència útil de la instal·lació.

$$P_u = P_{\text{instal·lada}} \cdot FS \quad (\text{Eq.1})$$

$$P_u = 1.560,04 \cdot 0,8 = 1.248,03 \text{ kW}$$

La potència útil de la instal·lació és de 1.248,03 kW. Ara bé, pel dimensionament de la instal·lació, necessitem treballar amb potència aparent (kVA). Aquesta potència s'aconsegueix dividint el terme P_u entre el factor de potència de la instal·lació, com es mostra a l'equació 2.

En aquets cas, al no disposar dels diferents factors de potència dels equips, hem d'utilitzar el factor de potència màxim que permet el reglament que tinguin les instal·lacions, que és de 0,85.

$$S_u = P_u / FP \quad (\text{Eq.2})$$

$$S_u = 1.248,03 / 0,85 = 1.468,27 \text{ kVA}$$

Així doncs, la potència aparent de la instal·lació, i a partir de la qual es dimensionarà, és de 1.468,27 kVA.

Un cop sabem la potència, hem de seguir les Normes Tècniques Particulars de l'empresa distribuïdora, que en aquest cas es FECSA ENDESA per determinar quants CT seran necessaris.

Segons la seva pròpia normativa, hi ha dos requisits essencials que determinaran com serà la nostra instal·lació. El primer diu que a cada CT només hi haurà un únic transformador. El segon exigeix que la potència del transformador ha d'estar compresa entre 160 i 630 kVA, com a norma general.

Anem a calcular quants transformadors de 630 kVA necessitaríem, a partir de l'equació 3.

$$N_{\text{trafo}} = S_u / S_{\text{trafo}} \quad (\text{Eq.3})$$

$$N_{\text{trafo}} = 1.468,27 / 630 = 2,33$$

Com veiem, necessitem més de dos transformadors de 630 kVA. Podríem instal·lar tres, però com que no es preveuen ampliacions de servei, aquesta potència extra repercutiria negativament a l'usuari.

Per aquesta raó, es decideix instal·lar dos transformadors de 630 kVA i un transformador de 400 kVA, sumant una potència total de 1.660 kVA. Com podem comprovar, amb aquesta potència podem satisfer la demanda del centre comercial, ja que té una potència aparent útil de 1.468,27 kVA.

A.2. Línies elèctriques d'AT

En aquest subapartat es calcularà el corrent màxim admissible del conductor, el valor del corrent que hi passa, la seva caiguda de tensió, i el corrent màxim de curt circuit que poden aguantar.

A.2.1. Intensitat màxima admissible del conductor

Segons la normativa pròpia de FECSA ENDESA, el cablejat d'alta tensió serà soterrat, amb una configuració de 3x1x240 mm² d'alumini, amb aïllament de XLPE per 18/30 kV.

El model de cable triat per la instal·lació és el Herzatene RHZ1-OL 18/30 kV H16 AL, de secció 240 mm², que li correspon la referència 1260120.

Per a instal·lacions soterrades, aquest cable pot aguantar una intensitat màxima de 345 A de línia.

A partir de l'equació 4, calculem quina intensitat de línia tenim al cablejat.

$$I_L = S_u / (\sqrt{3} \cdot U_L) \quad (\text{Eq.4})$$

On S_u és la potència aparent de la instal·lació, U_L és la tensió de línia (25 kV)

$$I_L = \frac{1.468,27}{\sqrt{3} \cdot 25} = 33,91 \text{ A}$$

Així, la intensitat que circula pel cablejat d'alta tensió és de 33,91 A, en cas més desfavorable, que seria el tram del punt de connexió a la xarxa amb el primer CT. En els altres casos, la potència seria menor, ja que només s'estiraria la potència de dos CT.

En qualsevol cas, el valor de la intensitat queda molt per sota del valor màxim que pot aguantar el conductor.

A.2.2. Caiguda de tensió

Segons la normativa pròpia de FECSA ENDESA, la caiguda de tensió màxima admissible per a aquest tipus d'instal·lació haurà de ser inferior al 7%.

Passem a calcular quina caiguda de tensió tenim en els diferents trams de cablejat d'alta tensió, a partir de l'equació 5.

$$\Delta U' (\%) = \frac{P \cdot L}{U^2} \cdot (R + X \cdot \tan \varphi) \quad (\text{Eq.5})$$

On P és la potència activa que estira el cablejat (kW), L es la longitud del conductor (km), U és la tensió de línia (kV), R és la resistència lineal del conductor (Ω/km), X és la reactància lineal del conductor (Ω/km) i U és la tensió de línia (V).

Les dades comunes a tots els trams es poden trobar a la taula 30, i els resultats dels càlculs, a la taula 31.

DADES COMUNES A TOTS ELS TRAMS	
Tensió de línia (kV)	25,000
Resistència lineal (Ω/km)	0,162
Reactància lineal (Ω/km)	0,117
$\cos \varphi$	0,850
$\tan \varphi$	0,620
P (kW)	1.248,030

Taula 30. Dades dels trams d'AT

Recordem que els CT estan connectats en anell, per tant, la potència que demanda cada tram de cable és la potència activa total de la instal·lació, calculada a l'apartat A.1., amb resultat de 1.248,03 kW.

