

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

IL·LUMINACIÓ DE LA NOVA PASSARELLA DE PINEDA DE MAR

Memòria

HIDALGO CAPARRÓS, Adrian

PONENT: ALEPUZ MENÉNDEZ, Salvador

TARDOR/PRIMAVERA 2021

Resum

En el present document, es mostra la memòria final del disseny i construcció de la instal·lació d'enllumenat d'una passarel·la per vianants de nova construcció. S'exposa el procés requerit per desenvolupar el projecte final, de tal manera que l'hipotètic client pugui consultar la feina de disseny realitzada. Fins a la data d'entrega d'aquest document, s'ha decidit emprar perfils lineals LED col·locats sota les baranes de la passarel·la. L'alimentació de la instal·lació es realitzarà a partir d'un sistema fotovoltaic aïllat de xarxa, format per 8 panells solars distribuïts proporcionalment en 4 *strings*, un inversor híbrid de 3000W i 8 bateries de 6V connectades en sèrie. Per una descripció més detallada, es convida al lector interessat a llegir el document.

Resumen

En el presente documento se muestra la memoria final del diseño y la construcción de la instalación de iluminación de una pasarela para peatones de nueva construcción. Se expone el proceso requerido para desarrollar el proyecto final, de tal manera que el hipotético cliente pueda consultar el trabajo de diseño realizado. Hasta la fecha de entrega de este documento, se ha decidido hacer uso de perfiles lineales LED colocados debajo de las barandas de la pasarela. La alimentación de la instalación se realizará a partir de un sistema fotovoltaico aislado de red, formado por 8 paneles solares distribuidos proporcionalmente en 4 *strings*, un inversor híbrido de 3000W y 8 baterías de 6V conectadas en serie. Para una descripción más detallada, se invita al lector interesado a leer el documento.

Summary

This document shows the final design and construction report for the lighting installation of a newly constructed pedestrian walkway. The process required to develop the final projects is presented so that the hypothetical client can consult the design work carried out. Up to the date of submitting this document, it has been decided to use LED linear profiles placed under the railings of the footbridge. The power supply of the installation will be provided by a grid isolated photovoltaic system, that consist of 8 solar panels distributed proportionally in 4 strings, a 3000W hybrid inverter and 8 6V batteries connected in series. For a more detailed description, the interested is invited to read the document.

Índex

Índex	I
Índex d'il·lustracions	VII
Índex de taules	XI
Glossari de termes	XIII
1. Objectius	1
1.1. Propòsit	1
1.2. Finalitat	2
1.3. Objecte	2
1.4. Abast	2
1.5. Línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus	3
2. Antecedents i necessitats d'informació	4
3. Marc conceptual	7
3.1 Font d'energia procedent d'energies renovables	7
3.1.1 Energia eòlica	7
3.1.2 Energia hidràulica	10
3.1.3 Energia solar	11
3.2 Enllumenat	16
3.2.1 Llum	16
3.2.2. Làmpades	23
3.2.3 Posicionament de l'enllumenat	23
3.3. Tipus d'instal·lacions d'autoconsum	28
4. Estudi luminotècnic de la superfície transitable	28
4.1. Modelització 3D del sistema d'enllumenat	30
5. Elecció de la font energètica	36
5.1. Valoració de la càrrega de la instal·lació	36
5.2. Vent	37
5.3. Cabal riu	38
5.4. Radiació solar	39
6. Descripció tècnica de la instal·lació	41
6.1. Generació energètica estimada	41

6.1.1. Inclinator dels m3duls solars.....	41
6.1.2. Radiaci3 de la zona.....	43
6.1.3. P3rdues	46
6.1.3.1. P3rdues en les plaques fotovoltaiques per brut3cia.....	47
6.1.3.2. P3rdues en l'inversor	47
6.1.3.3. P3rdues en el regulador.....	48
6.1.3.4. P3rdues a causa de la temperatura	48
6.2.3.5. P3rdues en dissipaci3 de par3metres entre m3duls.....	48
6.1.3.6. P3rdues en reflect3ncia angular espectral.....	49
6.1.3.7. P3rdues per ombra	49
6.1.3.8. P3rdues en cablejat	50
6.1.3.9. P3rdues totals.....	51
6.1.3. Aprofitament de la radiaci3	52
6.2. Dimensionament de la instal·laci3	55
6.2.1. Panell fotovoltaiques	56
6.2.1.1. Connexi3 dels panells solars.....	56
6.2.1.2. Compliment de les caracter3stiques dels panells solars	57
6.2.1.3. Suports dels panells solars.....	59
6.2.2. Inversor.....	60
6.2.2.1. Connexi3 de l'inversor	62
6.2.2.2. Compliment de les caracter3stiques de l'inversor.....	62
6.2.3. Acumulador	64
6.2.3.1. Connexi3 de les bateries	65
6.2.3.2. Compliment de les caracter3stiques de les bateries	66
6.2.4. Cablejat.....	68
6.2.4.1. Cablejat tram 1 (Generador-Inversor)	69
6.2.4.1.1. Comprovaci3 del conductor.....	70
6.2.4.1.2. Comprovaci3 del tub	72
6.2.4.2. Cablejat tram 2 (Acumulador-Inversor).....	73
6.2.4.2.1. Comprovaci3 del conductor.....	73
6.2.4.2.2. Comprovaci3 del tub	76
6.2.4.3. Cablejat tram 3 (Inversor-Carregues).....	76
6.2.4.3.1. Comprovaci3 del conductor.....	77

6.2.5. Proteccions	80
6.2.5.1. Magnetotèrmic.....	80
6.2.5.2. Interruptor diferencial.....	82
6.2.5.3. Fusible	83
6.2.5.4. Presa a terra	84
6.2.6. Sensor crepuscular.....	85
6.2.6.1. Comprovació del sensor crepuscular.....	85
6.2.7. Caixes	86
6.2.7.1. Caixa 1.....	86
6.2.7.1. Caixa 2.....	87
6.2.7.1. Caixa 3.....	87
7. Guia de posada en marxa i manteniment de la instal·lació	85
7.1. Recepció de la instal·lació de cara a l'administració.	85
7.2. Proves prèvies a la posada en marxa de la instal·lació.....	85
7.3. Pla de manteniment de la instal·lació	86
7.4. Garantia	87
8. Impacte ambiental.....	89
8.1. Identificació d'impactes	89
8.2. Avaluació d'impactes	90
8.2.1. Fase de construcció.....	93
8.2.1.1. Impacte sobre la geologia.....	93
8.2.1.1.1. Alteracions sobre la geomorfologia.....	93
8.2.1.1.2. Pèrdua de sòl.....	93
8.2.1.2. Impacte sobre les aigües	94
8.2.1.2.1. Aigües superficials	94
8.2.1.2.2. Aigües subterrànies.....	95
8.2.1.3. Impactes sobre les comunitats biològiques	95
8.2.1.3.1. Vegetació	95
8.2.1.3.2. Fauna	96
8.2.1.4. Impacte sobre el paisatge.....	97
8.2.1.5. Impactes sobre els nivells sonors (producció de sorolls)	98
8.2.1.6. Impactes sobre la qualitat de l'aire.	98
8.2.1.7. Impacte socio-econòmics	100

8.2.1.8. Gestió de residus.....	100
8.2.2. Fase d'exploració.....	101
8.2.2.1. Qualitat de les aigües subterrànies i superficials.....	101
8.2.2.2. Qualitat visual per la presència d'estructures o edificacions.....	101
8.2.2.3. Soroll emès com a conseqüència del funcionament de la construcció	103
8.2.2.3. Qualitat de l'aire per l'emissió d'olors.....	103
8.2.2.4. Generació de residus.....	103
8.3. Mesures preventives, compensatòries i correctores recomanades.....	103
8.3.1. Mesures preventives.....	104
8.3.1.1. Fase de construcció.....	104
8.3.1.1.1. Moviment general de terres.....	104
8.3.1.1.2. Hidrologia.....	105
8.3.1.1.3. Vegetació.....	106
8.3.1.1.4. Fauna.....	106
8.3.1.1.5. Paisatge.....	106
8.3.1.1.6. Soroll.....	106
8.3.1.1.7. Pols.....	106
8.3.1.1.8. Residus.....	106
8.3.1.1.9. Patrimoni cultural.....	107
8.3.1.2. Fase d'exploració.....	107
8.3.1.2.1. Hidrologia.....	107
8.3.1.2.2. Vegetació i fauna.....	107
8.3.1.2.3. Soroll.....	107
8.3.1.2.4. Residus.....	107
8.3.1.2.5. Oloros.....	107
8.3.2. Mesures correctores.....	107
8.3.2.1. Geologia.....	107
8.3.2.2. Integració paisatgística.....	107
8.3.2.3. Sorolls.....	108
8.3.2.4. Oloros.....	108
8.4. Programa de vigilància ambiental.....	108
8.4.1. Objecte del programa.....	108
8.4.2. Desenvolupament del programa.....	108

8.4.2.1. Fases i durada del programa	108
8.4.2.2. Equip de treball.....	109
8.4.2.3. Tramitació d'informes	109
8.4.3. Primera fase: Pla de seguiment i control durant l'execució de les obres ...	109
8.4.3.1. Consideracions generals	109
8.4.3.2. Seguiment de mesures protectores o preventives.....	109
8.4.3.2.1. Control del moviment general de terres	109
8.4.3.2.2. Control de les àrees de moviment de maquinària.....	109
8.4.3.2.3. Control d'operacions sorolloses	109
8.4.3.2.5. Control dels residus	110
8.4.3.2.6. Control d'ubicació de pèrdues, zones de préstec, abocadors i zones d'aplec temporal	110
8.4.3.2.7. Manteniment de serveis i servituds	111
8.4.3.2.8. Seguiment de mesures correctores	111
8.4.3.3. Informes.....	111
8.4.3.3.1. Informes ordinaris.....	111
8.4.3.3.1. Informes extraordinaris.....	111
8.4.4. Segona Fase: Pla de seguiment i control durant l'exploració de les instal·lacions.....	112
9. Planificació del projecte	114
10. Conclusió del projecte	116
11. Referències	119
11.1. Compliment de les normes vigents.....	119
11.2. Bibliografia.....	120

Índex d'il·lustracions

Figura 2.1: Localització del present projecte.....	4
Figura 2.2: Pont antic a derruir.....	5
Figura 2.3: Voltants l'emplaçament del projecte.....	5
Figura 2.4: Línia d'alimentació publica més propera.....	6
Figura 2.5: Emplaçament per la maquinaria de subministrament energia renovable.....	6
Figura 3.1: Aerogenerador.....	8
Figura 3.2: Penell modern.....	8
Figura 3.3: Mecanisme intern aerogenerador.....	9
Figura 3.4: Aprofitament energia hidràulica.....	10
Figura 3.5: Impacte de partícules de llum radiant amb electrons de valència.....	11
Figura 3.6: Planta fotovoltaica.....	12
Figura 3.7: Panell fotovoltaic monocristal·lí.....	12
Figura 3.8: Panell fotovoltaic policristal·lí.....	13
Figura 3.9: Sistema col·lectors solars (CSP).....	14
Figura 3.10: Bombeta.....	15
Figura 3.11: Bases més emprades en bombetes.....	16
Figura 3.12: Tub.....	16
Figura 3.13: Bases més emprades en tubs fluorescents.....	17
Figura 3.14: Llum fluorescent.....	17
Figura 3.15: Dades fotomètriques aproximades, poden variar segons fabricant.....	18
Figura 3.16: Llum de vapor de sodi d'alta pressió.....	18
Figura 3.17: Dades fotomètriques aproximades, poden variar segons fabricant.....	19
Figura 3.18: Llum de mercuri amb halogenurs metàl·lics.....	19
Figura 3.19: Dades fotomètriques aproximades, poden variar segons fabricant.....	20
Figura 3.20: Llum LED.....	20
Figura 3.21: Dades fotomètriques aproximades, poden variar segons fabricant.....	21
Figura 3.22: Exemple de fanal.....	22

Figura 3.23: Enllumenat amb fanals.....	23
Figura 3.24: Enllumenat col·locat en la base de l'estructura.....	24
Figura 3.25: Enllumenat sota les baranes.....	25
Figura 3.26: Enllumenat situat en la mateixa estructura de la passarel·la.....	26
Figura 4.1: Disposició de les llums sota les baranes.....	29
Figura 4.2: Modelització de la passarel·la i l'entorn amb el programa Dialux.....	32
Figura 4.3: Perfil lineal LED Norka Brig m1200.....	32
Figura 4.4: Lluminaària activa, Dialux.	33
Figura 4.5: Dades luminotècnics, Dialux.....	33
Figura 4.6: Emplaçament de l'enllumenat.....	34
Figura 4.7: Característiques de la fusta escollida per a la passarel·la.....	34
Figura 4.8: Simulació del model.....	35
Figura 4.9: Resultat en escala de colors, unitat de mesura dels valors mostrats "lx"	36
Figura 5.1: Mapa d'isotaques per l'obtenció de la velocitat bàsica fonamental del vent vb,0.....	38
Figura 5.2: Retall de mapa definit per zones segons radiació solar.....	40
Figura 6.1: Inclinació generadors solars.....	42
Figura 6.2: Coordenades d'estudi de la radiació solar.....	43
Figura 6.3: Variables per l'obtenció de la radiació.....	44
Figura 6.4: Resultats de radiació obtinguts de PVGIS.....	45
Figura 6.5: Dibuix representatiu de les possibles ombres.....	48
Figura 6.6: Model de panell solar emprat.....	55
Figura 6.7: Suport dels panells solars.....	58
Figura 6.8: Model d'inversor emprat.....	60
Figura 6.9: Model de bateria emprat.....	62
Figura 6.10: Connexió de les bateries.....	63
Figura 6.11: Cables emprats Generador-Inversor.....	67
Figura 6.12: Protecció del cablejat Generador-Inversor.....	67
Figura 6.13: Cables emprats Acumulador-Inversor.....	70

Figura 6.14: Cables emprats Inversor-Carregues.....	73
Figura 6.15: Tub rígid PVC.....	73
Figura 6.16: Abraçadora de tubs.....	74
Figura 6.17: Magnetotèrmic escollit.....	77
Figura 6.18: Interruptor diferencial emprat.....	78
Figura 6.19: Fusible emprat.....	79
Figura 6.20: Sensor crepuscular.....	81
Figura 6.21: Caixa 1.....	82
Figura 6.22: Repartidor de corrent.....	82
Figura 6.23: Caixa 2.....	83
Figura 6.24: Caixa 3.....	83
Figura 6.25: Regleta.....	84
Figura 10.1: Modelització final de l'enllumenat.....	116

Índex de taules

Taula 3.1: Diàmetre del tub segons nomenclatura.....	18
Taula 4.1: Classes d'enllumenat.....	29
Taula 4.2: Valors per les classes d'enllumenat.....	30
Taula 5.1: Radiació per zona climàtica.....	40
Taula 6.1: Inclinació òptims.....	41
Taula 6.2: Resultats de radiació obtinguts de PVGIS.....	45
Taula 6.3: Càlcul de la potència perduda en cada tram.....	51
Taula 6.4: Justificació de l'obtenció de G_{dm} (0) kWh/m ² ·dia.....	53
Taula 6.5: Determinació del factor d'inclinació "K".....	54
Taula 6.6: Rendiments mínim de l'inversor a escollir.....	61
Taula 6.7: Intensitat admissible de conductors a 40°C.....	69
Taula 6.8: Intensitat admissible de conductors soterrats.....	69
Taula 6.9: Factor de correcció per distintes temperatures (cables en galeries subterrànies i cables soterrats).....	71
Taula 6.10: Factor d'agrupament de cables unipolars en tubulars soterrats.....	71
Taula 6.11: Factor de correcció per distintes profunditats de soterrament.....	72
Taula 6.12: Diàmetres de tub de canalització del cablejat.....	73
Taula 6.13: Factor de correcció per distintes temperatures.....	75
Taula 6.14: Factor d'agrupament de cables unipolars.....	75
Taula 6.15: Factor de correcció per distintes temperatures.....	79
Taula 6.16: Factor d'agrupament de cables unipolars.....	79
Taula 6.17: Diàmetres de tub de canalització del cablejat.....	80
Taula 8.1: Valoració dels impactes sobre la geomorfologia.....	93
Taula 8.2: Valoració de l'impacta en pèrdues de sol.....	94
Taula 8.3: Valoració de l'impacta en aigües superficials.....	95
Taula 8.4: Valoració de l'impacta en la vegetació.....	96

Taula 8.5: Valoració de l'impacta en la fauna.....	96
Taula 8.6: Valoració de l'impacta sobre el paisatge.....	97
Taula 8.7: Soroll emès per les màquines treballant a una distància de 15m.....	98
Taula 8.8: Valoració de l'impacta sonor.....	98
Taula 8.9: Valoració de l'impacte sobre la qualitat de l'aire.....	99
Taula 8.10: Valoració de l'impacte social.....	100
Taula 8.11: Valoració de l'impacte econòmic.....	100
Taula 8.12: Valoració de l'impacte en la gestió de residus.....	101
Taula 8.13: Valoració de l'impacte en la qualitat de les aigües subterrànies i superficials.....	101
Taula 8.14: Valoració de l'impacte sobre la qualitat visual per la presència d'estructures o edificacions.....	102
Taula 8.15: Valoració de l'impacte sobre el soroll emès.....	103
Taula 9.1: Entrega de documentació.....	114
Taula 9.2: Diagrama de Gantt per l'execució de les diferents tasques del projecte.....	114

Glossari de termes

A	Autonomia dels acumuladors (dies)
C	Capacitat nominal de les bateries (Ah)
cdt	Caiguda màxim de tensió en la línia (V)
CSP	Sistema col·lectors solars
C_{max}	Capacitat nominal màxima necessària de les bateries (Ah)
C_{min}	Capacitat nominal mínima necessària de les bateries (Ah)
d	Distància entre obstacles o plaques (m)
E_d	Energia demandada (Wh/dia)
E_D	Potència demandada per la instal·lació (Wh/dia)
E_m	Luminància mitjana
E_{min}	Luminància mínima
E_p	Energia produïda (Wh/dia)
FI	Factor que representa la irradiància del panell solar (Wh/dia)
FS	Factor que representa l'ombra (Adimensional)
G_{dm}	Valor mitjà de radiació sobre una superfície (kWh/m ² ·dia)
h	Altura possible obstacle (m)
h_n	Hores de nit aproximades en el solstici d'hivern (h)
I	Valor de la intensitat del tram (A)
I_{A1}	Intensitat admissible del conductor del tram 1 (A)
I_{A2}	Intensitat admissible del conductor del tram 2 (A)
I_{A3}	Intensitat admissible del conductor del tram 3 (A)
ICAEN	Institut Català d'Energia
$I_{cc,CEM,g}$	Intensitat de curtcircuit del conjunt de panells solars (A)
IDAE	<i>Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía</i>