CAIGUDA DE TENSÍO A LES LÍNIES AT		
Tram	L (km)	ΔU (%)
1	0,280	0,013
2	0,950	0,044
3	0,430	0,020
4	1,380	0,065

Taula 31. Caiguda de tensió de les línies

Com podem veure, la caiguda de tensió en tots els trams de línia és inferior al 7%.

A.2.3. Intensitat de curtcircuit

En aquest subapartat calcularem la secció mínima que hauria de tenir el conductor per aguantar un curtcircuit. Per fer-ho, utilitzarem les equacions 6 i 7.

$$I_{CC} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (\text{Eq.6})$$

On I_{CC} és el corrent de curtcircuit, S_{CC} és la potència de curtcircuit (500 MVA, facilitada per FECSA ENDESA) i U és la tensió de línia (V).

$$I_{CC} = \frac{500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 25 \cdot 10^3} = 11.547 \text{ A}$$

El corrent de curtcircuit és d' 11,55 kA, aproximadament.

Ara calcularem quina hauria de ser la secció mínima per aguantar aquest hipotètic curtcircuit.

$$S = \frac{I_{CC} \cdot \sqrt{t_{CC}}}{K} \quad (\text{Eq.7})$$

On, S és la secció mínima del conductor, I_{CC} és el corrent de curtcircuit, t_{CC} és la duració del curtcircuit (0,6 s) i K és una constant que depèn de la naturalesa del conductor ($K_{Al} = 94$).

$$S = \frac{11.547 \cdot \sqrt{0,6}}{94} = 95,15 \text{ mm}^2$$

El conductor hauria de tenir una secció mínima 95,15 mm² per poder aguantar el curtcircuit. Com que la nostra secció és de 240 mm², complim el requisit

A.3. Centres de transformació

En aquest apartat es calcularan tots els paràmetres elèctrics i de caràcter constructiu necessaris pels centres de transformació.

A.3.1. Intensitat d'alta tensió

La intensitat dels costats d'alta tensió es calcularan a partir de l'equació 4, essent S_u la potència nominal dels transformadors, U és la tensió d'alta tensió (25 kV), els valors dels quals es detallen a la taula 32.

INTENSITATS EN EL COSTAT D'ALTA TENSIO		
CT	P (kVA)	I (A)
1	630,00	14,55
2	630,00	14,55
3	400,00	9,24

Taula 32. Intensitats d'AT

Com podem veure, els valors de les intensitats d'alta tensió que circularan a l'interior dels CT seran de 14,55 A i 9,24 A. Aquests valors són inferiors als 400 A de corrent nominal que poden suportar les cel·les del CT, per tant, estem dins dels límits.

A.3.2. Intensitat de baixa tensió

La intensitat dels costats d'alta tensió es calcularan a partir de l'equació 4, essent S_u la potència nominal dels transformadors, U és la tensió de baixa tensió (0,40 kV), els valors dels quals es detallen a la taula 33.

INTENSITATS EN EL COSTAT DE BAIXA TENSÍO		
CT	P (kVA)	I (A)
1	630,00	909,33
2	630,00	909,33
3	400,00	577,35

Taula 33. Intensitats de BT

Com podem veure, els valors de les intensitats de baixa tensió que circularan a l'interior dels CT seran de 909,33 A i de 577,35 A. Aquests valors són inferiors als 1.600 A de corrent nominal que poden suportar els quadres de distribució de BT, per tant, estem dins dels límits.

A.3.3. Intensitat de curtcircuit

El valor de la intensitat de curtcircuit serà diferents depenent si al falla es produeix en el costat d'alta tensió o en el costat de baixa tensió.

Si es produeix en el costat d'alta tensió, la intensitat de curtcircuit es calcularà amb l'equació 4 i tenint en compte la potència de curtcircuit de la xarxa (500 MVA) i la tensió d'alta tensió (25 kV).

Si es produeix en el costat de baixa tensió, es calcularà amb l'equació 8, essent la potència la nominal del transformador en cada cas, i la tensió de baixa tensió (0,4 kV). També hem de tenir en compte la impedància de curtcircuit dels transformadors (4,5%) en valor unitari.

$$I_{f,S} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \epsilon} \quad (\text{Eq.8})$$

En cas de curtcircuit a la part d'alta tensió, es generaria un corrent d' 11,55 kA, aproximadament.

En cas de curtcircuit a la part de baixa tensió, es generaria un corrent de 20,21 kA pels transformadors de 630 kVA i de 12,83 kA en el cas del transformadors de 400 kVA.

En cas de produir-se una falla, els equips aguantarien ja que suporten un corrent de pic de 40 kA. Abans però, actuarien les proteccions adequades (fusibles, interruptor de buit) per tallar el pas de corrent.

A.3.4. Protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits

La protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits dels transformadors s'efectuarà tant en el costat de baixa tensió, com en el d'alta.