$I_{dem,c}$	Intensitat total línia càrrega (A)
$I_{dem,i}$	Intensitat màxima demandada per l'inversor (A)
$I_{Max,i}$	Intensitat màxima permissible per l'inversor (A)
$I_{Max,r}$	Intensitat màxima del regulador (A)
I_{mpp}	Intensitat màxima en el pic de potència de cada grup (A)
$I_{n,f}$	Intensitat del fusible (A)
$I_{n,id}$	Intensitat nominal de l'interruptor diferencial (A)
$I_{n,m}$	Intensitat nominal del magnetotèrmic (A)
$I_{n,sc}$	Intensitat nominal del sensor crepuscular (A)
IRC	Índex de reproducció cromàtica
ITC	<i>Instrucción Técnica Complementaria</i>
$I_{T,g}$	Intensitat total produïda pel generador (A)
$I_{2,1}$	Intensitat que assegura l'actuació del magnetotèrmic de protecció (A)
$I_{2,2}$	Intensitat que assegura l'actuació del fusible de protecció (A)
k	Factor d'afectació de la latitud (Adimensional)
K	Constant (Adimensional)
L	Longitud del cablejat (m)
L_{cab}	Pèrdues que es generen en el cablejat (Adimensional)
L_{dis}	Pèrdues a causa de la dispersió entre mòduls (Adimensional)
L_{inv}	Pèrdues generades en l'inversor (Adimensional)
lm	Lumen
L_{pol}	Pèrdues per la brutícia de les plaques fotovoltaïques (Adimensional)
L_{rb}	Pèrdues pel regulador (Adimensional)
L_{ref}	Pèrdues a causa de la reflectància angular espectral (Adimensional)
L_{tem}	Pèrdues a causa de la temperatura (Adimensional)
L_{usu}	Pèrdues per potència (Adimensional)

lx	Lux
m	Metre
$N_{Bara.}$	Nombre de baranes en la passarel·la (Unitats)
N_{LED}	Nombre de perfils lineals LED per cada barana (Unitats)
N_P	Nombre de grups de panells en paral·lel (Unitats)
N_S	Nombre de panells en sèrie (Unitats)
N_T	Nombre total de panells FV (Unitats)
PD_{max}	Percentatge de descàrrega màxim dels acumuladors (Adimensional)
P_i	Potència d'una única càrrega (W)
P_{inv}	Potència de l'inversor (W)
$P_{mp,max}$	Potència pic màxim, que ha de produir el generador FV (W)
$P_{mp,min}$	Potència pic mínim que ha de produir el generador FV (W)
P_{mp}	Potència pic del generador fotovoltaic (W)
PR	Pèrdues de la mateixa instal·lació (Adimensional)
$P_{p,g}$	Potència pic que produeix el generador (W)
P_{pn}	Potència pic nominal, que produeix cada panell FV (W)
P_t	Potència total de les càrregues (W)
S	Secció del cable (mm^2)
$V_{Max,i}$	Tensió màxima permissible per l'inversor (V)
$V_{Min,i}$	Tensió mínima permissible per l'inversor (V)
V_{mpp}	Tensió màxima dels panells en el pic de potència (V)
$V_{nom,a}$	Tensió nominal de l'acumulador (V)
V_{oc}	Tensió en buit de cada panell solar (V)
$V_{T,g}$	Diferència de tensió total produïda pel generador (V)
W	Watt
W_{cab}	Potència perduda en cablejat (W)

W_{tot}	Potència de la línia que prové del generador (W)
X_D	Consum mig diari de la instal·lació (Ah/dia)
β	Latitud de l'emplaçament (°)
β_{opt}	Angle d'inclinació òptim (°)
$\eta_{agr.}$	Factor d'agrupament (Adimensional)
η_{inv}	Rendiment de l'inversor (Adimensional)
$\eta_{pro.}$	Factor profunditat de soterrament (Adimensional)
η_{reg}	Rendiment del regulador (Adimensional)
$\eta_{tem.}$	Factor de temperatura (Adimensional)
Φ	Latitud (°)
α	Azimut, orientació òptim del panell solar (°)
ρ	Resistivitat del cablejat a 20°C ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

1. Objectius

Com a objectiu general el present projecte vetlla en tot moment per la preservació de l'entorn, evita consums energètics innecessaris, pretén minimitzar la contaminació i promou les tecnologies més eficients per avançar cap a un model urbanístic de consum d'energia que sigui sostenible i contribueixi a l'objectiu europeu de baixar la petjada de l'emissió del carboni a l'atmosfera d'acord amb els objectius del Pla de l'energia i canvi climàtic de Catalunya 2012-2020.

1.1. Propòsit

El propòsit d'aquest projecte es posar solució a nivell d'enginyer electrònic a la problemàtica que es presenta en el següent context.

L'ajuntament del municipi de Pineda de Mar en un futur desenvoluparà una nova zona urbanitzable en el Barri les creus. Aquesta nova zona urbanitzable es troba delimitada per la riera Pineda, per tant, un accés serà necessari per realitzar la comunicació entre el nou sector urbanitzable i una zona verda. La solució a implementar és la construcció d'un pont de vianants per salvar així la barrera natural que suposa la riera.

Actualment, la comunicació de la zona verda amb la nova zona urbanitzable es realitza per un pont mig derruït, sense baranes ni il·luminació, d'una amplada menor a un metre a 200m de la nova construcció. El pont actual suposa un greu perill per als usuaris, però especialment resulta un impediment per la gent amb cadira de rodes.

És necessari recalcar que aproximadament a 500m se situa el col·legi *Horitzó* especialitzat en gent discapacitada, llavors si algun alumne del col·legi que disposes com a únic element de transport una cadira de rodes i al mateix temps visques en la nova zona urbanitzables el camí que hauria de realitzar superaria el kilòmetre de recorregut i que en el cas de fer-se de nit amb visibilitat pràcticament nul·la per falta d'il·luminació, fet inviable.

En la nova zona urbanitzable es preveu de manera molt aproximada la construcció de 150 habitatges. Caldria doncs, construir un accés per vianants condicionat amb la il·luminació adequada des d'aquesta nova zona urbanitzada, a la zona verda, salvant l'encreuament de la riera Pineda mitjançant un pont per vianants segur, que permeti el seu ús a gent amb cadira de rodes, construït amb ciment i fusta, amb una amplada suficient per a l'ús de dues persones a l'hora.

És per això que amb l'entrega d'aquest projecte a l'Excel·lentíssim Ajuntament de Pineda de Mar es proposi il·luminar el nou pont, amb un subministrament preferiblement d'energies renovables.

1.2. Finalitat

El present projecte té com a finalitat desenvolupar el disseny i dimensionament de l'enllumenat. L'alimentació energètica de recurs sostenible i els seus elements auxiliars de la passarel·la de Pineda de Mar en l'àmbit d'enginyer electrònic.

1.3. Objecte

L'objecte d'aquest projecte, la conformació del document amb les característiques descriptives que han de complir el conjunt de les instal·lacions elèctriques per a l'enllumenat de l'accés a la passarel·la de la riera de Pineda de Mar, i que junt amb el respectiu subministrament elèctric de les instal·lacions elèctriques es doni compliment a les disposicions del Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió (Real Decret 842/2002, d'agost, i les seves Instruccions Tècniques Complementàries)

1.4. Abast

La investigació de la tecnologia requerida no anirà més enllà de l' actualment ja existent. Sempre que sigui viable se seguiran normatives i s'utilitzaran programes informàtics per a optimitzar la feina a realitzar.

Quan es parla d'energies renovables i enllumenat el camp d'extensió d'investigació és infinit, no obstant això, tots els estudis i verificacions seran purament necessaris per a la demostració i interpretació del projecte. Alguns d'aquests estudis que es portarà a terme són el consum energètic, el dimensionament dels elements, optimització de la instal·lació.

En el dimensionat d'elements, per exemple, normalment les característiques requerides per cadascun dels elements són molt específics, i el fet d'utilitzar els elements que es comercialitzen o es normalitzen suposen un petit sobredimensionat. El dimensionament més idoni seria el disseny dels elements que el conformen de manera personalitzada per la instal·lació, aquest fet suposaria una investigació i un desenvolupament del projecte d'una profunditat considerada. El que es realitzarà en aquest cas, un cop conegudes les necessitats dels elements de la instal·lació, és una recerca exhaustiva dels diferents components en diversos catàlegs i pàgines web per tal d'escollir el més pròxim i el que s'ajusti més als requeriments.

L'optimització de l'ús i determinades decisions de la construcció de les instal·lacions també es podrien portar a nivells d'estudi molt extensos, així i tot, el nivell d'optimització en el present projecte serà el requerit per projectes d'aquesta tipologia. Es portarà a terme l'optimització del consum energètic de manera més minuciosa, ja que, és un dels aspectes primordials en tot el projecte, en canvi, altres aspectes com per exemple el recorregut dels cables de la línia es farà ús del criteri propi i l'experiència fins ara assolida. Aquestes consideracions en l'àmbit d'optimització es consideren suficients i òptimes entre volum de feina i aprofitament.

Per tal que l'afectació de la instal·lació de la passarel·la sigui la menor possible es crea un estudi d'impactes. Aquest estudi considerarà els impactes en fase de construcció i en fase de servei. Es limitarà a nomenar els impactes i a considerar possibles solucions, perquè siguin aplicades per part dels constructors, ja que les solucions als impactes que es poden aplicar pel que fa al disseny es presentaran ja corregides.

Per concloure, el que es pretén és fer un projecte totalment útil, amb les seves verificacions i estudis corresponents, la seva planificació d'execució i valoració de costos, per tal que es porti a terme i s'interpreti de la manera més clara possible pels treballadors instal·ladors.

1.5. Línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus

Amb els coneixements obtinguts en el transcurs dels diferents cursos realitzats del grau d'enginyeria electrònica a la universitat Tecnocampus es consideren més que suficients per a executar les tasques anteriorment esmentades. Cal comentar que una gran quantitat dels càlculs elaborats en aquest projecte no tenen una relació directa amb la majoria d'assignatures efectuades, encara i així, Tecnocampus forma als enginyers per tal de desenvolupar una actitud amb criteri enginyeril. El present projecte s'engloba dins de les línies del grup de recerca de Fabricació Intel·ligent i Innovació Industrial (FI4.0).

2. Antecedents i necessitats d'informació

L'emplaçament del present projecte se situa en Pineda de Mar, un petit poble del Maresme. On en la seva riera principal, Riera de Pineda es construirà la nova passarel·la a instal·lar l'enllumenat, concretament a les coordenades geogràfiques 41° 38' 55". A continuació, es mostra la localització en un mapa geogràfic.

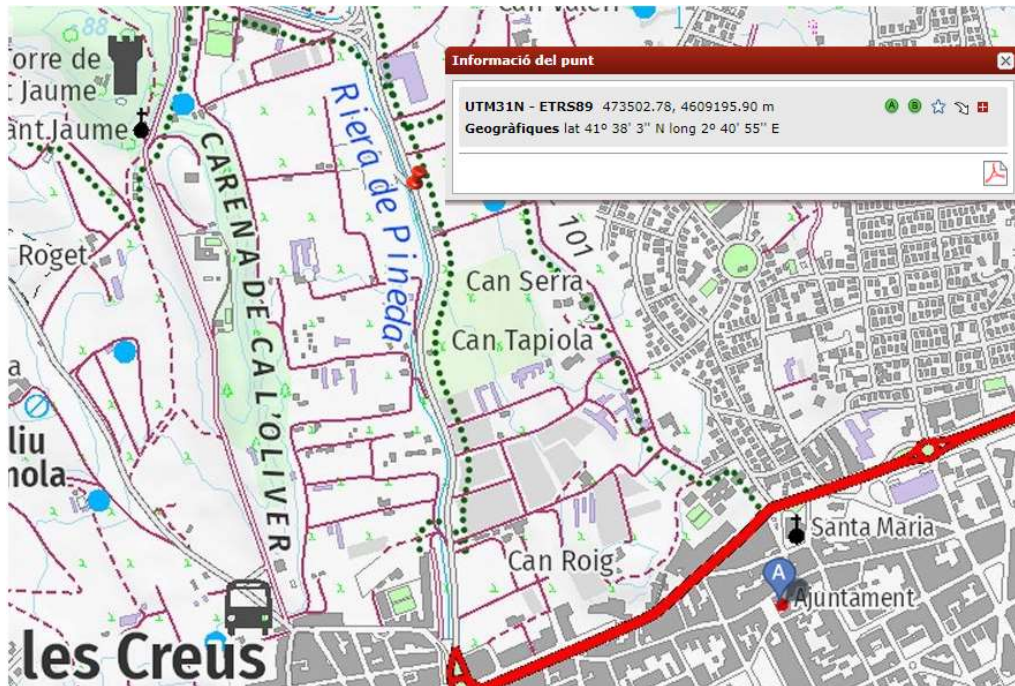


Figura 2.1: Localització del present projecte.

Font: Gencat.

L'actual passarel·la s'observa a la figura 2.2. No presenta cap element de seguretat per als usuaris, únicament conserva una de les baranes. Tampoc disposa de l'amplada reglamentària ni de l'il·luminació adequada. La construcció té aproximadament una antiguitat de 30 anys i no existeix cap projecte ni estudi que assegurï el compliment de normatives. Per aquest motiu, aquesta passarel·la suposa un perill per als vianants i se sol·licita que sigui destruït el més aviat possible. La nova construcció assegurarà l'accés comentat de manera totalment segura amb una il·luminació adequada i sostenible. S'observa a la següent il·lustració l'actual passarel·la.



Figura 2.2: Pont antic a derruir.

Font: Pròpia.

Els voltants de la passarel·la es troba ple de canyes de bambú i vegetació en general. Per fer les operacions pertinents serà necessari fer una neteja forestal a uns 5 metres a la rodona. La massa forestal pot suposar un perill d'incendi en el procés d'instal·lació dels elements d'enllumenat. Qualsevol espurna generada en algun procés constructiu pot generar un incendi. Els voltants de l'emplaçament del projecte s'observen a continuació.



Figura 2.3: Voltants l'emplaçament del projecte.

Font: Pròpia

A 100 metres aproximadament es troba la xarxa d'electricitat pública. Factor molt important a considerar a l'hora de dissenyar l'alimentació de la instal·lació. El fet que se situï tan a prop és un avantatge, ja que a l'hora de construir l'estructura i instal·lar-la

instal·lació requerida és necessari una font d'electricitat per fer anar les màquines i els dispositius necessaris. A continuació es mostra l'emplaçament de la línia d'alimentació elèctrica més propera.



Figura 2.4: Línia d'alimentació pública més propera.

Font: Pròpia

Just al costat de la passarel·la es troba un descampat totalment desocupat, ple d'herbes i arbustos que pertany a terreny públic. Pot ser de gran interès saber l'existència d'aquesta zona per situar part de la instal·lació necessària per desenvolupar l'activitat de generació d'energies renovables a partir de recursos renovables. Es mostra a la següent il·lustració.



Figura 2.5: Emplaçament per la maquinària de subministrament de l'energia renovable.

Font: Pròpia.

3. Marc conceptual

3.1 Font d'energia procedent d'energies renovables

Les energies renovables, són aquelles energies que es generen a partir de recursos naturals i que es renoven contínuament, és a dir, una energia renovable és aquella que utilitza un recurs que es regenera més de pressa del que es consumeix. Aquestes poden ser la llum solar, l'energia procedent del moviment hidràulic, energies eòliques, etc.

Al cap i a la fi el 100% d'aquestes energies provenen directament o indirectament del sol, ja que per exemple, la llum solar es crea a causa de la radiació solar, el vent es pot crear a partir de les diferències tèrmiques a causa del sol, l'aigua que baixa d'un riu és a causa de l'aigua evaporada pel sol, etc.

Per aprofitar els recursos, al llarg dels anys s'han desenvolupat diverses tecnologies de generació energètica, com per exemple, en el cas de l'aprofitament de la radiació solar s'ha ideat la placa solar amb els seus corresponents elements auxiliars, en el cas de l'aprofitament del vent s'ha ideat els aerogeneradors, i en el cas de l'aprofitament del moviment de l'aigua s'ha ideat els hidràulics, etc.

Aquestes tecnologies permeten generar energia elèctrica sense emetre gasos nocius o gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera. Malgrat això, cal comentar que els processos constructius i destructius dels elements necessaris per desenvolupar aquestes tecnologies sí que emeten gasos no desitjats a l'atmosfera.

Avui dia, les energies renovables més desenvolupades i les que es poden arribar a aplicar-se en el present projecte són l'energia eòlica, l'energia hidrològica i l'energia solar.

3.1.1 Energia eòlica

L'energia eòlica és l'energia que s'obté directament de l'empenta que genera el vent. Per transformar l'energia de moviment del vent en energia elèctrica s'empren aerogeneradors. Es mostra un exemple en la següent il·lustració.



Figura 3.1: Aerogenerador.

Font: Acciona.

Cada aerogenerador presenta un penell que l'indica la direcció del vent. Aquest sensor li permet girar sobre un màstil i orientar-se automàticament per guanyar eficiència. Per identificar el tipus de sensor es mostra un exemple a continuació



Figura 3.2: Penell modern.

Font: Wikipedia.

L'energia cinètica del vent fa girar les aspes de l'aerogenerador, aquestes estan dissenyades per captar al màxim la seva energia. Les aspes poden arribar a mesurar fins i tot 60m de longitud i estan fabricades amb materials molt lleugers i resistents. Aquest fet concedeix als aerogeneradors funcionar amb velocitats de vent de com a mínim 10 km/h. D'altra banda, si la velocitat del vent supera els 90 km/h, les aspes es posen en mode bandera, és a dir, tenen la capacitat de girar sobre el seu eix longitudinal i col·locar-se en una posició on les aspes perden la capacita de captar energia procedent del moviment del vent, així doncs, no posen en risc la seva integritat estructural.

Les aspes es troben unides a l'aerogenerador mitjançant una caixa i un eix. L'eix en sincronia amb les aspes gira a una velocitat que normalment oscil·la entre les 7 i 12 voltes per minut. L'eix es troba unit a un multiplicador que té com a funció multiplicar per 100 aproximadament la velocitat de l'eix. La sortida del multiplicador es troba un eix amb

molta més velocitat connectat a un generador elèctric que aquest genera electricitat i la subministra a la xarxa.

A continuació es mostren els components interns d'un aerogenerador prèviament comentats.

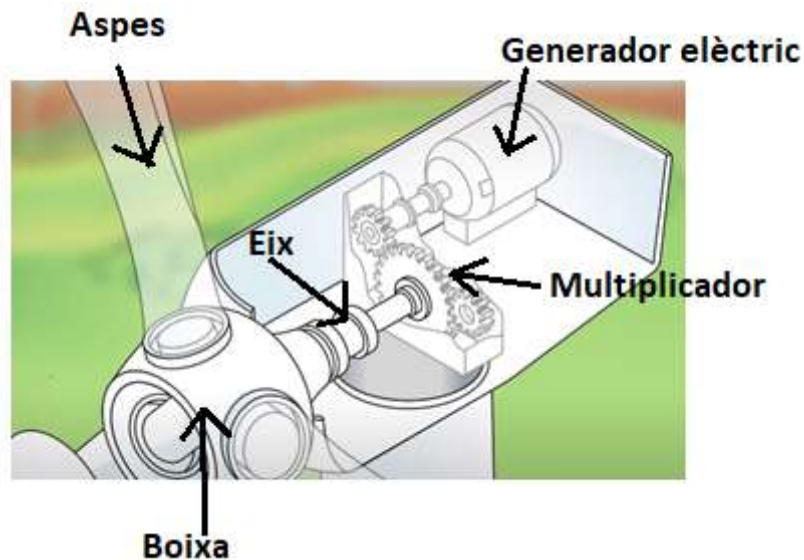


Figura 3.3: Mecanisme intern aerogenerador.

Font: Acciona.

Valoració:

○ Avantatges:

1. Font d'energia inesgotable
2. Emissió de gasos perjudicials a l'atmosfera inexistents
3. Independència quasi total de les empreses petrolieres.
4. Molt productiu per climes on es generi vent constantment.

○ Desavantatges:

1. Producció intermitent.
2. No es pot emmagatzemar l'energia que es genera.
3. Cost d'inversió inicial molt elevat.
4. Estructura gran, fet que suposa un gran impacte visual.

5. Les aspes dels aerogeneradors quan estan en moviment suposen un gran perill per a les aus i la fauna en general de la zona.
6. Els aerogeneradors només funcionen correctament amb ràfegues de vent entre 10 i 90 km/h. A menor velocitat l'energia no resulta rentable i a major les aspes es posen en mode bandera.