En el costat d'alta tensió, es protegiran a partir d'una cel·la de protecció amb fusibles, que en cas de curtcircuit aquests es fondran i impediran que la sobreintensitat malmeti la resta dels equips, ja que la instal·lació quedarà desconnectada de la xarxa.

El valor d'aquests fusibles haurà de ser l'adequat per permetre el correcte funcionament dels transformadors en condicions normals.

Recordem que els valors d'intensitat en el costat d'alta tensió eren de 14,55 A i de 9,24 A. Els valors dels fusibles estan normalitzats en funció de la potència nominal del transformador. Així, pels transformadors de 630 kVA, tindran un valor nominal de 50 A i pel de 400 kVA, de 25 A.

No obstant, els fusibles no garanteixen una protecció del transformador en cas de sobrecàrrega. Per això serà necessari l'ús d'un termòmetre que comprovi la temperatura del dielèctric. Si aquesta temperatura supera cert valor, indica que estem treballant en sobrecàrrega, i per tant, s'activarà un relé de la cel·la de protecció que obrirà el circuit. Aquesta maniobra deixarà la instal·lació desconnectada de la xarxa.

En el costat de baixa tensió, els transformadors quedaran protegits a partir dels fusibles dels quadres de baixa tensió. Aquests fusibles de baixa tensió tenen un corrent assignat de 400 A, que en cas de superar-se, deixarien el transformador treballant en buit.

A.3.5. Dimensionat dels ponts de connexió

Els ponts de connexió seran diferents en funció si connecten elements en el costat d'alta tensió (cel·les i transformador) o en el costat de baixa tensió (transformador i quadre de baixa tensió).

Hem vist que els corrents en el costat d'alta tensió són de valor baix, però la tensió continua essent de 25 kV, per tant el cablejat haurà de suportar aquesta tensió. Per aquest motiu s'instal·laran conductors de 95 mm² de la marca GENERAL CABLE, model Hersatene RHZ1-OL 18/30 kV H16 Al. Aquest conductor pot suportar fins a un màxim de 170 A de línia en muntatge superficial, per tant, estem dins dels límits.

Amb l'equació 9 calcularem la secció mínima del conductor per a que pugui suportar un curtcircuit en el costat d'alta tensió.

$$I_{CC}^2 \cdot t = C \cdot S^2 \cdot \Delta T \quad (\text{Eq.9})$$

On I_{CC} és la intensitat de curtcircuit (11,55 kA), t és el temps de desconexió de l'element de protecció (0,3 s per fusibles), C és un constant del material conductor (57 per alumini) i ΔT és l'increment de temperatura degut al pas de corrent de curtcircuit (160°C).

Si substituïm els diferents paràmetres i aïllem el terme S , obtenim que la secció mínima hauria de ser de 65,96 mm². Amb la secció de 95 mm² complim aquest requisit.

En el cas de baixa tensió, és la companyia distribuïdora que ens especifica com han de ser els conductors i quina configuració han de tenir en funció de la potència nominal dels transformadors. Aquets conductors seran unipolars del tipus RV 0,6/1kV. Pels transformadors de 630 kVA, els conductors de fase tindran una configuració 9x1x240 mm² i de 3x1x240 mm² pel conductor neutre. Pel transformador de 400 kVA, els conductors de fase tindran una configuració 6x1x240 mm² i de 2x1x240 mm² pel conductor neutre.

A.3.6. Dimensionat de la ventilació

La ventilació del compartiment reservat al transformador ha de ser natural. Aquesta serà facilitada per dos reixes, una d'entrada d'aire i una de sortida.

Per calcular la superfície mínima de les reixetes utilitzarem l'equació 10, que és la mateixa que utilitza l'empresa distribuïdora.

$$S = \frac{P_p}{0,24 \cdot \Gamma \cdot \sqrt{H} \cdot (t_i - t_e)^{2/3}} \quad (\text{Eq.10})$$

On S és la superfície d'entrada d'aire (m²), P_p és la potència de pèrdues en el transformador (kW), Γ és el coeficient de forma de les reixetes (0,4), H és la diferència d'altura entre centres geomètrics de les reixetes (1,50 m), t_i és la temperatura màxima admissible a l'interior del CT (55°C) i t_e és la temperatura mitjana a l'interior del CT (s'agafen 30°C).

Substituint valors, obtenim que la superfície mínima que ha de tenir la reixeta ha de ser de 0,29 m² pels CT amb transformador de 400 kVA i de 0,40 m² pels CT amb transformadors de 630 kVA.

Els envolvents PFU-5 disposen de dues reixetes de 1,03 m² de superfície, per tant, complim el requisit.

A.3.7. Instal·lació de la xarxa de posada a terra de protecció

El càlcul de la posada a terra es realitzarà d'acord amb el document elaborat per UNESA, Mètode de càlcul i projecte d'instal·lacions de posada a terra per a CT connectats a xarxes de tercera categoria.