3.1.2 Energia hidràulica

L'energia hidràulica o hidroelèctrica és l'energia que es genera gràcies al moviment de l'aigua en rius o embassaments.

En general, es generen embassaments artificials per tal d'acumular aigua a una certa altura i així que l'aigua acumuli energia potencial. Aquesta aigua és alliberada quan és necessari, és a dir, quan hi ha demanda energètica o quan la presa acumula massa quantitat d'aigua. Si hi ha massa quantitat d'aigua simplement, s'allibera perquè continuï amb el seu cicle, d'altra banda, si hi ha demanda energètica l'aigua, circula per unes canonades i que gràcies a la diferència d'altura adquireix velocitat. L'energia cinètica adquirida per l'aigua fa que col·lacioni amb gran força amb les aspes d'una turbina i la faci girar. La turbina està unida a un eix que transmet el moviment rotatiu a un generador elèctric i aquest generi electricitat que subministrarà a la xarxa elèctrica.

A la següent il·lustració es mostra una central hidroelèctrica.

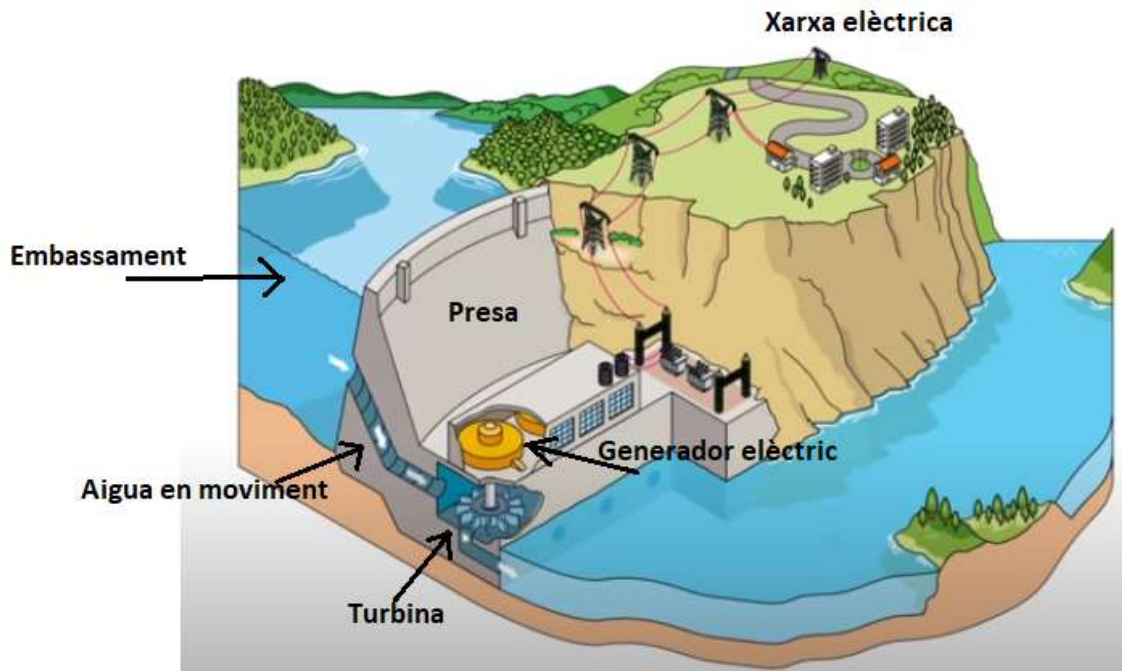


Figura 3.4: Aprofitament energia hidràulica.

Font: Acciona.

Valoració:

○ Avantatges:

1. Font d'energia inesgotable
2. Emissió de gasos perjudicials a l'atmosfera inexistents
3. Subministrament segons demanda.
4. Independència quasi total de les empreses petrolíferes.
6. Molt productiu per climes mediterranis.

○ Desavantatges:

1. Necessitat d'un riu amb un cabal considerable
2. Cost d'inversió inicial molt elevat.
3. Impacte a la fauna alt, ja que els peixos i altres éssers vius moren en impactar contra les turbines.
4. Impacta visual molt alt, ja que es requereix una infraestructura molt gran.

3.1.3 Energia solar

És una energia renovable que consisteix en l'aprofitament energètic de la radiació directament emesa pel sol amb la finalitat de generar energia elèctrica o calorífica.

Es distingeix energia elèctrica o calorífica, ja que, per un costat es té la tecnologia fotovoltaica que generen electricitat directament amb plaques fotovoltaïques i per l'altre existeix la tecnologia dels col·lectors solars (CSP), que generen electricitat a partir de l'energia calorífica del pont.

-Energia fotovoltaica

És l'energia resultant a la transformació de la radiació solar en energia elèctrica a causa de l'efecte fotovoltaic.

L'efecte fotovoltaic es crea en el moment que un fotó, partícula de llum radiant, provinent de la radiació solar impacta amb un electró de l'última òrbita d'un material semiconductor, generalment silici. Aquest últim electró s'anomena electró de valència i rep l'energia amb la qual viatjava el fotó. Si l'energia que adquireix l'electró supera la força d'atracció del nucli, el que s'anomena com energia de valència, aquest surt de la seva òrbita i queda lliure de l'àtom i, consegüentment pot viatjar a través del material. En aquest moment, el material semiconductor evoluciona a material conductor. Perquè això

sigui possible, la força d'impacte d'un fotó ha de ser com a mínim d'1,2 eV. A continuació es mostra una imatge representativa.

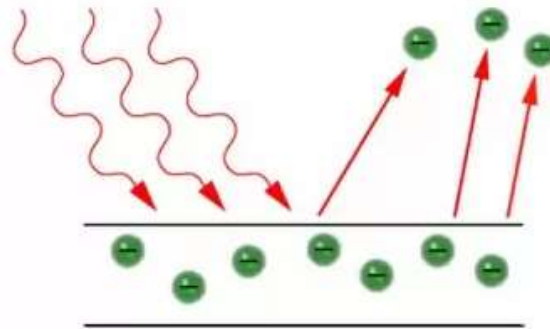


Figura 3.5: Impacte de partícules de llum radiant amb electrons de valència.

Font: Solar-energia.

Cadascun dels electrons alliberats deixa enrere un espai lliure amb la finalitat que sigui ocupat per un altre electró. Perquè la direcció dels electrons tinguin una única direcció a les cèl·lules s'instal·la una unió P-N. Aquests moviments consecutius s'anomena generació de càrrega elèctrica i té la capacitat d'assolir els contactes i sortir del material de tal manera que es generi un treball útil.

Aquest efecte succeeix en les plaques fotovoltaïques on s'observen uns exemples en la figura 3.6. L'eficiència d'aquest sistema es troba al voltant un 16 – 22%.



Figura 3.6: Planta fotovoltaïca.

Font: Cincodias.

A l'hora de dimensionar la instal·lació fotovoltaïca un dels passos a seguir més importants és l'elecció del mòdul solar. Les cèl·lules fotovoltaïques que integren els panells solars són fabricats a partir de materials semiconductors, sent el silici el semiconductor més emprat en la majoria de mòduls presents en el mercat. No obstant això, en funció de l'estructura i la puresa del silici es poden distingir dues categories principals de panells solars. Els panells monocristal·lins i els policristal·lins. Cal saber la diferència entre aquests dos tipus per escollir el més adient.

-Panells fotovoltaics monocristal·lins: Obtenen aquest nom per indicar que el silici emprat és silici monocristal·lí. Les cèl·lules emprades en aquest tipus de panells es formen a partir de barres de silici que posteriorment es tallen en tires primes. A causa que la cèl·lula es troba composta d'un sol cristall, els electrons disposen d'un major espai de moviment. Com a resultat, els panells monocristal·lins presenten una eficiència molt elevada.



Figura 3.7: Panell fotovoltaic monocristal·lí.

Font: Damiasolar.

Prestacions:

1. Estructura de la cèl·lula molt regular.
2. Gra del cristall molt fi, superior a 1 manòmetre.
3. Preu elevat.
4. Gran eficiència 19 – 22%.
5. Densitat energètica 125 – 200W/m².

-Panells fotovoltaics policristal·lins: Els mòduls policristal·lins també utilitzen silici com a material principal, en canvi, en comptes d'utilitzar un sol cristall les cèl·lules es fabriquen fonent petits fragments de silici. A causa de la gran quantitat de cristalls de silici per cèl·lula els electrons tenen menor llibertat de moviment. Com a resultat els panells solars policristal·lins tenen una menor eficiència que els panells solars monocristal·lins, encara que el seu preu reduït ha permès la seva venda en el mercat actual.



Figura 3.8: Panell fotovoltaic policristal·lí.

Font: Damiasolar.

Prestacions:

1. Estructura de la cèl·lula poc regular.
2. Gra del cristall fi, entorn de la unitat de centímetre.
3. Preu econòmic.
4. Gran eficiència 16 – 19%.
5. Densitat energètica 200 – 300W/m².

A continuació es recull els avantatges i desavantatges a trets generals dels sistemes fotovoltaics.

Valoració:

○ Avantatges:

1. Font d'energia inesgotable
2. Emissió de gasos perjudicials a l'atmosfera inexistent
3. Font d'energia en instal·lacions o habitatges aïllats
4. Cost del servei nul, sense considerar el poc manteniment que suposa.
5. Independència quasi total de les empreses petrolieres.
6. Molt productiu per climes mediterranis.

○ Desavantatges:

1. Producció intermitent.
2. Poc productiu en climes amb tendència a tenir poques hores de llum.
3. Cost d'inversió inicial elevat.
4. Per requeriments energètics alts és necessari una gran superfície requerida.

-Col·lectors solars (CSP)

El sistema de concentració d'energia termosolar (CSP) consisteix a utilitzar una sèrie de miralls orientats de tal manera que reflectí el feix de llum solar a un mateix punt. El punt de concentració on incideixen tots els feixos de llum és un intercanviador de calor que es dedica a transferir la calor aplicada a un fluid amb unes característiques determinades. El fluid amb una gran temperatura és transportada fins a un segon intercanviador dins d'un generador de vapor on gràcies a les altes temperatures es genera vapor a gran pressió. El vapor a gran pressió és capaç de moure unes turbines que es troben fixades mecànicament a l'eix d'un generador elèctric connectat a una línia elèctrica. Posteriorment, un cop el

vapor surt de les turbines, és refredat, condensat i transportat un altre cop al generador de vapor, i així successivament.

L'eficiència d'aquest sistema es pot variar entre els 30 – 32%.

La figura 3.9, mostra el sistema explicat.

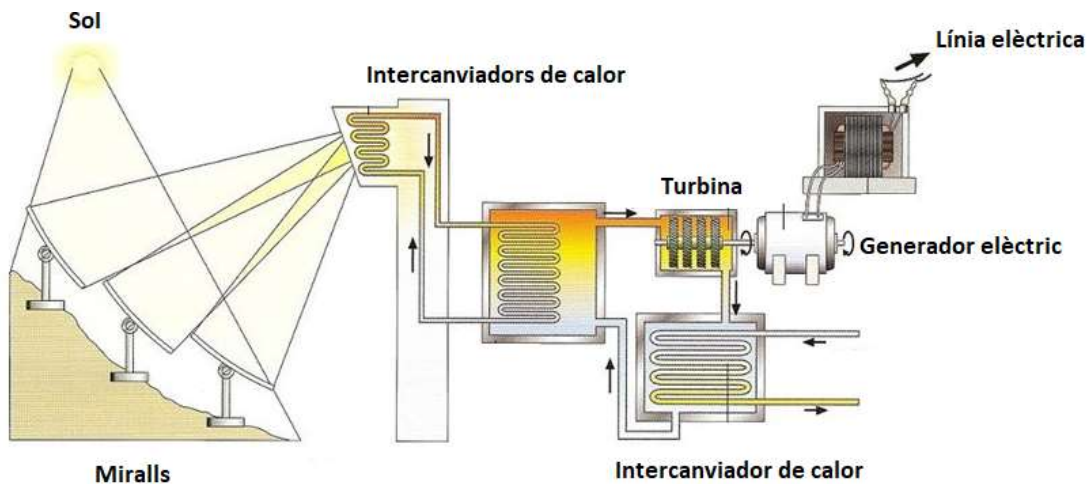


Figura 3.9: Sistema col·lectors solar (CSP).

Font: Enersuit.

Valoració:

○ Avantatges:

1. Font d'energia inesgotable
2. Emissió de gasos perjudicials a l'atmosfera inexistents
3. Independència quasi total de les empreses petrolíferes.
4. Molt productiu per climes mediterranis.

○ Desavantatges:

1. Producció intermitent.
2. Poc productiu en climes amb tendència a tenir poques hores de llum.
3. Cost d'inversió inicial molt elevat.
4. Per requeriments energètics alts és necessari una gran superfície requerida.
5. Manteniment dels miralls nets.
6. Gran maquinària necessària.
7. Manteniment mecànic de les turbines i generador.

3.2 Enllumenat

3.2.1 Llum

Actualment es pot diferenciar una gran quantitat de diferents tecnologies que permeten crear llum. Algunes presenten avantatges sobre d'altres, principalment aquelles més actuals.

És necessari comentar que totes les tecnologies no presenten la mateixa varietat de formats normalitzats, aquest factor depèn dels fabricants i s'ha de tenir en conta a l'hora dur a terme una elecció.

-Format:

Es diferencien dos grups de format clarament diferenciadors com a més utilitzats per il·luminació exterior, format bombeta i format tub.

- Bombeta

D'una banda, el format bombeta, és una tipologia que destaca per ser compacta, de mitjanes dimensions (depenent del fabricant) i amb un únic anclatge de base. Un exemple de bombeta amb tecnologia fluorescent és la que es mostra a continuació:



Figura 3.10: Bombeta.

Font: Philips.

Les bases més utilitzades en bombetes fluorescents són les següents:

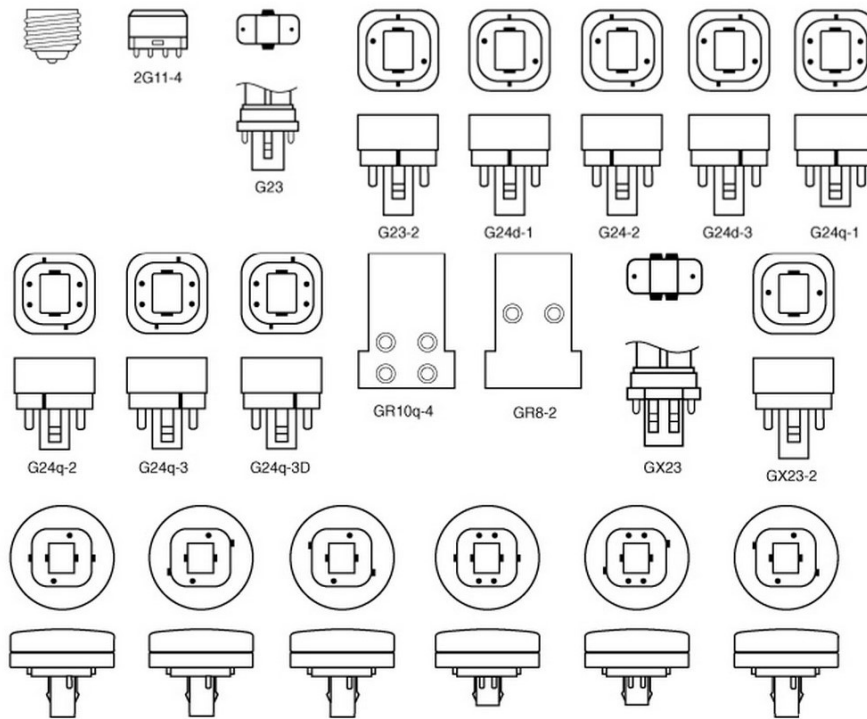


Figura 3.11: Bases més emprades en bombetes.

Font: Meetthings.

- Tub

D'altra banda, el tub, és de grans dimensions, les longituds més habituals ronden entorns els 10 cm i els 150 cm. Els diàmetres es troben estandarditzats amb una nomenclatura, aquesta nomenclatura es troba recollida en la taula 3.1. A més a més, es caracteritza per disposar dos suports de base, un a cada extrem tal com s'observa en l'exemple de la figura 3.12.



Figura 3.12: Tub.

Font: Monsó y Benet.

Enumeració	Diàmetre del tub (mm)
T2	7
T5	16
T8	26
T12	38

Taula 3.1: Diàmetre del tub segons nomenclatura.

Font: Pròpia.

Les bases més utilitzades en tubs fluorescents són les següents :

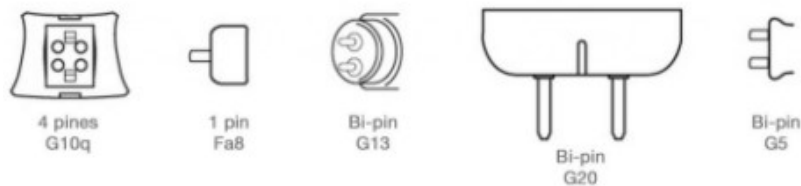


Figura 3.13: Bases més emprades en tubs fluorescents.

Font: Meetthings.

-Tipus tecnologia

Algunes de les tecnologies que es solen emprar en il·luminació exterior s'esmenten a continuació:

- Llum fluorescent



Figura 3.14: Llum fluorescent.

Font: Philips.

Característiques generals aproximades:

1. Eficàcia lumínica: 90 - 110 lm/W
2. Potència Nominal: 3 – 250 W
3. Índex de reproducció cromàtica (IRC): 80 – 90

Dades Fotomètriques:

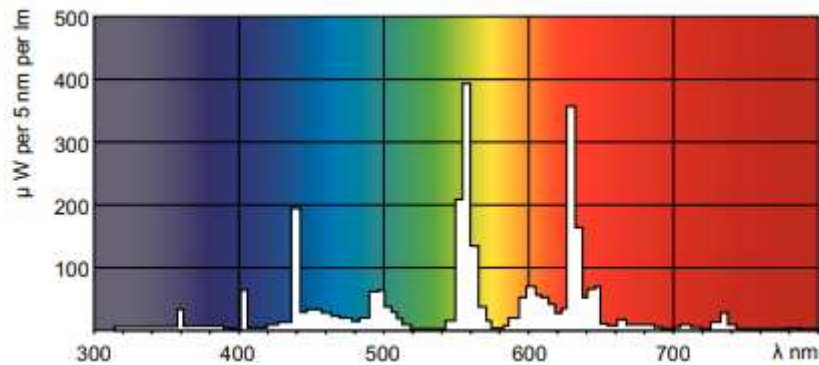


Figura 3.15: Dades fotomètriques aproximades, poden variar segons fabricant.

Font: Philips.

Valoració:

○ Avantatges:

1. Alta eficiència, baixa lluminositat amb menys consum
2. Vida útil llarga (5mil i 25 mil hores).
3. Emissió de calor molt reduïda

○ Desavantatges:

1. Necessitat d'equip auxiliar
2. Necessitat de grans dimensions

- Llum de vapor de sodi d'alta pressió



Figura 3.16: Llum de vapor de sodi d'alta pressió.

Font : Rs-online.

Característiques generals aproximades:

1. Eficàcia lumínica: 90 - 130 lm/W
2. Potència Nominal: 250 – 1000 W
3. Índex de reproducció cromàtica (IRC): 20 – 25

Dades Fotomètriques:

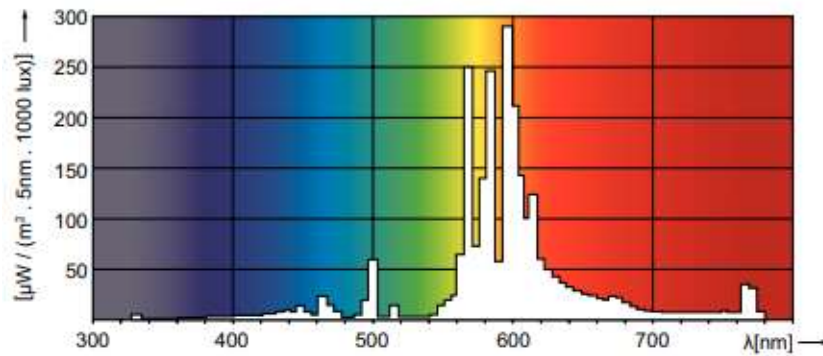


Figura 3.17: Dades fotomètriques aproximades, poden variar segons fabricant.

Font: Philips.

Valoració:

○ Avantatges:

1. Alta eficiència, baixa lluminositat amb menys consum
2. Vida útil llarga (8mil i 20 mil hores).
3. Suporten bé la temperatura

○ Desavantatges:

1. Necessitat d'equip auxiliar.
2. Emissió de calor elevada.
3. Rendiment de color reduït.
4. Espectre únicament càlid, Índex de reproducció cromàtica (IRC) baix.

- Llum de mercuri amb halogenurs metàl·lics



Figura 3.18: Llum de mercuri amb halogenurs metàl·lics.

Font: Philips.

Característiques generals aproximades:

1. Eficàcia lumínica: 75 - 105 lm/W
2. Potència Nominal: 250 – 2000 W
3. Índex de reproducció cromàtica (IRC): 50 – 63

Dades Fotomètriques:

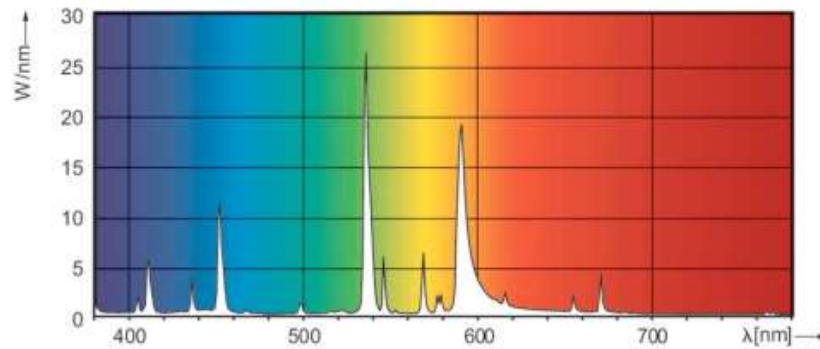


Figura 3.19: Dades fotomètriques aproximades, poden variar segons fabricant.

Font: Philips.

Valoració:

○ Avantatges:

1. Eficiència moderada
2. Vida útil moderada (3mil i 12 mil hores).
3. Suporten bé la temperatura
4. Índex de reproducció cromàtica (IRC) bo.

○ Desavantatges:

1. Necessitat d'equip auxiliar.
2. Emissió de calor elevada.
3. Consum elevat
4. Descarrega inestable, fet que implica diverses aparences de color.
5. Preu elevat.

- Llum LED



Figura 3.20: Llum LED.

Font: Visualled.

Característiques generals aproximades:

1. Eficàcia lumínica: 140 - 180 lm/W
2. Potència Nominal: 15 – 200 W
3. Índex de reproducció cromàtica (IRC): 80 – 90

Dades Fotomètriques:

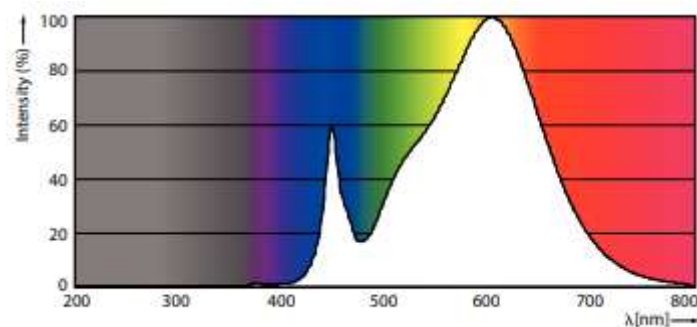


Figura 3.21: Dades fotomètriques aproximades, poden variar segons fabricant.

Font: Philips.

Valoració:

- Avantatges:
 1. Alta eficiència, baixa lluminositat amb menys consum.
 2. Vida útil llarga (5mil i 50 mil hores).
 3. Emissió de calor molt reduïda.
 4. No es necessita equip auxiliar.

- Desavantatges:

1. Usualment es necessita l'acumulació de més d'un LED per làmpada.

3.2.2. Làmpades

Intervenien molts factors en el disseny de la il·luminació, uns molts directes i altres no tan directes. La reflectància és un d'ells. Si una làmpada té més capacitat de reflectir una llum i redirigir-la cap a un mateix punt s'assolirà un control sobre la zona a il·luminar, a part, s'aprofitarà més l'emissió de llum generat pel dispositiu lumínic. Segons la forma i la superfície de la làmpada tindrà més capacitat de refractar llum. Cal esmentar que no en totes les làmpades es pot instal·lar el mateix dispositiu lumínic.

Per tant, la correcta elecció de la làmpada on s'allotjarà el dispositiu lumínic escollit és de vital importància.

3.2.3 Posicionament de l'enllumenat

Existeixen una gran quantitat de ponts i infinites possibilitats de realitzar la corresponent il·luminació, per tant és impossible comentar totes les opcions, no obstant això, si és possible aplicar una sèrie de criteris generals sempre tenint en compte la normativa que es comenta en l'article 5 de la Llei 9/2011, de 29 de desembre. Alguns dels criteris a seguir són els següents:

- Tota la trajectòria dels vianants i els elements que s'incorporin dins d'aquesta ha de ser visible per l'usuari.
- És necessari considerar aspectes tan minuciosos com per exemple la reflectància dels elements constructius.
- Els llums hauran de situar-se de tal manera que no enlluerni, tant els usuaris que circulen per la passarel·la com els individus del voltant.

Seguint aquests criteris esmentats anteriorment, alguns enginyers i arquitectes al llarg de la història han elaborat estudis d'il·luminació concloent en tècniques molt similars. Les més comunes es mostren a continuació:

- Enllumenat amb fanals

Un fanal és generalment una estructura vertical que permet allotjar llampades en el seu extrem superior, d'aquesta manera, permet realitzar una il·luminació vertical des d'una alçada determinada i així crear un camp d'il·luminació molt més ampli. En la figura 3.22 és mostra un exemple.



Figura 3.22: Exemple de fanal.

Font: ManoMano.

La següent il·lustració mostra l'aplicació dels fanals en una passarel·la. Aquesta solució es la més utilitzada de la història.

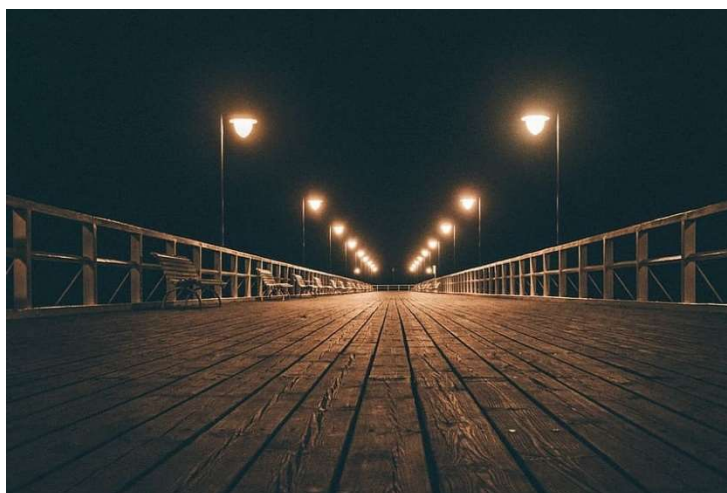


Figura 3.23: Enllumenat amb fanals.

Font: Piquesels.

Valoració:

○ Avantatges:

1. Camp de lumínic ampli.
2. La seva disposició generalment no molesta a l'usuari.

○ Desavantatges:

1. Sol·licita l'estructura de la passarel·la, ja que el fanal és una estructura generalment gran d'un pes considerable on aquest pes del fanal es considerarà pes mort en càlcul estructural.
2. Instal·lació de l'estructura més elaborada.
3. Transport de l'estructura més complex.
4. Més dificultat a l'hora de substituir la bombeta.
5. Generalment no permet instal·lar tubs de llum.
6. Normalment costos.
7. Dificultat de situar sense que enlluernar als usuaris.

- Enllumenat a nivell de la base de la passarel·la

Aquesta tècnica es basa a col·locar els dispositius lluminosos a nivell del terra on trepitja el vianant, en els extrems, de tal manera que no molesti. Es poden emprar tubs fluorescents, tubs LED i làmpades amb diverses tipologies de bombeta. Aquesta solució és molt actual i existeixen pocs ponts que la utilitzin. A la figura 3.24, s'observa un exemple.



Figura 3.24: Enllumenat col·locat en la base de l'estructura.

Font: Arquitecturaydiseño.blogspot.

Valoració:

○ Avantatges:

1. Aspecte modern.
2. Camp de lumínic ampli.
3. La seva disposició generalment no molesta a l'usuari.
4. Fàcil instal·lació a causa de la zona de treball i lleugeresa dels components.
5. Cap dificultat a l'hora de realitzar reparacions.
6. Instal·lació lleugera.

○ Desavantatges:

1. El fet d'estar a nivell del terra té tendència a embrutar-se i consegüentment perdre eficàcia.
2. Dificultat de situar sense que enlluernar als usuaris.

● Enllumenat a sota de les baranes

La disposició de les llums sota les baranes també és un disseny modern i al mateix temps és molt eficaç, es pot dir que és l'òptim en tots els aspectes. Se centra a il·luminar únicament la zona per on circularan els vianants. Si l'arquitectura del pont acompanya, i les baranes es troben completament cobertes no s'escampa llum pels voltats de la passarel·la i la contaminació lumínica baixa dràsticament.

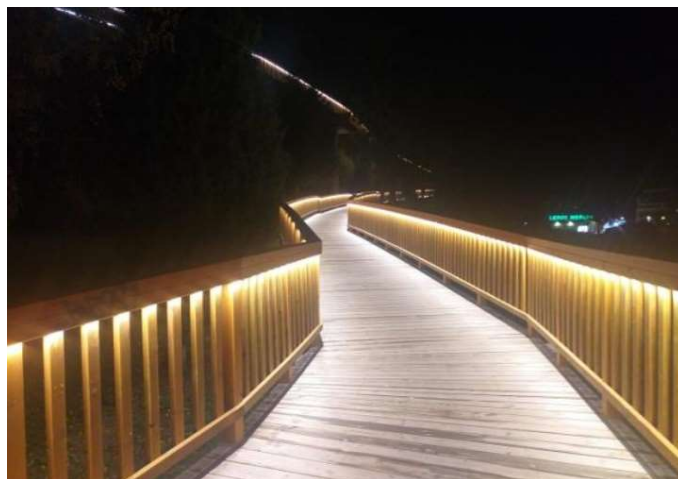


Figura 3.25: Enllumenat sota les baranes.

Font: Bcnatfilmcommission.

Valoració:

○ Avantatges:

1. Aspecte modern.
2. Camp de lumínic ampli.
3. La seva disposició generalment no molesta a l'usuari.
4. Fàcil instal·lació a causa de la zona de treball i lleugeresa dels components.
5. Cap dificultat a l'hora de realitzar reparacions.
6. Instal·lació lleugera.
7. Dificil d'embrutar-se i cobert per la mateixa barana.

○ Desavantatges:

1. Pot enlluernar a nens i nenes petits, i també a animals.
2. Segons l'arquitectura del pont pot enlluernar zones innecessàries creant contaminació lumínica.

- Enllumenat des de la mateixa estructura de la passarel·la

S'aprofita els elements estructurals del pont per a subjectar els elements lluminosos. Aquesta variant és únicament possible si la passarel·la disposa d'una estructura per sobre del recorregut dels vianants, i a més a més, l'enginyer mecànic o arquitecte ha considerat aquesta sol·licitació en l'estructura. A la figura 3.26 es mostra un exemple.



Figura 3.26: Enllumenat situat en la mateixa estructura de la passarel·la.

Font:123RF.

Valoració:

○ Avantatges:

1. Camp de lumínic ampli.
2. La seva disposició generalment no molesta a l'usuari.
3. Instal·lació lleugera.
4. Difícil d'embrutar-se.

○ Desavantatges:

1. La fixació de la làmpada pot sol·licitar l'estructura per la necessitat de realitzar alguns forats.
2. És necessari que la passarel·la disposi d'una estructura superior per sobre del recorregut dels vianants.
3. Més dificultat a l'hora de substituir la bombeta.

3.3. Tipus d'instal·lacions d'autoconsum

Es considera una instal·lació elèctrica d'autoconsum aquella que pot autoabastir-se d'energia elèctrica sense necessitat d'obtenir-la de la xarxa pública. L'autoabastiment d'energia elèctrica es pot realitzar a partir de qualsevol sistema de generació d'electricitat. Aquest no únicament implica que l'energia elèctrica provingui d'una font renovable, també pot provenir de combustibles fòssils.

D'acord amb el Real Decreto 244/2019 es poden diferenciar dos principals tipus de sistemes elèctrics d'autoconsum.

- Sense producció excedent: Aquests sistemes elèctrics d'autoconsum amb producció sense excedents estan ideats per a que el seu sistema de producció disposi de la capacitat d'autoabastir d'energia elèctrica de manera total o parcial. En el cas de produir més energia de la consumida s'emmagatzemarà en bateries o es perdrà. Aquests tipus d'instal·lació pot disposar de connexió a la xarxa elèctrica pública, però la seva única finalitat serà per subministrar energia elèctrica en cas de necessitar-ho.
- Amb producció excedent: Aquests sistemes elèctrics d'autoconsum amb producció amb excedents estan ideats perquè si es dona el cas on el consum elèctric és inferior a la producció, el sobrant sigui subministrat a la xarxa elèctrica pública. El subministrament de l'excedent a la xarxa elèctrica pública pot o no estar lligada a una recompensació econòmica. Segons aquest fet.

- Recompensació econòmica per l'excedent: Es recompensarà econòmicament al propietari de la instal·lació per la proporció d'energia elèctrica subministrada a la xarxa procedent del seu excedent. Les instal·lacions que es podran incloure en aquest apartat seran aquelles les quals presentin una potència contractada inferior a 100KW i que la producció d'energia elèctrica del sistema provingui de recursos renovables.
- Sense recompensació econòmica per l'excedent: Tots aquells propietaris que no desitgen una recompensació econòmica pel seu excedent generat o aquells que la seva instal·lació no compleixi les característiques per considerar-se de posseir el dret de rebre una recompensació econòmica, comentats en el paràgraf anterior.

4. Estudi luminotècnic de la superfície transitable

L'enllumenat exterior anirà situat sota les baranes de la passarel·la, tal com es visualitza en la Figura 4.1.



Figura 4.1: Disposició de les llums sota les baranes.

Font: Piqsels.

Es tindran en compte les disposicions de l'article 5 de la Llei 9/2011, de 29 de desembre, de promoció de l'activitat econòmica, que estableix proteccions envers la contaminació lumínica a Catalunya.

La recomanació per l'autor del present projecte cap al projectista mecànic dissenyador de la passarel·la de realitzar-les baranes completament tapades més el fet d'amagar les llums sota la barana deriva en la il·luminació únicament de la zona a trepitjar, evitant il·luminar zones innecessàries. D'aquesta manera es limitarà l'impacte lumínic emès a l'entorn, ja que la passarel·la se situa en un entorn rural amb una contaminació lumínica quasi nul·la. A més a més, s'evita qualsevol deslumbrament a qualsevol vianant que circuli per la passarel·la

A partir del document *Instrucció Tècnica Complementaria EA-02* (ITC-EA-02), taula 7. *Clases de Alumbrado P para cada tipo de vía*, pàgina 10 s'extreu la següent taula.

TIPO	DESCRIPCION	COMPOSICION DE TRÁFICO	INTENSIDAD DE TRÁFICO	CLASES DE ALUMBRADO
A	Áreas de aparcamiento: <ul style="list-style-type: none"> - En autopistas y autovías - Aparcamiento en general - Estaciones de Autobuses 	Motorizados Ciclistas Peatones	Media	C1A-P2
B	Zonas comerciales e históricas: <ul style="list-style-type: none"> - Acceso restringido - Uso prioritario de peatones 	Motorizados limitados Ciclistas Peatones	Alta	C2-P1
C	Espacios peatonales de conexión: <ul style="list-style-type: none"> - Vías peatonales - Itinerarios peatonales accesibles - Aceras a lo largo de la calzada - Paradas de Autobuses con zonas de espera 	Ciclistas Peatones	Normal	P1-P2
D	Carriles para bicicletas: <ul style="list-style-type: none"> - Independientes a lo largo de la calzada - Entre ciudades en área abierta - Unión de zonas urbanas 	Solamente ciclistas	Baja	P2-P3
E	Zonas de velocidad muy limitada: <ul style="list-style-type: none"> - Caminos peatonales - Espacios abiertos - Parques 	Únicamente peatones	Baja	P3- P4
Las vías de tráfico de características iguales o similares a las incluidas en la descripción, tendrán la misma clase de alumbrado				

Taula 4.1:Classes d'enllumenat.

Font: ITC-EA-02.

D'acord amb l'anterior taula, el present projecte es tracta d'una instal·lació d'enllumenat exterior de tipus "C", la finalitat de la qual és il·luminar espais per vianants i ciclistes, de domini públic o privat, com per exemple, vies per vianants, itineraris de vianants, entre d'altres, que per les seves característiques de seguretat general, han d'estar il·luminats de forma permanent o circumstancial. Per tant, la classe d'enllumenat que correspon es P1-P2.

Per saber la luminància que correspon a la classe d'enllumenat P1-P2 es consulta el document, taula 13. *Valores para las clases de alumbrado P*, pàgina 14 de la qual s'obté:

CLASE DE ALUMBRADO*	LUMINANCIA HORIZONTAL			REQUISITOS ADICIONALES SI SE NECESITA RECONOCIMIENTO FACIAL	
	E_m (Referencia) lux	E_{min} lux	f_{ti} (Máxima) %	E_v lux	E_{sc} lux
P1	15,00	3,00	20	5,0	5,0
P2	10,00	2,00	25	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	25	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	30	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	30	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	35	0,6	0,2

* Las clases de alumbrado P de esta tabla están destinados para peatones y ciclistas en aceras, carriles bici, carriles de emergencia y otras áreas de carretera que se encuentran separadas o junto a la calzada de una vía de tráfico, y para vías residenciales, calles peatonales, áreas de aparcamiento, zonas de colegios, etc.

Taula 4.2: Valors per les classes d'enllumenat.

Font: ITC-EA-02.

Segons la taula anterior, la classe d'enllumenat P1 li correspon una luminància mitjana “ E_m ” de 15 lx i una luminància mínima “ E_{min} ” de 3 lx. Pel que fa a la classe d'enllumenat P2 la luminància mitjana és de 10 lx i la luminància mínima de 2 lux. Els valors més restrictius es consideren els que corresponen a la classe d'enllumenat P1, amb la qual cosa, s'estableix que les necessitats lumíniques en la instal·lació d'enllumenat del present projecte ha de ser superior a una luminància de 3 lx.

4.1. Modelització 3D del sistema d'enllumenat

Desenvolupar un disseny de l'enllumenat de manera optimitzada es clau per reduir la demanda energètica de la instal·lació i així no dimensionar innecessàriament els components generadors d'energia elèctrica i els seus auxiliars. Per aquest motiu es fa ús de suport software, el programa informàtic anomenat *DIALux evo*.

A partir de les mesures dels plànols proporcionats per l'equip d'enginyers mecànics encarregats de dimensionar l'estructura de la passarel·la i d'una visita *insitu* de la localització del projecte, es realitza el model en 3D de l'estructura i l'entorn. A continuació es mostra un retall del model des d'un angle òptim per apreciar tots els elements.