Hem de triar una configuració de terres que s'adeqüi a les dimensions del nostre CT. Per això triarem la configuració 70-40/5/44, característiques de les quals es poden trobar a la figura A.1. La xarxa tindrà una dimensió de 7x4 m, amb 4 piquetes de 4 metres enterrades a 0,50 m de profunditat, unides amb un conductor de coure nu de 50 mm² de secció.

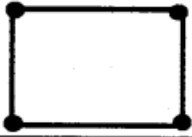
PARAMETROS CARACTERISTICOS DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA					
Rectángulo de 7.0 m x 4.0 m.					
Sección conductor = 50 mm ² .					
Diámetro picas = 14 mm.					
L _p = Longitud de la pica en m.					
PROFUNDIDAD = 0'5 m					
CONFIGURACION	L _p (m)	RESISTENCIA K _r	TENSION DE PASO K _p	TENSION DE CONTACTO EXT K _c = K _p (acc)	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.094	0.0184	0.0553	70-40/5/00
4 picas 	2	0.076	0.0165	0.0362	70-40/5/42
	4	0.064	0.0134	0.0271	70-40/5/44
	6	0.056	0.0113	0.0215	70-40/5/46
	8	0.049	0.0097	0.0177	70-40/5/48

Fig. A.1. Característiques de la configuració de posada a terra.

A partir de la taula de la figura podem obtenir les constants necessàries per calcular els paràmetres de la instal·lació de posada a terra. Aquestes dades són K_r, K_p i K_c = K_p(acc), que són 0,064, 0,0134 i 0,0271. Aquestes constants serviran per calcular la resistència de la posada a terra i les tensions en cas de falla.

Primer de tot, hem de calcular el valor de la resistència de posada a terra a partir de l'equació 11.

$$R_T = K_r \cdot \rho \quad (\text{Eq.11})$$

On R_T és el valor de la resistència (Ω), K_r és la constant resistència (m⁻¹) i ρ és el valor de les resistivitat del terreny (en aquest cas és de 200 Ω·m).

Substituint valors, obtenim que el valor de la resistència de posada a terra és de 12,8 Ω.

Amb l'equació 12 calcularem el valor de la intensitat de falta que es derivarà al terra.

$$I_{d,MT} = \frac{U_{MT}/\sqrt{3}}{\sqrt{R_T^2 + X_T^2}} \quad (\text{Eq.12})$$

On $I_{d,MT}$ és el corrent de falta (A), U_{MT} és la tensió de la xarxa d'alta tensió (25 kV), R_T són els 12,8 Ω calculats anteriorment i X_T és la impedància de posada a terra del neutre (25 Ω).

Substituint valors, obtenim que el corrent de falta derivat al terra és de 513,91 A.

Aquesta intensitat generarà certs nivells de tensió degut a la llei d'Ohm. Aquestes tensions són les tensions de contacte a l'interior del CT (U_c), la tensió de pas a l'exterior (U_p), la tensió de pas a l'accés ($U_{p(acc)}$) i la tensió de defecte (U_d). Aquestes es calculen amb les equacions 13 a 16. Els resultats dels càlculs es mostren a la taula 34.

$$U_c = K_c \cdot \rho \cdot I_{d,MT} \quad (\text{Eq.13})$$

$$U_p = K_p \cdot \rho \cdot I_{d,MT} \quad (\text{Eq.14})$$

$$U_{p(acc)} = K_{p(acc)} \cdot \rho \cdot I_{d,MT} \quad (\text{Eq.15})$$

$$U_d = I_{d,MT} \cdot R_T \quad (\text{Eq.16})$$

TENSIONS DERIVADES DE FALTES EN EL CT	
Tensions aparegudes	Nivell de tensió (V)
U_c	2.785,40
U_p	1.377,28
$U_{p(acc)}$	2.785,40
U_d	6.578,05

Taula 34. Tensions de falta

Aquests valors s'han de comparar amb uns valors màxims de tensió admissibles de tensió. Per tant, aquests valors calculats haurien de ser inferiors als màxims. Aquestes tensions màximes es calculen amb les equacions 17 a 19. En el cas de la tensió de defecte, el límit vindrà marcat pel nivell d'aïllament dels equips de BT, que en aquest cas és de 10.000 V.

$$U_{c,adm} = \frac{K}{t_{cc}^n} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot p}{1000}\right) \quad (\text{Eq.17})$$

$$U_{p,adm} = \frac{10 \cdot K}{t_{cc}^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot p}{1000}\right) \quad (\text{Eq.18})$$

$$U_{p(acc),adm} = \frac{10 \cdot K}{t_{cc}^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot p + 3p'}{1000}\right) \quad (\text{Eq.19})$$

On t_{cc} és el temps d'actuació de les proteccions (0,3 s), K és una constant que depèn del paràmetre anterior i que en aquest cas val 72, n és una altra constant dependent del temps que en aquets cas és 1, p és la resistivitat del terreny ($200 \, \Omega \cdot m$) i p' és la resistivitat del paviment de formigó del CT ($3.000 \, \Omega \cdot m$). Els resultats dels càlculs es poden trobar a la taula 35.

TENSIONS DE DEFECTE MÀXIMES ADMISSIBLES	
Tensions màximes admissibles	Nivell de tensió (V)
$U_{c,adm}$	156,00
$U_{p,adm}$	2.640,00
$U_{p(acc),adm}$	12.720,00
$U_{d,adm}$	10.000,00

Taula 35. Tensions de defecte admissibles

Com podem comprovar, la tensió de contacte calculat supera el nivell admissible. Totes les altres estan dintre del límit, per tant, no hi ha perill de patir accidents en aquest sentit.

No obstant, s'instal·larà una xarxa sota el CT que farà que es creï una superfície equipotencial a l'interior del CT. Això farà que les tensions de contacte i de pas siguin pràcticament 0.

Aquesta malla estarà soterrada a una profunditat de 0,10 m, formant rectangles de 30 cm de costat amb rodons d'acer de 4 mm de diàmetre. Aquesta malla serà electrosoldada i es connectarà a la xarxa de terra de protecció.

A.3.8. Instal·lació de la xarxa de posada a terra de servei

Com que la tensió de defecte U_d és superior a 1.000 V, el terra de protecció i el terra de servei hauran de ser xarxes diferents, no es podran unir.

A més, aquestes xarxes hauran d'estar separades una distància, que vindrà marcada per l'equació 20.

$$D = \frac{\rho \cdot I_{d,MT}}{2000 \cdot \pi} \quad (\text{Eq.20})$$

On D és la distància entre xarxes de terra (m), ρ és la resistivitat del terreny ($200 \Omega \cdot \text{m}$) i $I_{d,MT}$ és el corrent de falta (513,91 A).

Substituint valors, obtenim que la distància de separació entre terres haurà de ser de 16,36 m, com a mínim. Per tant, guardarem una distància entre terres de 16,50 m.

Per la xarxa de terra de servei, utilitzarem dues piques alineades de 4 m de longitud, enterrades a una distància de 0,50 m i separades 6 m. Les piques tindran un diàmetre de 14 mm i estaran unides mitjançant un conductor de coure nu de 50 mm^2 de secció. Aquesta configuració correspon al codi 5/24 d la figura A.2.

En aquest cas només ens cal saber el valor de la resistència de posada a terra de la xarxa, a partir del paràmetre K_r , que val $0,113 \text{ m}^{-1}$. Per calcular el valor d'aquesta resistència, utilitzarem l'expressió donada per l'equació 12, i obtenim un resultat de $22,6 \Omega$.

PARAMETROS CARACTERISTICOS DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA			
<p>Picas en hilera unidas por un conductor horizontal Separación entre picas : 6 m Longitud pica = 4 m.</p> <p>Sección conductor = 50 mm^2. Diámetro picas = 14 mm.</p>			
<p>PROFUNDIDAD = 0'5 m.</p>			
NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,113	0,0208	5/24
3	0,075	0,0128	5/34
4	0,0572	0,00919	5/44
6	0,0399	0,00588	5/64
8	0,0311	0,00432	5/84

Fig. A.2. Característiques dels elèctrodes de la xarxa de terra de servei

Era important saber aquest valor ja que no podem superar el valor de 37 Ω , ja que no hem de superar el valor de 24 V quan tinguem un defecte a la instal·lació de BT de 650 mA.

Com podem comprovar, el valor calculat és inferior al valor màxim.

A.3.9. Repartiment de la càrrega entre els centres de transformació

La càrrega de la instal·lació s'ha de repartir entre els tres CT, i es farà segons el nombre de sortides necessàries. Recordem que com a molt podem tenir fins a 8 sortides de BT en els quadres de distribució, amb un total de fins a 24 sortides en BT.

Degut a l'elevada potència dels equips de refrigeració, cada un utilitzarà una sortida (6); per altra banda, les unitats de climatització es repartiran en 3 línies en què cada una estirarà un total de deu; les bombes es repartiran de manera equitativa, en 3 línies que contindran set, set i vuit unitats; els terminals de ventilació es repartiran en 2 línies que contindran quaranta-cinc units cada una; els equips de climatització independent es dividiran en 3 circuits de dos unitats i la lluminària anirà es repartirà en dos línies. El resum es detalla a la taula 36.

POTÈNCIA DE LES LÍNIES DE BT				
Línia	Equip	Potència unitària (kW)	Unitats	Potència (kW)
CT1.1	Unitat de refrigeració	145,00	1,00	145,00
CT1.2	Unitat de refrigeració	145,00	1,00	145,00
CT1.3	Unitat de refrigeració	145,00	1,00	145,00
CT1.4	Il·luminació 1	77,22	1,00	77,22
CT1.5	Unitat climatització	8,00	10,00	80,00
CT1.6	Bombes	7,00	7,00	49,00
CT2.1	Unitat de refrigeració	145,00	1,00	145,00
CT2.2	Unitat de refrigeració	145,00	1,00	145,00
CT2.3	Unitat de refrigeració	145,00	1,00	145,00
CT2.4	Il·luminació 2	77,22	1,00	77,22
CT2.5	Unitat climatització	8,00	10,00	80,00
CT2.6	Bombes	7,00	7,00	49,00
CT3.1	Unitat climatització	8,00	10,00	80,00
CT3.2	Unitat clim. indep.	1,10	2,00	2,20
CT3.3	Unitat clim. indep.	1,10	2,00	2,20
CT3.4	Unitat clim. indep.	1,10	2,00	2,20
CT3.5	Terminals ventilació	1,50	45,00	67,50
CT3.6	Terminals ventilació	1,50	45,00	67,50
CT3.7	Bombes	7,00	8,00	56,00

Taula 36. Potència de les línies de BT

Així doncs, tenim un total de 19 línies en BT.