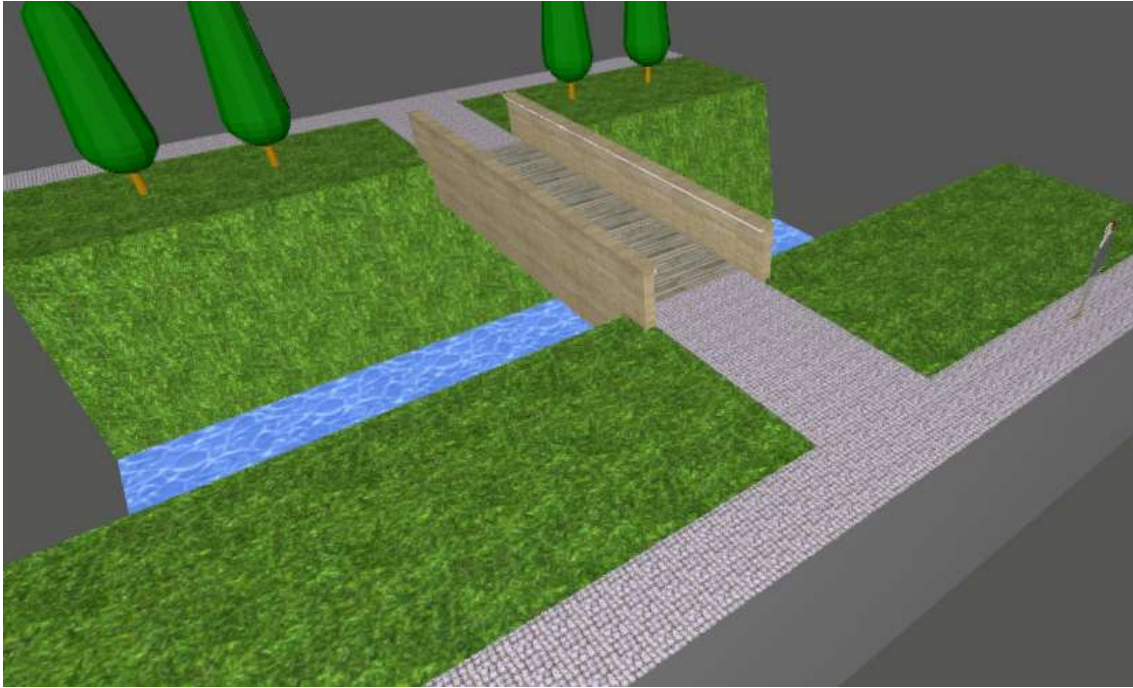


Figura 4.2: Modelització de la passarel·la i l'entorn amb el programa Dialux.

Font: Pròpia.

Per una millor eficiència i reduir el consum, l'enllumenat es trobarà conformat amb tecnologia LED, concretament s'utilitzarà un perfil lineal LED de la marca Norka gama Brig m1200. Es pot observar a continuació.



Figura 4.3: Perfil lineal LED Norka Brig m1200.

Font: Norka, Brig.

EL perfil LED seleccionat presenta un consum de 13W amb un rendiment aproximat de 122,5 lúmens/W. La seva longitud exacte és de 1.16m. Aquest perfil està expressament dissenyat per la seva col·locació en exterior, ja que el fabricant assegura una resistència contra pols i aigua d'IP65.

La marca Norka disposa de la possibilitat de descarregar un arxiu compatible amb Dialux per a cadascun dels seus productes per a la seva representació i modelització. Un cop descarregat i inserit l'arxiu a Dialux del producte Norka Brig m1200 s'observen les característiques d'aquest, tal com es mostra en les dues il·lustracions següents.



Figura 4.4: Luminària activa, Dialux.

Font: Pròpia.

Datos luminotécnicos		
Flujo luminoso de las luminarias	1592 lm	Modificar
Grado de eficacia de funcionamiento	72.7 %	
Potencia de conexión	13.0 W	
Rendimiento lumínico	122.5 lm / W	
Lámpara	LED / 10 W 2190 lm 4000 K 13.0 W ▼	

Figura 4.5: Dades luminotècnics, Dialux.

Font: Pròpia.

L'emplaçament de la lluminària es realitza tal com es mostra en el cas real de la figura 4.1, i així es reflecteix en el model 3D de la figura 4.6. Com la passarel·la presenta una longitud de 10m i cada perfil lineal LED 1.16m es col·locaran un total de 18 perfils, 9 sota cada barana de manera consecutiva i amb una separació equidistant entre tots ells.



Figura 4.6: Emplaçament de l'enllumenat.

Font: Pròpia.

La reflexió és una característica molt rellevant a considerar en estudis d'enllumenat. Com se sap, cada material, presenta un grau de reflexió de la llum característic. La superfície d'estudi principal és el passadís que genera la passarel·la, amb la qual cosa la modelització dels materials és molt més acurada en la zona esmentada. Per tal de modelitzar l'estudi de l'enllumenat adequadament s'han escollit els següents materials que conformen la passarel·la. *Tableros de madera envejecida* pel terra de la passarel·la i *Tableros de madera nueva* per a les jàsseres.

		Nombre	Tableros de madera envejecida+01
		Tipo de material	Barnizado
		Grado de reflexión	28 %
		Reflejo	4 %
		Altura	1.500 m
		Anchura	3.000 m
		Nombre	Tableros de madera nueva+02
		Tipo de material	Barnizado
		Grado de reflexión	35 %
		Reflejo	3 %
		Altura	2.000 m
		Anchura	2.000 m

Figura 4.7: Característiques de la fusta escollida per a la passarel·la.

Font: Pròpia.

Amb el model acabat ja es pot realitzar la simulació. Per a la simulació el software recrea un ambient nocturn i encén els perfils lineals LED. El resultat es pot observar en la figura 4.8, on a simple vista s'aprecia una uniformitat de la llum molt bona en la superfície desitjada.

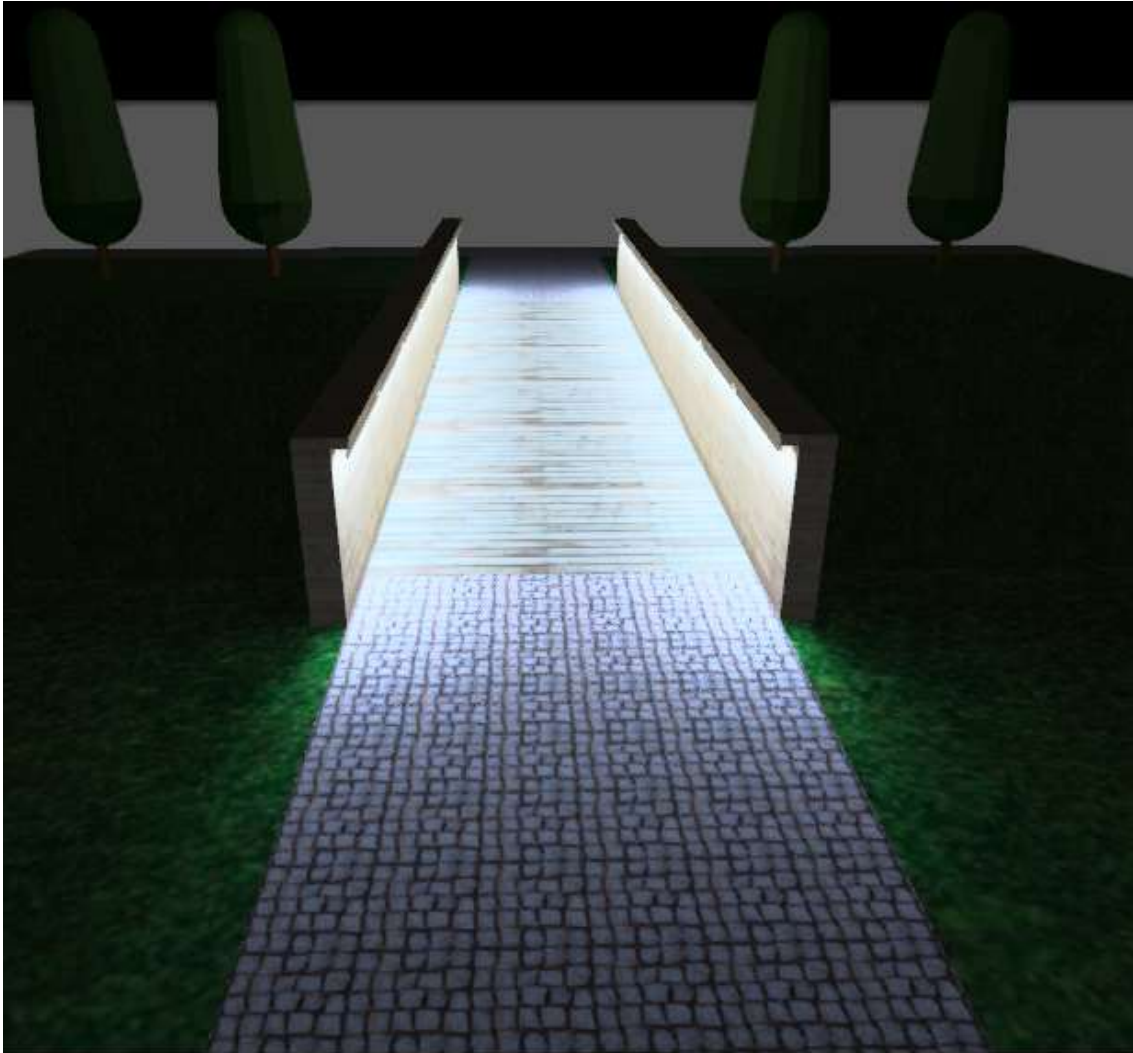


Figura 4.8: Simulació del model.

Font: Pròpia.

Per verificar el compliment de la normativa ITC-EA-02 el programa Dialux disposa l'opció en donar el resultat en escala de colors per tal de visualitzar els luxes de cada zona. Així és mostra en la següent il·lustració.

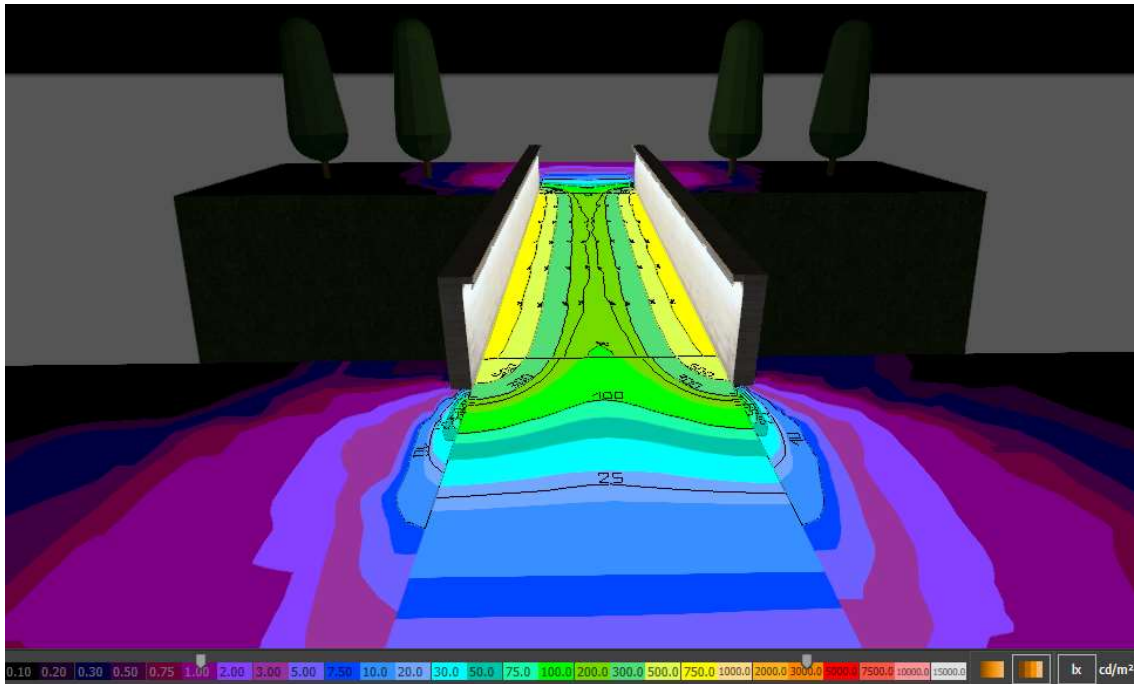


Figura 4.9: Resultat en escala de colors, unitat de mesura dels valors mostrats “lx”.

Font: Pròpia.

Com s’aprecia a l’anterior il·lustració, la superfície d’interès, el terra de la passarel·la, el valor mínim de luxes es d’aproximadament 100 lx. Com s’ha comentat a l’inici d’aquest apartat, la normativa ITC-EA-02 imposa que per aquest tipus d’accés la luminància mínima ha de ser de 3 lx. Amb la qual cosa queda demostrada el compliment de la normativa esmentada i s’assegurarà que en cap zona circulable de la passarel·la presenti insuficiència lumínica.

A l’annex 1 del present document s’adjunta l’informe generat amb Dialux, el software emprat, per si es desitja consultar aspectes de l’estudi realitzar de menor importància.

5. Elecció de la font energètica

S'ha d'escollir correctament la font energètica sostenible més abundant en l'entorn, perquè no hi hagi un sobreconsum de la línia d'emergència connectada a la xarxa pública d'abastiment elèctric. Aquesta elecció es realitzarà fent una valoració de la viabilitat dels recursos energètics sostenibles comentats en apartats anteriors i de les necessitats de consum.

5.1. Valoració de la càrrega de la instal·lació

Tot i que el sistema de la nova passarel·la tindrà un consum elèctric relativament baix, donada la política de foment de la sostenibilitat adoptada per l'Ajuntament de Pineda de Mar, s'ha previst que l'energia elèctrica necessària s'obtingui de recursos renovables que assegurin el funcionament de tots els equips elèctrics previstos, principalment l'enllumenat exterior.

No es preveu el funcionament continu de les lluminàries de l'exterior, només quan la radiació solar no permeti la visibilitat suficient per a fer ús de la passarel·la. El dia de l'any amb menys hores de llum solar el solstici d'hivern. En aquest dia, es dona aproximadament 14,4 hores de nit. Amb la qual cosa, considerant un valor prudent, es preveu un funcionament de la instal·lació d'enllumenat de 15 hores:

Considerant els següents valors:

-Potència perfil lineal LED: 13W

-Nº de perfils lineals LED per barana: 9 u.

-Nº de baranes a il·luminar: 2 u.

$$P_t = P_i \cdot N_{LED} \cdot N_{Barra} = 13W \cdot 9 \cdot 2 = 234W \quad (5.1)$$

On:

- P_t (W) = Potència total de les càrregues.
- P_i (W) = Potència d'una única càrrega.
- N_{LED} (unitats) = Nombre de perfils lineals LED per cada barana.
- N_{Barra} (unitats) = Nombre de baranes en la passarel·la.

La resta de possibles consums, sobretot els necessaris en cas de manteniment, reparacions o il·luminacions de més durada, es resoldran amb un generador de combustibles fòssils portàtil o bateries que incorporin les mateixes eines. Per aquest mateix motiu i per reduir els costos d'instal·lació, només s'assegura el funcionament amb una reserva de 3 dies. La potència consumida diària és de:

$$E_d = h_n \cdot P_t = 15h \cdot 234W = 3510 \frac{Wh}{dia} \quad (5.2)$$

On:

- E_d (Wh/dia) = Energia demandada.
- h_n (h) = Hores de nit aproximades en el solstici d'hivern.
- P_t (W) = Potència total de les càrregues.

5.2. Vent

El vent és un fenomen climatològic present en el medi exterior, però en segons quines ubicacions és més abundant o quasi inexistent.

El document “IAP-11 Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera” generat per BOE, exposa un mètode efectiu per tal de considerar i calcular aquest factor en funció de les característiques de l'emplaçament.

És necessari conèixer l'aerologia de la zona. Una variable fonamental en aquest camp és la velocitat bàsica fonamental del vent (v_{b0}). Aquesta variable representa la velocitat mitjana al llarg d'un període de 10 minuts, amb un període de retorn de 50 anys, a una altura de 10 m per sobre del sòl. Aquesta mesura és independent a la direcció del vent, de l'estació de l'any i del tipus de zona.

A continuació, en la Il·lustració 1, es mostra un mapa obtingut, del document prèviament esmentat, que proporciona la velocitat bàsica fonamental del vent.

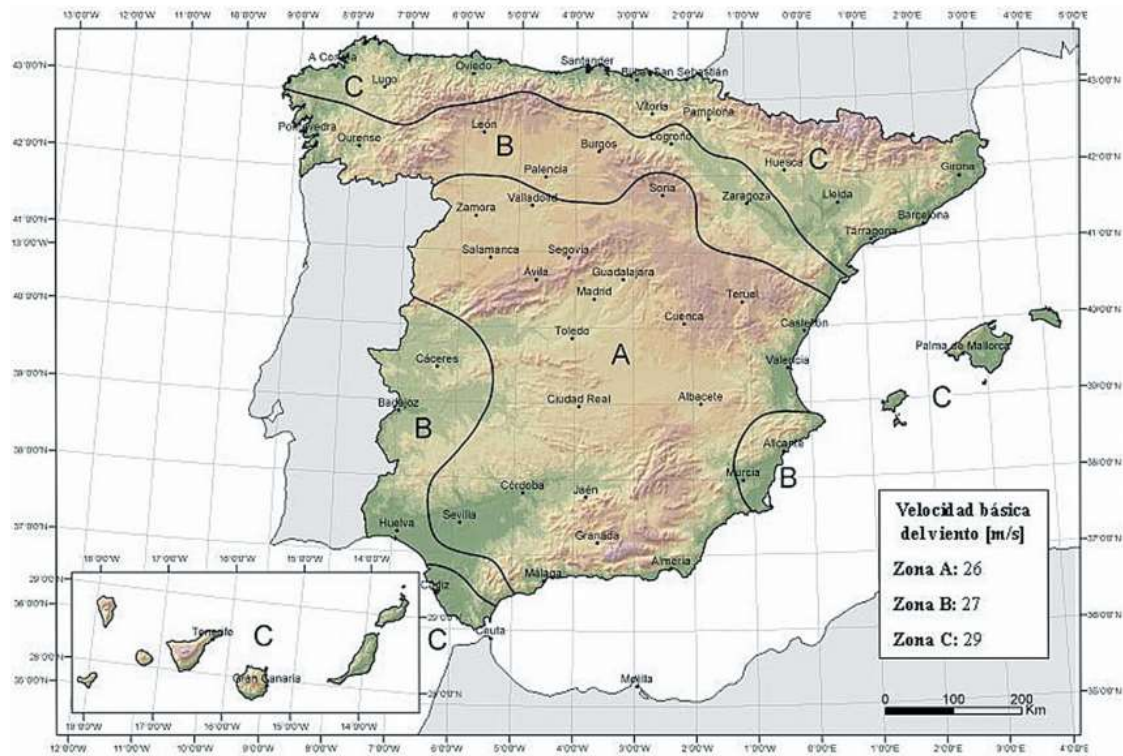


Figura 5.1: Mapa d'isotaques per l'obtenció de la velocitat bàsica fonamental del vent $v_{b,0}$.

Font: IAP-11.

La localització on s'executa el projecte es situa en la zona "C", amb la qual cosa, la velocitat bàsica fonamental del vent correspon a 29 m/s.

Considerant la velocitat bàsica fonamental del vent que representa, com ja s'ha comentat amb anterioritat, la velocitat mitjana del vent és un valor adequat si es compara amb el rang de treball dels aerogeneradors. Per tant, pel que fa al recurs sostenible és suficient per a poder treure profit. No obstant això, un dels objectius d'aquest projecte és causar el menor impacte possible. L'impacte visual és un factor molt important, el fet que una estructura s'integri en el seu entorn porta una gran quantitat de beneficis. Els aerogeneradors requereixen una gran estructura i d'un disseny agressiu que pot causar un gran impacte visual a la zona. Per aquest motiu, la utilització del vent com a recurs sostenible queda descartat.

5.3. Cabal riu

L'obtenció d'electricitat a partir de l'energia hidràulica d'un riu pot ser un sistema molt avantatjós, ja que per consums petits, la instal·lació a efectuar pot ser de les que menys impacte visual presenti si s'utilitzen hidrogeneradors a peu de riu. Malgrat això, perquè sigui viable la generació d'electricitat mitjançant tecnologia hidroelèctrica en un riu és necessari que aquest presenti un cabal d'aigua constant.

Existeixen mètodes molt sofisticats a partir dels quals és pot determinar el la mitja del cabal del riu. El document “IAP-11 Instrucció sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera” generat per BOE exposa un mètode. Però en aquest cas, un visita *in situ* en l’emplaçament del projecte i l’opinió de gent del poble de Pineda de Mar ha sigut suficient per determinar que el riu es troba sec a excepció de quan plou. Per tant, es considera insuficient l’energia hidràulica que pot aportar la riera de Pineda de Mar com per a instal·lar hidrogeneradors i abastir la instal·lació de la passarel·la.

5.4. Radiació solar

Per treure profit del recurs solar mitjançant plaques solars és indispensable que hi hagi una radiació mínima que incideixi en la localització del projecte.

Cal tenir en compte que les mesures de radiació es realitzen de manera que no hi hagi ni edificis ni arbres ni qualsevol altre element que pugui fer ombra al llarg del dia. Per tant, la col·locació de plaques ha d’assegurar que no existeixin possibles ombres. Serà necessari considerar aquest factor per evitar sorpreses indesitjades.

El codi tècnic CTE -DB -HE “Documento Básico HE Ahorro de Energia” proporciona un mapa en el qual s’han definit zones tenint en conta la radiació solar global mitja diària anual sobre la superfície horitzontal, agafant els intervals que es relacionen per a cadascuna de les zones. El mapa retallat del document esmentat és mostra a continuació.



Figura 5.2: Retall de mapa definit per zones segons radiació solar.

Font: CTE-DB-HE.

Les zones definides posseeixen el respectiu interval de radiació que és mostra en la següent taula.

Zona climàtica	MJ/m²	KWh/m²
I	< 13,7	< 3,8
II	13,7 ≤ 15,1	3,8 ≤ 4,2
III	15,1 ≤ 16,6	4,2 ≤ 4,6
IV	16,6 ≤ 18	4,6 ≤ 5
V	≥18	≥ 5

Taula 5.1: Radiació per zona climàtica.

Font: CTE-DB-HE.

Observant la figura 5.2 i la taula 5.1 s'estableix que la localització del present projecte se situa en una Zona climàtica de categoria III i que per tant el valor de radiació mitjana diària anual sobre superfície horitzontal pot oscil·lar entre 15,1 i 16,6 MJ/m² o el que vindria ser el mateix, aproximadament 4,2 i 4,6KWh/m². Aquests valors seran òptims depenent del consum de la instal·lació.

Considerant els valors obtinguts en l'apartat 5.1. Valoració de la càrrega de la instal·lació, és viable la utilització d'energia solar amb la instal·lació d'una petita quantitat de plaques fotovoltaïques i sense causar un impacte visual, entre d'altres, de grans magnituds.

6. Descripció tècnica de la instal·lació

6.1. Generació energètica estimada

6.1.1. Inclinació dels mòduls solars

Com ja s'ha explicat anteriorment, la producció d'una placa fotovoltaica ve donada per la incidència de radiació solar sobre aquesta. Per maximitzar la producció, els panells FV han d'estar orientats al sol de manera perpendicular. Aquesta posició no sempre es pot garantir a causa de l'azimut solar, latitud, longitud i època de l'any. No obstant, es pot establir una posició fixa que optimitzi els resultats de la placa fotovoltaica segons l'estratègia adoptada.

El procediment per determinar la inclinació de les plaques fotovoltaïques es realitza segons indica l'*Institut per a la Diversificació i Estalvi de l'Energia (IDAE)* en el document *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red*, l'apartat 3.2 *Orientación e inclinación óptimas. Pérdidas por orientación e inclinación*, taula III de la pàgina 31, que s'adjunta a continuació.

Periodo de diseño	β_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(\alpha=0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\phi + 10$	1,7
Julio	$\phi - 20$	1
Anual	$\phi - 10$	1,15

Taula 6.1: Inclinació òptims.

Font: IDAE.

On:

- $\beta_{opt} (^\circ) =$ Angle d'inclinació òptim.
- $\Phi (^\circ) =$ Latitud.
- K (Adimensional) = Constant.
- $G_{dm} (kWh/m^2 \cdot \text{día}) =$ Valor mitja de radiació sobre una superfície en funció de l'angle d'inclinació del generador i l'angle azimutal.

Es parteix de les coordenades de l'emplaçament del projecte, concretament la Latitud. En la figura 2.1 s'observa que la Latitud correspon a $41^\circ 38' 3''$. Per realitzar les operacions corresponents cal que el valor de la Latitud estigui en graus angulars i no en hores, minuts i segons, tal i com s'obté inicialment. Per aquest motiu:

$$\beta = \text{hores} + \frac{\text{minuts}'}{60} + \frac{\text{segons}''}{60 \cdot 60} = 41^\circ + \frac{38'}{60} + \frac{3''}{60 \cdot 60} = 41,634^\circ \quad (6.1)$$

On:

- $\beta (^\circ) = \text{Latitud.}$

Les majors manques de radiació solar s'efectuen en el solstici d'hivern, en el mes de desembre. En aquesta època de l'any es dona la menor quantitat d'hores de sol al dia, amb la qual cosa hi hauran més hores de nit i major possibilitat d'ús de la instal·lació lumínica. Aquest fet deriva en un major consum diari. A més a més, és quan la irradiació i la quantitat d'hores d'incidència de llum en el generador fotovoltaic és menor, per tant, es pot donar el cas més desfavorable quant a obtenció d'energia solar. Per aquest, motiu la inclinació dels generadors solars s'efectuarà segons aquesta premissa.

Segons la Taula 6.1 es considera una declinació solar òptima de 10° i llavors:

$$\beta_{opt} = \beta + 10^\circ = 41,634^\circ + 10^\circ = 51,634^\circ \quad (6.2)$$

On:

- $\beta_{opt} (^\circ) = \text{Angle d'inclinació òptim.}$
- $\beta (^\circ) = \text{Latitud.}$

Segons els càlculs efectuats en aquest apartat, la inclinació òptima del generador solar ha de ser de $51,68^\circ$.

A la següent il·lustració es mostra un dibuix indicatiu per tal d'interpretar correctament els càlculs realitzats.

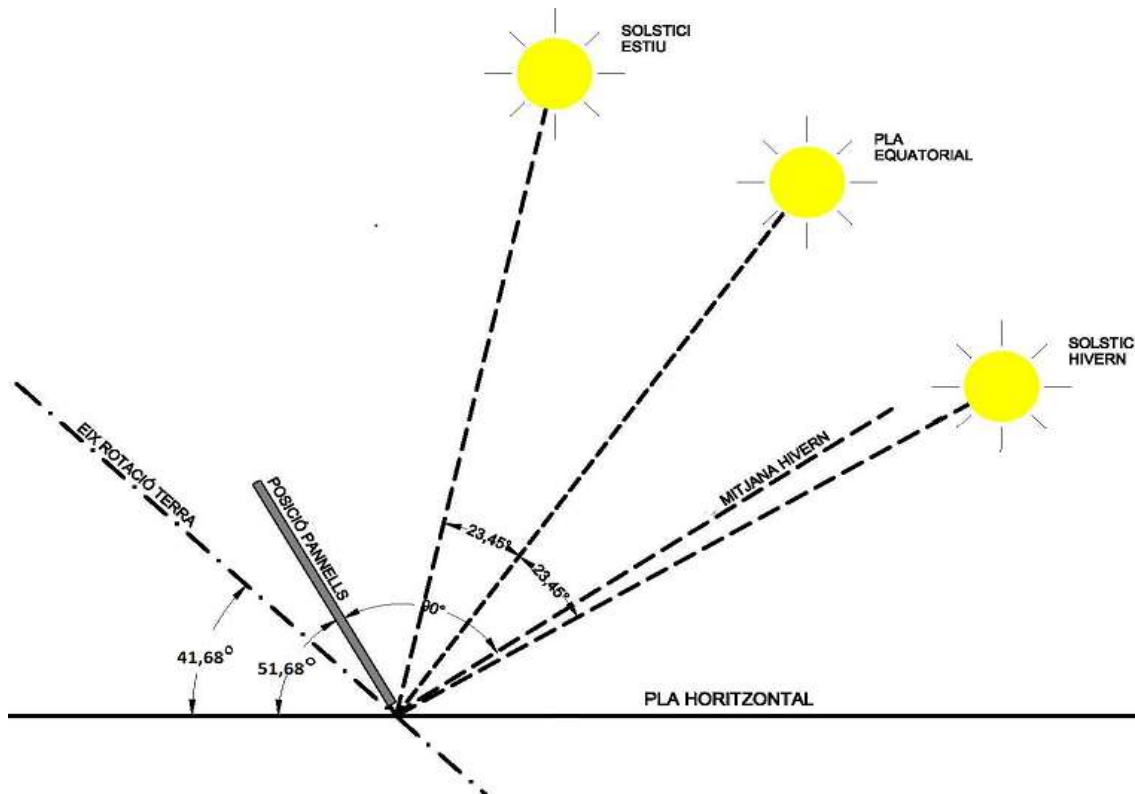


Figura 6.1: Inclinació generadors solars.

Font: Pròpia.

Pel que fa a l'orientació, la màxima radiació en un dia solejat es dona quan l'angle azimutal es igual a 0° . Aquest valor correspon a una orientació dels generadors FV en direcció al sol, de manera perpendicular, al migdia a les 12:00 hores horari solar. Amb la qual cosa l'angle azimutal s'estableix a 0° .

6.1.2. Radiació de la zona

Per obtenir una radiació precisa de la zona es fa ús d'una font fiable d'informació. La font d'informació escollida és l'aplicatiu *Photovoltaic Geographical Information System* (PVGIS) proporcionada per la Comissió Europea a la seva pàgina web disponible per a qualsevol usuari de forma gratuïta.

Coneixent l'emplaçament del projecte i les seves coordenades es localitza el punt d'interès de la radiació emesa. La imatge que es mostra a continuació es mostra com s'indica al PVGIS el punt d'estudi.

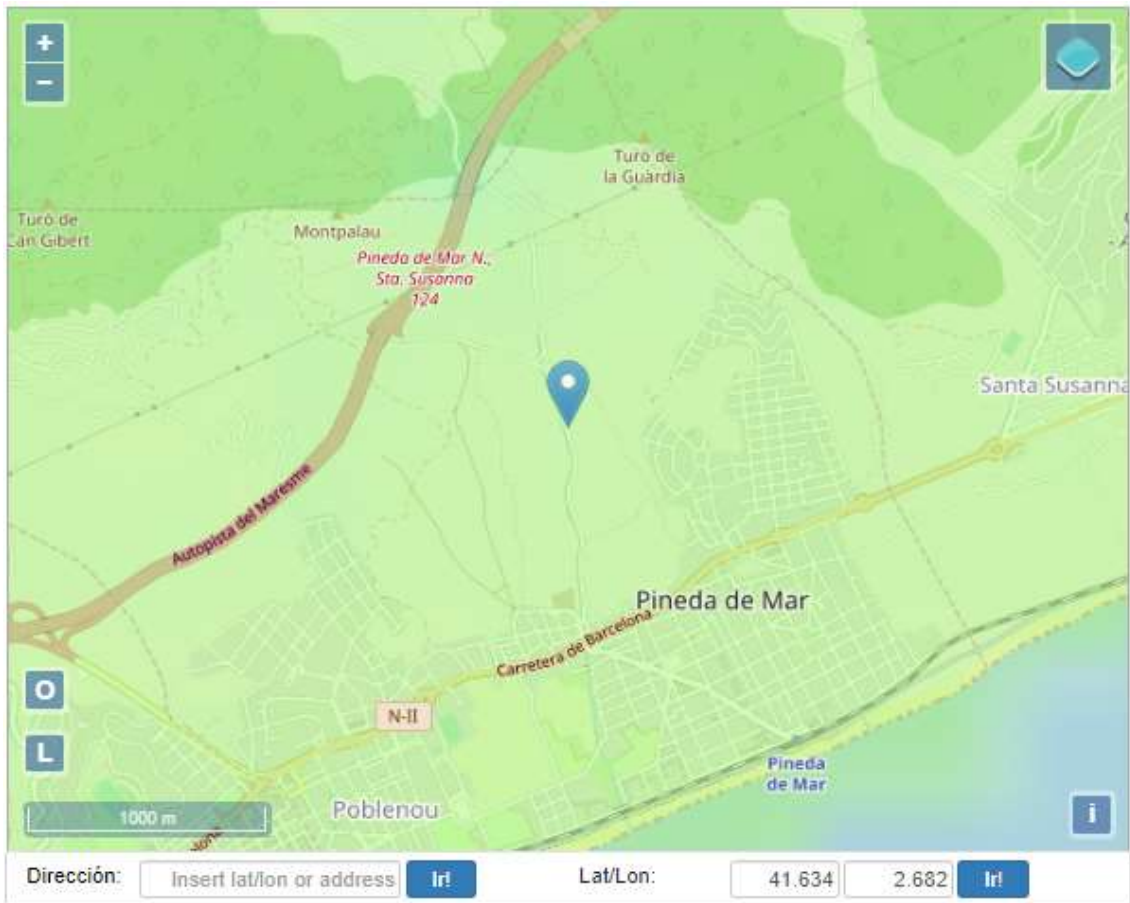


Figura 6.2: Coordenades d'estudi de la radiació solar.

Font: PVGIS.

Seguidament, cal indicar a l'aplicació diferents dades per obtenir els valors mitjans de radiació desitjats a cada mes. Per una banda, PVGIS treballa amb diferents bases de dades, la que es creu més convenient es la PVGIS-SARAH, ja que s'especialitza en la zona europea. L'any més recent del qual s'han obtingut les dades és l'any 2016, per tant, es selecciona. Per altra banda, es concreta el valor de radiació que es necessita, és a dir, la radiació global horitzontal. El procediment es mostra en la següent il·lustració.



Figura 6.3: Variables per l’obtenció de la radiació.

Font: PVGIS.

Els resultats obtinguts es mostren en la següent taula. A la segona columna es recull el valor de la radiació mitjà de cada mes en el pla horitzontal per cada metre quadrat, a la tercera columna es mostra la temperatura mitjana.

Mes de l’any	G _{dm} (0) [kWh/m ²]	Temperatura mitjana [°C]
Gener	65.72	13.2
Febrer	87.95	12.3
Març	119.29	12.3
Abril	146.27	14.2
Maig	173.02	16.7
Juny	195.63	21.2
Juliol	220.74	24.2
Agost	201.07	24.4
Setembre	150.06	23.3
Octubre	93.03	19.6
Novembre	68.52	15.5
Desembre	61.55	13.1

Taula 6.2: Resultats de radiació obtinguts de PVGIS.

Font: Pròpia.

El mateix programa també facilita una gràfica de la radiació obtinguda en el pla horitzontal de l'emplaçament que s'estudia. Així es mostra a continuació.

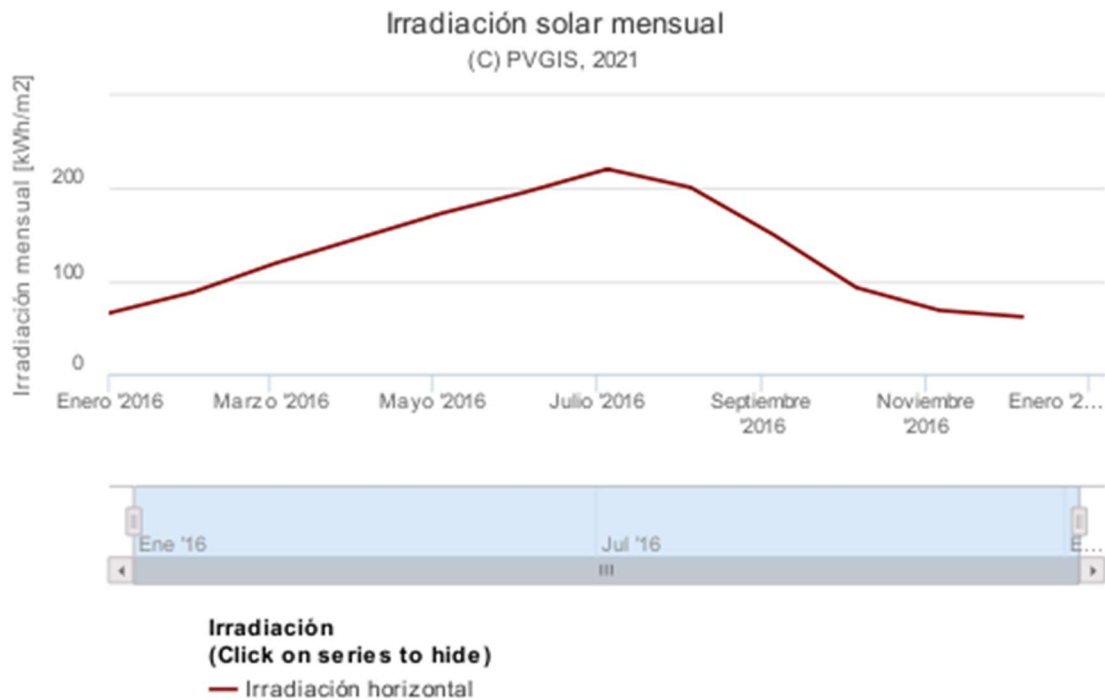


Figura 6.4: Resultats de radiació obtinguts de PVGIS.

Font: PVGIS.

6.1.3. Pèrdues

Per realitzar l'estudi de l'energia real que pot generar una central fotovoltaica i després de l'anàlisi d'altres sistemes semblants s'observa que es produeixen una sèrie de pèrdues que es poden distribuir de la següent manera segons s'indica en el document publicat per IDAE, PCT-C-REV-julio 2011, Annex 1, apartat 2.10.2.

$$\begin{aligned}
 PR &= \\
 &= (1 - L_{cab}) \cdot (1 - L_{dis}) \cdot (1 - L_{inv}) \cdot (1 - L_{pol}) \cdot \\
 &\quad (1 - L_{ref}) \cdot (1 - L_{rb}) \cdot (1 - L_{tem})
 \end{aligned}
 \tag{6.3}$$

On:

- PR (Adimensional) = Pèrdues de la mateixa instal·lació.
- L_{cab} (Adimensional) = Pèrdues que es generen en els components elèctrics situats entre els panells fotovoltaics i l'entrada a l'inversor, es a dir, la part de corrent

continu. En aquestes pèrdues influeixen les pèrdues en cablejat, commutadors, fusibles, connexionats, etc...

- L_{dis} (Adimensional) = Pèrdues a causa de la dispersió de paràmetres entre mòduls.
- L_{inv} (Adimensional) = Pèrdues generades en l'inversor.
- L_{pol} (Adimensional) = Pèrdues a causa de la brutícia a sobre de les plaques fotovoltaïques.
- L_{ref} (Adimensional) = Pèrdues a causa de la reflectància angular espectral.
- L_{rb} (Adimensional) = Pèrdues pel regulador.
- L_{tem} (Adimensional) = Pèrdues a causa de la temperatura.
- L_{usu} (Adimensional) = Pèrdues per potència.