Finalment, la repartició de la càrrega es farà de la següent manera:

El CT1 estirarà la càrrega demandada per tres unitats de refrigeració, nou-centes lluminàries fluorescents tipus 1, cinc-centes del tipus 2 i mil set-centena d'emergència deu unitats de climatització i set bombes.

El CT2 estirarà la càrrega una càrrega igual que la del CT1.

El CT3 estirarà la càrrega restant, que són deu unitats de climatització, les sis unitats de refrigeració independent, totes les unitats de climatització independent i vuit bombes.

El resum de la potència suportada per cada CT es troba a la taula 37.

CÀRREGA DE CADA CENTRE DE TRANSFORMACIÓ			
	Nom de línia	Potència segregada (kW)	Potència total CT (kW)
CT1	CT1.1	145,00	641,22
	CT1.2	145,00	
	CT1.3	145,00	
	CT1.4	77,22	
	CT1.5	80,00	
	CT1.6	49,00	
CT2	CT2.1	145,00	641,22
	CT2.2	145,00	
	CT2.3	145,00	
	CT2.4	77,22	
	CT2.5	80,00	
	CT2.6	49,00	
CT3	CT3.1	80,00	277,6
	CT3.2	2,20	
	CT3.3	2,20	
	CT3.4	2,20	
	CT3.5	67,50	
	CT3.6	67,50	
	CT3.7	56,00	

Taula 37. Càrrega dels CT

Ara hem de passar la potència activa de cada CT a potència aparent, considerant el factor de simultaneïtat de 0,8 i el factor de potència de 0,85, amb les equacions 1 i 2.

Aplicant aquestes expressions, obtenim que la càrrega suportada pels transformadors és de 603,50 kVA, 603,50 kVA i de 261,27 kVA. Recordem que les potències màximes que poden suportar són de 630 kVA (x2) i 400 kVA.

A.4. Línies elèctriques de BT

En aquest subapartat es calcularà el corrent màxim admissible del conductor aplicant els factors de correcció corresponents, el valor del corrent que hi passa i la seva caiguda de tensió.

A.4.1. Intensitat màxima admissible

Segons la normativa pròpia de FECSA ENDESA, el cablejat de baixa tensió serà soterrat, tindrà una configuració mínima de 3x1x240 mm² d'alumini pels conductors de fase i de 1x120 mm² pel conductor de protecció, amb aïllament de XLPE per 0,6/1 kV. Conductors unipolars.

El model de cable triat per la instal·lació és el Harmony XZ1 Al (S), referències 1690117NGP i 1690120NGP.

Segons el REBT, per instal·lacions soterrades, els conductors unipolars soterrats de 240 mm² admeten un corrent màxim de 430 A, enterrats a una profunditat de 0,70 m, amb una resistivitat del terreny d'1 K·m/W i a una temperatura del terreny de 25 °C.

Aquestes condicions ideals no es donen en el nostre cas, ja que els circuits estaran a una profunditat de 0,90 m, el terreny té una conductivitat d' 1 K·m/W i la temperatura mitjana del terreny és de 10 °C.

A més, hem de considerar altres factors com el número de circuits dins de la rasa i la distància entre aquests. En aquest cas, es mantindrà una distància entre circuits de 0,25 m. El nombre de circuits dins les rases seran de 6 i 7.

Com que aniran soterrats sota tub, hem de considerar també el factor de simultaneïtat corresponent. Tots aquests factors de correcció es poden trobar a la taula 38.

FACTORS DE CORRECCIÓ	
Temperatura del terreny de 10 °C	1,11
Distància de 0,25 m entre circuits amb 6 circuits	0,70
Distància de 0,25 m entre circuits amb 7 circuits	0,68
Enterrats a una profunditat de 0,90 m	0,98
Cables unipolars soterrats sota tub	0,80

Taula 38. Factors de correcció

Per calcular la intensitat real utilitzem l'equació 21.

$$I = I_{\max} \cdot F1 \cdot F2 \cdot F3 \cdot F4 \quad (\text{Eq.21})$$

$$I = 430 \cdot 1,11 \cdot 0,70 \cdot 0,98 \cdot 0,80 = 261,94 \text{ A}$$

$$I = 430 \cdot 1,11 \cdot 0,68 \cdot 0,98 \cdot 0,80 = 254,46 \text{ A}$$

Així doncs, per les rases que continguin 6 circuits serà de 261,94 A i per les que tinguin 7 circuits, de 254,46 A. Ara hem de calcular la intensitat que circula per cada línia de BT, a partir de l'equació 22.

$$I = P / (\sqrt{3} \cdot U \cdot FP) \quad (\text{Eq.22})$$

On I és la intensitat de la línia, P es la potència dels equips connectats a la línia, U és la tensió de la línia (400 V) i FP és el factor de potència (0,85 per defecte).