6.1.3.1. Pèrdues en les plaques fotovoltaïques per brutícia

Les plaques solars s'instal·len a l'exterior, amb la qual cosa estan sotmeses constantment a brutícia en general com podria ser pols. Aquest fet fa que la captació de la radiació per part de la placa fotovoltaïca sigui inferior. Segons les condicions meteorològiques de la zona, concretament la probabilitat de pluja neta anual i del vent pot reduir la pèrdua en aquest aspecte, ja que es realitzaria una "autonateja". A més a més, al tractar-se d'una instal·lació Municipal s'assegura un manteniment de neteja apropiat tal com s'indica al corresponent apartat d'aquest projecte.

S'estableix un valor prudent de 3% segons s'indica en el document publicat per IDAE, PCT-C-REV-julio 2011, Annex 1, apartat 2.10.2, taula III.

$$L_{pol} = 3\% \quad (6.4)$$

On:

- L_{pol} (adimensional) = Pèrdues a causa de la brutícia a sobre de les plaques fotovoltaïques.

6.1.3.2. Pèrdues en l'inversor

Pèrdues denominades d'autoconsum ocasionades pel transformador de sortida. Aquestes depenen de la potència d'operació com cables, bobines, resistències, etc... del mateix inversor.

El valor d'aquesta pèrdua vindrà donada per la fitxa tècnica de l'inversor, adjuntat en el document Annexos, apartat Annex 3, del present projecte. En aquest cas l'inversor seleccionat presenta un rendiment de 93%.

Per tant, les pèrdues en l'inversor es pot xifrar en un 7%.

$$L_{inv} = 7\% \quad (6.5)$$

On:

- L_{inv} (adimensional) = Pèrdues generades en l'inversor.

6.1.3.3. Pèrdues en el regulador

Pèrdues denominades d'autoconsum ocasionades pel transformador de sortida. Aquestes depenen de la potència d'operació com cables, bobines, resistències, etc... del mateix regulador.

El valor d'aquesta pèrdua vindrà donada per la fitxa tècnica del regulador, adjuntat en el document Annexos, apartat Annex 3, del present projecte. En aquest cas el regulador seleccionat presenta un rendiment de 98%.

Per tant, les pèrdues en el regulador es pot xifrar en un 2%.

$$L_{rb} = 2\% \quad (6.6)$$

On:

- L_{rb} (adimensional) = Pèrdues generades en el regulador.

6.1.3.4. Pèrdues a causa de la temperatura

Pèrdues per la temperatura de treball dels mòduls fotovoltaics que pot oscil·lar entre un 5% i un 10%, segons l'època de l'any i situació de la central. S'estableix un valor prudent de 8%, segons s'indica en el document publicat per IDAE, PCT-C-REV-julio 2011, Annex 1, apartat 2.10.2, taula III.

$$L_{tem} = 8\% \quad (6.7)$$

On:

- L_{tem} (adimensional) = Pèrdues a causa de la temperatura.

6.2.3.5. Pèrdues en dissipació de paràmetres entre mòduls

Diferència entre la potència nominal instal·lada i l'obtinguda en conformar el plafó fotovoltaic, que es poden estimar en aproximadament un 1-3%.

S'estableix un valor de 2% segons s'indica en el document publicat per IDAE, PCT-C-REV-julio 2011, Annex 1, apartat 2.10.2, taula III.

$$L_{dis} = 2\% \quad (6.8)$$

On:

- L_{dis} (adimensional) = Pèrdues a causa de la dispersió de paràmetres entre mòduls.

6.1.3.6. Pèrdues en reflectància angular espectral

Quan els raigs solars no incideixen perpendicularment sobre el mòdul, es produeixen certes pèrdues per reflexió i absorció en les capes anteriors a les cèl·lules fotovoltaïques, vidre, encapsulant i capa antireflectant. La caracterització d'aquest fenomen consisteix, per tant, en la determinació de la transmittància del mòdul absoluta o relativa a la corresponent a la incidència perpendicular. Les pèrdues poden arribar a ser d'un 3% segons s'indica en el document publicat per IDAE, PCT-C-REV-julio 2011, Annex 1, apartat 2.10.2, taula III.

$$L_{ref} = 3\% \quad (6.9)$$

On:

- L_{ref} (adimensional) = Pèrdues a causa de la reflectància angular espectral.

6.1.3.7. Pèrdues per ombra

El document publicat per IDAE, PCT-C-REV-julio 2011, Annex 3, apartat 5 exposa el procés a seguir per optimitzar les pèrdues que es poden generar a causa de les ombres entre files de panells.

El document esmentat exposa que la distància en el pla horitzontal "d" entre un obstacle o entre files amb una altura "h" ha de garantir almenys 4 hores de sol entorn al migdia del solstici d'hivern.

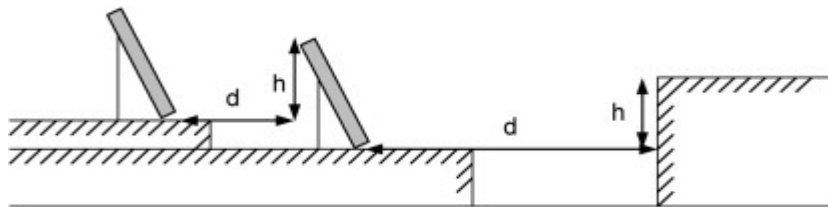


Figura 6.5: Dibuix representatiu de les possibles ombres.

Font: IDAE.

Primerament es calcula el factor que considera la desviació de la latitud entre dos punts determinats.

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \Phi)} = \frac{1}{\tan(61^\circ - 41,634^\circ)} = 2.85 \quad (6.10)$$

On:

- k (Adimensional) = Factor d'afectació de la latitud.
- Φ (°) = Latitud de l'emplaçament.

Seguidament, a partir de realitzar una visita *in situ* de l'emplaçament de les plaques solars es determina que l'únic obstacle que pot generar ombra són les pròpies files. Amb la qual, cosa a partir de la variable “*h*” que s'obté de l'altura resultant dels panells amb la inclinació adoptada, es troba “*d*” la distància de separació entre files de panells FV.

$$d = h \cdot k = 1.04 \cdot 2.85\text{m} = 2.96\text{m} \quad (6.11)$$

On:

- d (m) = Distància entre obstacles o plaques.
- k (Adimensional) = Factor d'afectació de la latitud.
- h (m) = Altura possible obstacle. En aquest cas si es fa ús de les regles trigonomètriques “*h*” és igual a l'altura de la placa, 1.332m, per sinus de 51,634°, angle d'inclinació del panell FV. La variable “*h*” esdevé 1.04m. L'altura del panell s'extreu de la fitxa tècnica, adjuntada en el document Annexos, apartat Annex 2, del present projecte.

Si es respecta la distància de 2.96m entre plaques FV les pèrdues per ombra són nul·les.

$$L_{omb} = 0\% \quad (6.12)$$

On:

- L_{omb} (adimensional) = Pèrdues per ombra.

6.1.3.8. Pèrdues en cablejat

Les pèrdues en cablejat venen donades principalment per l'efecte Joule que es genera en el propi mateix cable. En instal·lacions en la qual sigui necessari emprar metres de cable és un factor a tenir en compte, no obstant, si la instal·lació presenta un o dos metres de cable, aquest tipus de pèrdues es pot menysprear. Per la instal·lació del present projecte donat la longitud dels cables establerts es decideix considerar les pèrdues per efecte Joule en el cablejat.

Per considerar aquest tipus de pèrdues és necessari emprar la següent seqüència d'expressions.

Es calcula la potència perduda per l'efecte Joule en cada tram de la instal·lació.

$$W_{cab} = I^2 \cdot \frac{\rho \cdot L}{S} \quad (6.13)$$

On:

- W_{cab} (W) = Potència perduda en cablejat.
- S (mm²) = Secció del cable.
- L (m) = Longitud del cablejat.
- ρ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) = Resistivitat del cablejat a 20°C.
- I (A) = Valor de la intensitat del tram. S'extreu de l'apartat 6.2.1.1. Connexió dels panells solars.

Com existeixen diversos trams es fa ús de la següent taula per presentar els valors ordenats. En l'apartat 6.2.4. Cablejat del present document es demostra l'obtenció dels valors de la intensitat i secció de cablejat de cada tram.

Tram	Nº	I [A]	ρ [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$]	L [m]	S [mm ²]	W_{cab} [W]	ΣW_{cab} [W]
Tram 1	1	21.92	0.018	10	6	14.41	14.41
Tram 2	1	62.5	0.018	1	10	7.03	7.03
Tram 3	1	13.04	0.018	15	2.5	18.36	18.36
Total W_{cab} =							39.8

Taula 6.3: Càlcul de la potència perduda en cada tram.

Font: Pròpia.

Per acabar, s'obté el valor de les pèrdues per cablejat.

$$L_{cab} = \frac{W_{cab}}{W_{tot}} = \frac{39.8W}{1.6kW} = 0.03 = 3\% \quad (6.14)$$

On:

- W_{tot} (W) = Potència de la línia que prové del generador. S'extreu de l'apartat 6.2.1.2. Compliment de les característiques dels panells solars, del present document.
- W_{cab} (W) = Potència perduda en cablejat.
- L_{cab} (adimensional) = Pèrdues que es generen en els components elèctrics situats entre els panells fotovoltaics i l'entrada a l'inversor, és a dir, la part de corrent continu. Aquests pèrdues inclouen les pèrdues en cablejat, commutadors, fusibles, connexionats, etc...

6.1.3.9. Pèrdues totals

Recollint els diferents valors de pèrdues en la següent expressió, extreta de l'apartat 6.1.3. Pèrdues, s'obté el valor total de les pèrdues en la instal·lació fotovoltaica.

$$\begin{aligned}
 PR &= \\
 &= (1 - L_{cab}) \cdot (1 - L_{dis}) \cdot (1 - L_{inv}) \cdot (1 - L_{pol}) \cdot \\
 &\quad (1 - L_{ref}) \cdot (1 - L_{rb}) \cdot (1 - L_{tem}) \quad (6.15) \\
 &= (1 - 0.03) \cdot (1 - 0.02) \cdot (1 - 0.07) \cdot (1 - 0.03) \cdot \\
 &\quad (1 - 0.03) \cdot (1 - 0.02) \cdot (1 - 0.08) = 0.75
 \end{aligned}$$

On:

- PR (Adimensional) = Rendiment energètic.
- L_{cab} (Adimensional) = Pèrdues que es generen en els components elèctrics situats entre els panells fotovoltaics i l'entrada a l'inversor, es a dir, la part de corrent continu. Aquests pèrdues inclouen les pèrdues en cablejat, commutadors, fusibles, connexions, etc...
- L_{dis} (Adimensional) = Pèrdues a causa de la dispersió de paràmetres entre mòduls.
- L_{inv} (Adimensional) = Pèrdues generades en l'inversor
- L_{pol} (Adimensional) = Pèrdues a causa de la brutícia a sobre de les plaques fotovoltaïques.
- L_{ref} (Adimensional) = Pèrdues a causa de la reflectància angular espectral.
- L_{rb} (Adimensional) = Pèrdues pel regulador.
- L_{tem} (Adimensional) = Pèrdues a causa de la temperatura.

Aquestes pèrdues es poden reduir considerablement si es realitza una selecció de plafons a la fàbrica, si la instal·lació està situada, com és el cas, en zones amb temperatures moderades, amb una bona neteja, etc...; en aquest cas, es poden estimar unes pèrdues inferiors, no obstant, s'estableix una pèrdua del sistema fotovoltaic d'un valor prudent de 0.76.

6.1.3. Aprofitament de la radiació

Per saber la quantitat d'electricitat que el sistema tindrà capacitat de generar es comença per calcular "FP", un factor que representa les pèrdues per orientació. L'expressió s'extreu del document publicat per IDAE, PCT-C-REV-julio 2011, Annex 2, apartat 2.4.

Com la inclinació i l'orientació de les plaques FV han sigut optimitzades s'obté un valor pròxim a 1.

$$FI = 1 - [1.2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] = \quad (6.16)$$

$$= 1 - [1.2 \cdot 10^{-4} \cdot (41.634 - 51.634)^2 + 3.5 \cdot 10^{-5} \cdot 0^2] =$$

$$= 0.99$$

On:

- FI (Wh/dia) = Factor que representa la irradiància del panell solar segons la inclinació i l'orientació d'aquesta.
- β (°) = Latitud de l'emplaçament.
- β_{opt} (°) = Inclinació òptima del panell solar.
- α (°) = Azimut, orientació òptima del panell solar.

Un altre pas a seguir és el de convertir les unitats del valor de la radiació en pla horitzontal obtingut de la taula 6.2. Les unitats es converteixen de kWh/m² a kWh/m²·dia, per així en càlculs posteriors poder operar. Per realitzar aquesta conversió, es divideix els valors de la radiació en pla horitzontal de cada mes entre els dies corresponents del mateix mes. Com els valors de la radiació són de l'any 2016, la quantitat de dies que correspon a cada mes, és també, de l'any 2016. Els valors de la conversió es presenten en la següent taula i, com s'aprecia, s'obté el valor mitjà.

Mes de l'any	G _{dm} (0) [kWh/m ²]	Dies al mes	G _{dm} (0) [kWh/m ² ·dia]
Gener	65.72	31	2.12
Febrer	87.95	29	3.03
Març	119.29	31	3.85
Abril	146.27	30	4.88
Maig	173.02	31	5.58
Juny	195.63	30	6.52
Juliol	220.74	31	7.12
Agost	201.07	31	6.49
Setembre	150.06	30	5.00
Octubre	93.03	31	3.00
Novembre	68.52	30	2.28
Desembre	61.55	31	1.99
		Anual	4.32

Taula 6.4: Justificació de l'obtenció de G_{dm} (0) kWh/m²·dia.

Font: Pròpia.

A continuació, una altra variable necessària per saber quina és l'energia elèctrica que el sistema tindrà capacitat de generar és el factor d'inclinació "K". Per trobar el valor d'aquesta variable es recupera la següent taula, anteriorment emprada en apartats anteriors, coneguda com a taula 6.1.

Periodo de diseño	β_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(\alpha=0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\phi + 10$	1,7
Julio	$\phi - 20$	1
Anual	$\phi - 10$	1,15

Taula 6.5: Determinació del factor d'inclinació "K".

Font: IDAE.

Com bé s'ha comentat anteriorment, la instal·lació es dissenya de manera òptima en l'època de l'any més desfavorable. L'època més desfavorable, per aquest cas en concret se situa entorn del solstici d'hivern, és a dir, al desembre. Per tant, segons la taula anterior i la premissa exposada el factor "K", és igual a 1,7.

Amb les dades obtingudes fins ara ja es pot determinar la radiació mig en el pla del mòdul fotovoltaic per metre quadrat. La fórmula s'extreu del document publicat per IDAE, PCT-A-REV-febrero 2009, Annex 1, apartat 3.3

$$\begin{aligned}
 G_{dm}(\alpha, \beta) &= G_{dm}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS = \\
 &= 1.99k \frac{Wh}{m^2 \cdot dia} \cdot 1,7 \cdot 0,99 \cdot 1 = 3349,17 \frac{Wh}{m^2 \cdot dia}
 \end{aligned}
 \tag{6.17}$$

On:

- $G_{dm}(\alpha, \beta)$ (Wh/m²·dia) = Radiació mitjana mensual del mes d'estudi, en aquest cas desembre, en el pla del mòdul fotovoltaic per metre quadrat.
- $G_{dm}(0)$ (Wh/m²·dia) = Radiació mitjana mensual del mes d'estudi, en aquest cas desembre, en el pla horitzontal per cada metre quadrat.
- FI (Adimensional) = Factor que representa la irradiància a les plaques fotovoltaïques segons la inclinació i l'orientació d'aquesta.
- FS (Adimensional) = Factor que representa l'ombra, (1-L_{omb}). Com es demostra en l'apartat ombra 6.1.3.7. Pèrdues per ombra del present document, no existeix ombra i per tant les pèrdues per ombra equivalen a 0, amb la qual cosa
- β (°) = Latitud de l'emplaçament.
- α (°) = Azimut, orientació òptima del panell solar.
- K (Adimensional) = Factor d'inclinació dels mòduls fotovoltaïcs.

L'última variable rellevant que queda per determinar abans de conèixer la producció energètica de la instal·lació és la potència pic del generador, aquest valor s'obté multiplicant la potència nominal d'un panell solar per la quantitat que s'instal·len en total.

Així es calcula en l'apartat 6.2.1.2. Compliment de les característiques dels panells solars, i s'obté una potència total de 1.6kW.

Finalment, per determinar la capacitat de producció energètica de la instal·lació s'empra l'expressió obtinguda del document publicat per IDAE, PCT-C-REV-julio 2011, apartat 7.2.4.

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}} =$$

$$= \frac{3349,17 \frac{Wh}{m^2 \cdot dia} \cdot 1.6kW \cdot 0.75}{1 \frac{kW}{m^2}} = 4019 \frac{Wh}{dia} \quad (6.18)$$

On:

- E_p (Wh/dia) = Energia produïda.
- $G_{dm}(\alpha, \beta)$ (Wh/m²·dia) = Radiació mig en el pla del mòdul fotovoltaic per metre quadrat.
- G_{CEM} (W/m²) = Valor d'irradiància per sobre dels mòduls fotovoltaics en condicions estàndard de mesura, es pren un valor de 1kW/m².
- P_{mp} (W) = Potència pic del generador fotovoltaic.
- PR (Adimensional) = Pèrdues de la mateixa instal·lació FV.
- α (°) = Azimut, orientació òptima de la placa fotovoltaic.
- β (°) = Latitud de l'emplaçament.

La capacitat de producció energètica de la instal·lació fotovoltaica que es presenta en aquest projecte és de 4019 Wh/dia. Per obtenir aquest resultat s'ha considerat el cas més desfavorable, concretament el mes de desembre.

6.2. Dimensionament de la instal·lació

L'estalvi econòmic, és un dels principals factors a l'hora de realitzar qualsevol instal·lació elèctrica. Saber definir i dimensionar correctament els elements d'instal·lació és un pas clau per maximitzar el benefici.

El dimensionat de la instal·lació s'ha de realitzar d'acord a la normativa vigent i a les normes i condicions tècniques recomanades per IDAE, (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, del Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç), així com les disposicions i normativa catalana de l'ICAEN (institut Català d'Energia). Especialment

el “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica aisladas de red”, de l’any 2002.

6.2.1. Panell fotovoltaiques

Els panells solars emprats en el present projecte corresponen al model ERA Policristal·lí 200W 24V proveït per l’empresa Autosolar. Aquest model presenta una resistència IP65, resistència adequada per l’emplaçament estudiat i atorgada gràcies a juntes i un marc metàl·lic que recobreix el contorn del panell. A més a més, el model escollit segueix els estàndards de qualitat que certifica les institucions TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE i ROHS, a part de les certificacions de l’empresa ISO9001, ISO14001 i ISO18001.

A continuació es mostra un exemplar idèntic al model de panell emprat.



Figura 6.6: Model de panell solar emprat.

Font: Autosolar.

Al document Annexos apartat Annex 2 s’adjunta la fitxa tècnica d’aquest component.

En cap cas s’instal·laran els panells que presentin defectes físics provinents d’un error de fabricació, com pot ser una mala alineació de les cèl·lules, esquerdes, bombolles en l’encapsulat, valors de funcionament fora del $\pm 5\%$ dels establerts en la fitxa tècnica entre altres motius. Si es dóna el cas, se sol·licitarà una devolució al fabricant.