A la taula 39 es poden trobar els resultats.

INTENSITAT DE LES LÍNIES DE BT		
Línia	Potència (kW)	Intensitat (A)
CT1.1	145,00	246,22
CT1.2	145,00	246,22
CT1.3	145,00	246,22
CT1.4	77,22	131,13
CT1.5	80,00	135,85
CT1.6	49,00	83,21
CT2.1	145,00	246,22
CT2.2	145,00	246,22
CT2.3	145,00	246,22
CT2.4	77,22	131,13
CT2.5	80,00	135,85
CT2.6	49,00	83,21
CT3.1	80,00	135,85
CT3.2	2,20	3,74
CT3.3	2,20	3,74
CT3.4	2,20	3,74
CT3.5	67,50	114,62
CT3.6	67,50	114,62
CT3.7	56,00	95,09

Taula 39. Intensitats de les línies de BT

Com podem comprovar, en cap moment es supera el corrent màxim que pot suportar el conductor.

A.4.2. Caiguda de tensió

Segons la normativa pròpia de FECSA ENDESA, la caiguda de tensió màxima permesa pels circuits de BT que surten del CT, ha de ser com a màxim del 7%.

Calcularem la caiguda de tensió que tenim a cada circuit amb l'equació número 23.

$$\Delta U (\%) = \frac{100 \cdot P \cdot L}{S \cdot U^2 \cdot \gamma} \quad (\text{Eq.23})$$

On ΔU és la caiguda de tensió en %, P és la potència activa transportada per la línia (W), L és la longitud de la línia (m), S és la secció del cable (mm^2), U és tensió de línia (400 V) i γ és la conductivitat del conductor a la temperatura de servei (com que es XLPE, a temperatura de 90°C , és $45 \text{ s}\cdot\text{m}/\text{mm}^2$). Els resultats es poden trobar a la taula 40.

CAIGUDA DE TENSÍO DE LES LÍNIES DE BT			
Línia	Potència (kW)	Longitud (m)	ΔU (%)
CT1.1	145,00	887,25	7,45
CT1.2	145,00	890,25	7,47
CT1.3	145,00	893,25	7,50
CT1.4	77,22	896,25	4,01
CT1.5	80,00	899,25	4,15
CT1.6	49,00	902,25	2,55
CT2.1	145,00	246,25	2,07
CT2.2	145,00	243,25	2,04
CT2.3	145,00	240,25	2,02
CT2.4	77,22	237,25	2,12
CT2.5	80,00	234,25	1,08
CT2.6	49,00	231,25	0,66
CT3.1	80,00	1.320,70	6,11
CT3.2	2,20	1.323,70	0,17
CT3.3	2,20	1.326,70	0,17
CT3.4	2,20	1.329,70	0,17
CT3.5	67,50	1.332,70	5,21
CT3.6	67,50	1.335,70	5,22
CT3.7	56,00	1.338,70	4,34

Taula 40. Caiguda de tensió a les línies de BT

Com podem veure, hi ha diverses línies que no compleixen el requisit del 7% de caiguda de tensió màxima, que son la CT1.1, CT1.2 i CT1.3. Per reduir la caiguda de tensió a les línies, substituïrem els conductors per cablejat de secció 300 mm^2 per les fases i 150 mm^2 pels conductors de protecció, també de la casa GENERAL CABLE, model Harmony XZ1 Al (S), referències 1690121NGP i 1690118NGP.

Amb aquesta nova secció, la caiguda de tensió de les tres línies és 5,96%, 5,98% i 6%, respectivament.

Aquest increment de secció augmentarà també el valor de la intensitat màxima admissible respecte els conductors de 240 mm². Aplicant l'equació 21, obtenim que la intensitat màxima admissible per aquest conductor és de 301,15 A, superior als 246 A requerits per la línia.

Per tant, amb aquesta modificació complim els requeriments de la companyia distribuïdora ja que en cap cas superem el 7% de la caiguda de tensió.

B. ESTUDI BÀSIC DE SEGURETAT I SALUT EN EL TREBALL

B.1. Objecte

L'objecte d'aquest estudi és elaborar un estudi bàsic de salut i seguretat per les diferents activitats que es duran a terme durant el procés d'execució d'aquest projecte.

L'estudi contemplarà la identificació dels riscos laborals, les mesures preventives i les normes de salut i seguretat en el treball aplicables en els àmbits corresponents.

Aquesta obra s'executarà en el terme municipal de Salt (Girona) i consisteix en la construcció d'una xarxa elèctrica de distribució subterrània, la construcció de tres centres de transformació i una xarxa de distribució en baixa tensió.

B.2. Obligacions del contractista

Abans de començar la fase d'execució del projecte, l'empresa adjudicatària està obligada a elaborar un pla de seguretat i salut en el treball propi.

Aquest haurà de ser complementari a l'estudi bàsic adjunt, i s'han d'analitzar, estudiar i desenvolupar les previsions necessàries.

B.3. Activitats bàsiques

Durant el procés d'execució es poden identificar tres treballs clarament diferenciats, els quals són l'estesa del cablejat d'alta tensió, la construcció completa dels centres de transformació i l'estesa del cablejat de baixa tensió.

L'estesa del cablejat d'alta i baixa tensió inclou les activitats de moviment de personal, el transport de materials, obertura de rases, estesa de cables, connexionat de cablejat, reposició de terres, tancament de rases, compactació del terreny, reposició de paviment i maniobres per connectar/desconnectar tensió de la xarxa.

La construcció dels centres de transformació inclou les activitats de moviment de personal, transport de personal, excavacions pels fonaments dels centres, formigonat dels fonaments, construcció dels envolvents de formigó, muntatge d'equips de maniobra, protecció i transformadors i muntatge d'equips de baixa tensió.

B.4. Identificació de riscos

Quan ens referim a riscos, no només hem de tenir-ne compte els riscos laborals del treballadors, sinó que també hem de preveure possibles riscos i danys causats a terceres persones. Aquests riscos es troben identificats a les taules 41 i 42.

RISCOS LABORALS
Caigudes de personal
Caigudes d'objectes
Despreniments, enfonsaments o ruïnes
Xoca i cops
Atrapaments
Talls
Projeccions
Contactes tèrmics
Contactes químics
Contactes elèctrics
Riscos derivats del tràfic
Explosions
Agressions d'animals
Sorolls
Vibracions
Ventilació
Il·luminació
Condicions tèrmiques

Taula 41. Riscos laborals

RISCOS A TERCERS
Existència de curiosos
Proximitat de circulació vial
Proximitat de zones habitades
Presència de cables elèctrics amb tensió
Manipulació de cable amb corrent
Existència de canonades de gas o aigua

Taula 42. Riscos a tercers

B.5. Prevenció de riscos laborals a nivell col·lectiu

Per evitar o reduir els riscos mencionats, s'hauran d'adoptar una sèrie de mesures a nivell col·lectiu, que es detallaran a continuació.

Per a treballs relacionats amb obra civil es seguiran recomanacions tals com mantenir la zona treball es neta i ordenada; es condicionaran passos per a vianants; es senyalitzarà degudament la zona de treball; es disposarà del nombre adequat de farmacioles i equips de primers auxilis en funció del número de treballadors; les rases i excavacions es senyalitzaran adequadament; es revisarà l'estat de les escales; a les escales només podrà pujar un operari simultàniament mentre un altre aguanta la base; les bases de les escales no sobresortiran més d'un metre del pla al que vol accedir; les eines de treball es pujaran amb corda i a l'interior d'una bossa; quan es treballi per sobre de 2 m s'utilitzarà cinturó de seguretat; s'evitarà treballar a diferents nivells; s'evitarà romandre sota càrregues suspeses; la maquinària només serà utilitzada per personal especialitzat; es comprovarà l'estat del terreny abans d'iniciar el treball; s'ha d'evitar l'acumulació de terres a prop de les rases; en cas d'utilitzar productes químics, es seguiran sempre les instruccions del fabricant; es muntarà protecció per evitar atropellaments; en cas d'atmosfera nocives, es muntaran equips de ventilació forçada; el materials explosius es mantindran allunyants de la zona de treball; s'utilitzaran equips d'il·luminació adequats.

Pels treballs on existeixi ris elèctric, s'adoptaren mesures de seguretat tals com utilitzar transformadors de seguretat per zones molt conductores; haver rebut la formació adequada per treballs amb tensió; es treballarà sempre desconnectat de la xarxa, amb els equips connectats a terra i en curtcircuit; es restablirà el subministrament elèctric quan no quedi cap operari treballant; disposar del material de seguretat necessari.

B.6. Prevenció de riscos laborals a nivell individual

El personal ha de disposar sempre del material de protecció individual, que consta de casc de seguretat, roba de treball adequada, impermeable, calçat de seguretat, botes d'aigua, guants de protecció, guants de goma, ulleres de protecció, pantalla facial, orelles, protecció contra vibracions i màscares.

Per prevenir danys a terceres persones, es vallarà la zona de treball amb balises lluminoses i cartells de prohibit el pas, així com senyalitzar a la calçada l'existència d'obres i els desviaments provisionals de circulació provocats per aquests.

C. TITULARITAT DE LA INSTAL·LACIÓ

La titularitat de les instal·lacions seran compartides, ja que des del punt de connexió de la xarxa d'alta tensió fins a la sortida del transformador, serà titular l'empresa subministradora, que en aquest cas és Endesa Distribución S.A, amb adreça a Plaça dels països catalans, 1, 17006, Girona, mentre que a partir de la sortida del transformador fins a la instal·lació interior, el propietari serà el Centre Comercial Espai Gironès S.L, amb domicili c/ Camí dels Carlins, nº5, Salt, Girona.