6.2.1.1. Connexió dels panells solars

S’instal·laran un total de 8 plaques fotovoltaiques. El model escollit permet la interconnexió dels panells de tal manera que segons la configuració s’arribi a assolir la tensió i la intensitat del generador desitjades d’acord amb les necessitats de la instal·lació i de les altres components que la conformen. La connexió entre elles es realitzarà en una disposició de 4 grups de dos panells. Els dos panells de cada grup connectats en sèrie i els grups connectats en paral·lel. D’aquesta manera s’aconsegueix una tensió total entre

els borns del generador de 89V i una intensitat de 21.92A. La justificació d'aquestes dades es presenta a continuació segons la configuració esmentada.

-Tensió del generador:

$$V_{T,g} = N_s \cdot V_{oc} = 2 \cdot 44.5V = 89V \quad (6.19)$$

On:

- $V_{T,g}$ (V) = Diferència de tensió total produïda pel generador.
- N_s (Unitats) = Nombre de panells en sèrie.
- V_{oc} (V) = Tensió en buit de cada panell solar.

-Intensitat del generador:

$$I_{T,g} = N_p \cdot I_{mpp} = 4 \cdot 5.48A = 21.92A \quad (6.20)$$

On:

- $I_{T,g}$ (A) = Intensitat total produïda pel generador.
- N_p (Unitats) = Nombre de grups de panells en paral·lel.
- I_{mpp} (A) = Intensitat màxima en el pic de potència de cada grup.

6.2.1.2. Compliment de les característiques dels panells solars

Per assegurar que l'estratègia escollida per als panells és la correcta cal assegurar que la potència pic total del generador es troba dins d'un interval, de tal manera que no hi hagi una manca de potència o un sobredimensionant innecessari de la instal·lació.

Primer de tot es calcula la potència mínima necessària que ha de produir el generador per tal que desenvolupi la seva funció correctament. Aquesta variable es troba a partir de l'expressió que s'extreu del document publicat per IDAE, PCT-A-REV-febrero 2009, Annex 1, apartat 3.4.

$$P_{mp,min} = \frac{G_{CEM} \cdot E_d}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR} = \frac{1 \frac{W}{m^2} \cdot 3510 \frac{Wh}{dia}}{3349,17 \frac{Wh}{m^2 \cdot dia} \cdot 0.76} = 1380W \quad (6.21)$$

On:

- $P_{mp,min}$ (W) = Potència pic mínim que ha de produir el generador FV.

- E_d (Wh/dia) = Energia demandada. S'obté de l'apartat 5.1. Valoració de la càrrega de la instal·lació, del present projecte.
- $G_{dm}(\alpha, \beta)$ (Wh/m²·dia) = Radiació mitjana, en el pla del mòdul fotovoltaic per metre quadrat per al mes de desembre
- G_{CEM} (W/m²) = Valor d'irradiància per sobre dels mòduls fotovoltaics en condicions estàndard de mesura, es pren un valor de 1kW/m².
- PR (Adimensional) = Pèrdues de la mateixa instal·lació FV.
- α (°) = Azimut, orientació òptima del panell fotovoltaic.
- β (°) = Latitud de l'emplaçament.

Seguidament, a partir de la potència pic mínima calculada en la fórmula anterior es pot extreure la potència pic màxima que no hauria de superar el generador.

$$P_{mp,max} = 1.2 \cdot P_{mp,min} = 1.2 \cdot 1380W = 1656W \quad (6.22)$$

On:

- $P_{mp,max}$ (W) = Potència pic màxim, que ha de produir el generador FV.
- $P_{mp,min}$ (W) = Potència pic mínim, que ha de produir el generador FV.

Ara que ja es coneix el límit superior i el límit inferior de l'interval es calcula la potència pic nominal del generador.

$$P_{mp} = N_T \cdot P_{pn} = 8 \cdot 200W = 1600W \quad (6.23)$$

On:

- P_{mp} (W) = Potència pic que produeix el generador FV.
- N_T (Unitats) = Nombre total de panells FV.
- P_{pn} (W) = Potència pic nominal, que produeix cada panell FV.

Finalment, un cop coneguts els límits de l'interval i la potència nominal del generador es nota que la següent condició compleix.

$$P_{mp,min} < P_{mp} < P_{mp,max} \quad (6.24)$$

$$1380W < 1600W < 1656W$$

On:

- P_{mp} (W) = Potència pic que produeix el generador FV.
- $P_{mp,max}$ (W) = Potència pic màxim, que ha de produir el generador FV.
- $P_{mp,min}$ (W) = Potència pic mínim, que ha de produir el generador FV.

6.2.1.3. Suports dels panells solars

S'utilitza una estructura amb la finalitat que els panells quedin col·locats i subjectats amb la inclinació que es defineix en l'apartat 6.1.1. Inclinació dels mòduls solars, del present document.

Pel motiu anteriorment esmentat, el disseny, el sistema de fixació i la construcció de l'estructura han de garantir l'orientació i la inclinació fixada. En addició, cal assegurar que les dilatacions i contraccions dels elements que conformen l'estructura de suport dels panells no derivaran carregues que puguin comprometre la integritat estructural del mateix panell solar.

L'estructura ha de ser suficientment rígida per a suportar les accions del seu propi pes, del pes del mòdul solar i dels efectes climatològics tals com el vent i la neu. Els perfils que componen l'estructura hauran de complir amb els mínims exigits a la norma UNE-EN ISO 1461 i en tot moment s'exigirà el compliment del Codi Tècnic de l'Edificació en l'àmbit de seguretat. És per això, que l'estructura escollida és del fabricant *Phaesun* venuda per l'empresa *RS-online*. La referència del producte del fabricat es 390856 i de l'empresa 860-2893. És una estructura individual per a cada panell, fet que permet realitzar una configuració molt ampla de files i columnes. A més a més, l'estructura és regulable en inclinació, amb la qual cosa es podrà ajustar a la inclinació desitjada.



Figura 6.7: Suport dels panells solars.

Font: RS-Online.

El material amb el qual es conforma l'estructura és alumini, per tant, no serà necessari protegir-la contra les accions dels agents ambientals. En el cas de les fixacions s'empraran femelles i caragols d'acer inoxidable de classe resistent a la humitat A4, preferiblement acer inoxidable AISI 316.

6.2.2. Inversor

Normalment, en instal·lacions fotovoltaïques, la línia provinent del generador passa a través d'un regulador perquè posteriorment la línia es divideixi en dos trams, un que va a l'acumulador i un altre a un inversor. Avui dia existeixen inversors que incorporen regulador intern i únicament s'ha de connectar la línia provinent del generador, el tram provinent de l'acumulador i la línia de càrrega, simplificant així la instal·lació.

La funció del regulador és carregar l'acumulador i protegir-lo de sobrecàrregues i sobre descàrregues provinents del generador. És convenient que pels reguladors que tenen com a referència la caiguda de tensió dels acumuladors compleixin els requisits següents:

- La diferència de tensió de sortida del regulador ha de correspondre amb la tensió de l'acumulador.
- Les pèrdues provinents del mateix consum del dispositiu no superaran el 3% del consum diari de la instal·lació.
- El marge d'error quant al voltatge de tall efectiu estipulat pel fabricant no serà superior a l'1%.
- El regulador haurà de tenir una estratègia assignada per a la càrrega de les bateries de l'acumulador.
- Es toleren sobrecàrregues controlades de l'acumulador amb la finalitat de realitzar càrregues d'igualació en l'acumulador.

L'inversor com a tal, s'encarrega de convertir el corrent continu procedent de l'acumulador o del generador en corrent altern, monofàsic. Amb la qual cosa l'inversor haurà de ser capaç d'operar i presentar el mateix comportament en tot el rang de voltatge permisible d'entrada estipulat pel fabricant. Com que ha de poder funcionar de forma autònoma, sense connexió a la xarxa i ha d'alimentar equips electrònics, ha de poder subministrar una forma d'ona perfectament sinusoidal.

És molt recomanable que l'inversor disposi d'un sistema de seguiment del punt màxim de potència. Així permetria a la instal·lació treballar a ple rendiment. Aquest sistema es coneix amb l'abreviatura MPPT.

L'inversor ha de tenir la capacitat d'assegurar una freqüència de sortida de $50\text{Hz} \pm 2\%$, de la mateixa manera que ha de garantir un voltatge de sortida altern de valor entorn de $220/230\text{V}_{\text{RMS}}$. Per promoure l'eficiència de la instal·lació, l'inversor hauria de presentar un rendiment estipulat pel document publicat per IDAE, PCT-A-REV-febrero 2009, apartat 5.6.11. Taula II, que es presenta a continuació:

Tipus d'inversor		Rendiment al 20% de la potència nominal	Rendiment a potència nominal
Ona sinusoidal	$P_{\text{nom}} \leq 500\text{W}$	>85%	>75%
	$P_{\text{nom}} > 500\text{W}$	>90%	>85%

Taula 6.6: Rendiments mínim de l'inversor a escollir.

Font: IDAE, PCT-A-REV-febrero 2009.

Per la determinació de la capacitat de l'inversor, s'ha de tenir en compte els consums de les càrregues indicades i la capacitat del generador.

El model escollit per al present projecte és el del fabricant Must model PV18-3048 VHM MPPT d'ona sinusoidal pura i que treballa amb potències d'entrada de fins a 4kW i permet la càrrega de bateries de 48V. Aquest inversor presenta el principal avantatge que incorpora un regulador, així mateix es possible tenir amb un únic dispositiu, l'inversor i el regulador. A més a més, permet tenir un control de la instal·lació a través d'un sistema de monitoratge per poder configurar determinades característiques.

A continuació, es mostra un exemplar idèntic al model de panell emprat.



Figura 6.8: Model d'inversor emprat.

Font: Autosolar.

Al document Annexos apartat Annex 3 s'adjunta la fitxa tècnica d'aquest component.

Si el component ve manipulat, amb defectes visibles o defectes de funcionament serà reportat al fabricant i se sol·licitarà un exemplar equivalent en bones condicions.

6.2.2.1. Connexió de l'inversor

Generalment, els inversors es connecten a la sortida del regulador, però com ja s'ha comentat anteriorment, l'inversor ja incorpora un regulador, per tant, l'inversor es connectarà directament a la línia provinent del generador. Una altra generalitat és que entre el regulador i l'inversor es troba connectat l'acumulador. Aquest fet es dona dins del mateix inversor amb la qual cosa únicament s'ha de connectar l'inversor a l'acumulador. La última connexió que cal realitzar és la de l'inversor amb la línia de càrrega.

La connexió de l'inversor es realitzarà de la manera que indica el fabricant. Un cop instal·lat es configurarà perquè la instal·lació es comporti tal com es descriu en aquest projecte.

6.2.2.2. Compliment de les característiques de l'inversor

Cal verificar que l'inversor compagina bé amb els altres components.

-Per part del mateix inversor:

Per una banda, s'ha de garantir que la potència de l'inversor és més gran que el 80% de la potència total pic del generador.

$$P_{inv} > 0.8 \cdot P_{p,g} \quad (6.25)$$

$$3kW > 0.8 \cdot 1,6kW$$

$$3kW > 1.28kW$$

On:

- P_{inv} (W) = Potència de l'inversor.
- $P_{p,g}$ (W) = Potència pic que produeix el generador.

Per altra banda, és necessari assegurar que la diferència de tensió que proveeix el generador i que entra a l'inversor estigui dins de l'interval permisible, és a dir:

$$V_{Min,i} < V_{T,g} < V_{Max,i} \quad (6.26)$$

$$64V < 89V < 130V$$

On:

- $V_{T,g}$ (V) = Diferència de tensió del generador.
- $V_{Max,i}$ (V) = Tensió màxima permisible per l'inversor.
- $V_{Min,i}$ (V) = Tensió mínima permisible per l'inversor.
-

També és necessari assegurar que la intensitat atribuïda pel generador sigui inferior a la permisible per l'inversor.

$$I_{T,g} < I_{Max,i} \quad (6.27)$$

$$21.92A < 80A$$

On:

- $I_{T,g}$ (A) = Intensitat produïda pel generador.
- $I_{Max,i}$ (A) = Intensitat màxima permisible per l'inversor.

-Per part del regulador de l'inversor:

Finalment, cal realitzar dues últimes verificacions, per aquesta vegada al regulador que incorpora l'inversor. Segons el document publicat per IDAE, PCT-A-REV-febrero 2009,

apartat 5.5.5, el regulador haurà detenir la capacitat de suportar una sobrecàrrega simultània per a un valor 25% major a el corrent de curtcircuit del generador solar.

$$I_{Max,r} > I_{cc,CEM,g} \cdot 1,25$$

$$60A > 23.24A \cdot 1,25 \quad (6.28)$$

$$60A > 29.05A$$

On:

- $I_{Max,r}(A)$ = Intensitat màxima del regulador.
- $I_{cc,CEM,g}(A)$ = Intensitat de curtcircuit del conjunt de panells solars en CEM. La intensitat en curtcircuit de cada grup “ I_{sc} ” equival a 5.81A segons el tipus de connexió en sèrie entre els dos panells que conforma un grup i la fitxa tècnica del mòdul. Com es combinen 4 grups en paral·lel es multiplica el valor de “ I_{sc} ” per 4, donant com a resultat de “ $I_{CC,CEM}$ ” 23.24A.

6.2.3. Acumulador

El sistema d’acumuladors ha de ser capaç d’emmagatzemar l’energia produïda durant les hores de sol, i subministrar-la al llarg del període de reserva mínima fixada. S’ha previst la utilització de bateries especialment dissenyades per a instal·lacions solars.

El model de la bateria escollida és Tensite de 6V i 480Ah de plom-àcid. Posseeix 3 cel·les, cadascuna de 2V, fet que li atorga els 6V. Se selecciona de 6V, ja que és l’única bateria de la seva gamma que disposa de la capacitat de subministrar 480Ah, necessaris tal com es demostra en l’equació 6.30. La capacitat d’emmagatzematge d’electròlit en les cel·les és major que en altres bateries, a conseqüència, el seu període de manteniment és més extens. Aquesta bateria es troba dissenyada amb doble aïllament en les plaques positives per tal d’evitar esquerdes en l’aïllament i així evitar que es produeixi l’avaría col·loquialment coneguda com a *bateria connectada*.

Les bateries tenen, en general, una vida útil determinada pel nombre de cicles de càrrega i descàrrega, que s’escurça més segons el percentatge d’esgotament de la càrrega. El model escollit es valida per treballar en cicles profunds, amb la qual cosa la seva capacitat de descàrrega en cicles periòdics afectarà menys en el seu rendiment a llarg període. Per a una profunditat de descàrrega del 60% el fabricant assegura com a mínim l’execució de 2000 cicles.

A continuació es mostra un exemplar idèntic al model de bateria emprat.



Figura 6.9: Model de bateria emprat.

Font: Autosolar.

Al document Annexos apartat Annex 4 s'adjunta la fitxa tècnica d'aquest component.

A l'hora de realitzar la seva instal·lació se seguiran les recomanacions del seu fabricant. En cas que el component presenti defectes de fabricació tals com esquerdes en la carcassa, defectes en els taps de manteniment, sulfatació excessiva o comportament irregular en el seu funcionament, se sol·licitarà una devolució al fabricant.

6.2.3.1. Connexió de les bateries

L'acumulador es troba conformat per 8 bateries de 6V connectades en sèrie. Aquesta connexió permet que l'acumulador disposi una diferència de tensió entre els seus borns de 48V i una intensitat per hora de 480Ah. La següent il·lustració mostra un petit dibuix esquemàtic de la connexió en sèrie.

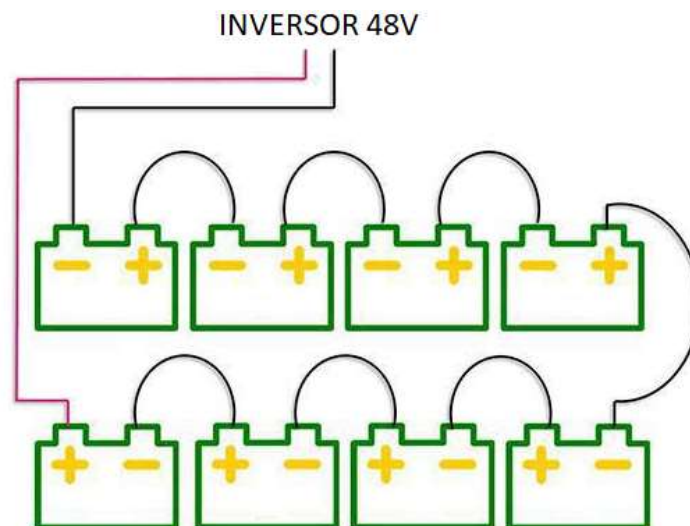


Figura 6.10: Connexió de les bateries.

Font: Autosolar.

6.2.3.2. Compliment de les característiques de les bateries

A continuació, es mostren els càlculs justificatius per corroborar la correcta elecció de les bateries i la seva connexió.

Primer de tot cal tenir coneixement del consum diari de la instal·lació en Ah. Es troba segons el document publicat per IDAE, PCT-A-REV-febrero 2009, Annex 1, apartat 1.5

$$X_D = \frac{E_D}{V_{nom}} = \frac{3510 \frac{Wh}{dia}}{48 V} = 73.13 \frac{Ah}{dia} \quad (6.29)$$

On:

- L_D (Ah/dia) = Consum mig diari de la instal·lació.
- E_D (Wh/dia) = Potència demandada per la instal·lació.
- $V_{nom,a}$ (V) = Tensió nominal del total de les bateries, és a dir, de l'acumulador.

Per determinar la capacitat mínima necessària de la bateria cal tenir clars la procedència d'algunes variables. Per una banda, segons el document publicat per IDAE, PCT-A-REV-febrero 2009, apartat 5.4.3, esmenta que per instal·lacions d'enllumenat públic, la profunditat de descàrrega dels acumuladors no és recomanable que sigui major que el 60%. D'altra banda, en el document anteriorment esmentat, apartat 4.2.5, imposa que l'autonomia de l'acumulador ha de poder abastir la instal·lació, com a mínim, 3 dies.

A partir de l'expressió extreta del document esmentat, Annex 1, apartat 3.5.

$$C_{min} = \frac{A \cdot X_D}{PD_{max} \cdot \eta_{reg} \cdot \eta_{inv}} = \frac{3dies \cdot 73.13 \frac{Ah}{dia}}{0.6 \cdot 0.98 \cdot 0.93} = 401.14Ah \quad (6.30)$$

On:

- C_{min} (Ah) = Capacitat nominal mínima necessària de les bateries.
- A (dies) = Autonomia dels acumuladors.
- X_D (Ah/dia) = Consum mig diari de la instal·lació.
- PD_{max} (Adimensional) = Percentatge de descàrrega màxim dels acumuladors.
- η_{reg} (Adimensional) = Rendiment del regulador.
- η_{inv} (Adimensional) = Rendiment de l'inversor

Amb la finalitat d'assegurar una recàrrega suficient dels acumuladors es limita la capacitat màxima d'aquest. Per tant, la capacitat nominal del conjunt de bateries en valor Ah no superarà 25 vegades la intensitat de curtcircuit del conjunt generador solar en

condicions estàndard de mesura (CEM). La següent expressió s'extreu del document publicat per IDAE, PCT-A-REV-febrero 2009, apartat 5.4.2.

$$\frac{C_{max}}{I_{cc,CEM,g}} < 25 \quad (6.31)$$

$$C_{max} = 25 \cdot 23.24A = 581Ah$$

On:

- C_{max} (Ah) = Capacitat nominal màxima necessària de les bateries.
- $I_{cc,CEM,g}$ (A) = Intensitat de curtcircuit del conjunt de generadors solars en CEM. La intensitat en curtcircuit de cada grup “ I_{sc} ” equival a 5.81A segons el tipus de connexió en sèrie entre els dos panells que conforma un grup i la fitxa tècnica del mòdul. Com es combinen 4 grups en paral·lel es multiplica el valor de “ I_{sc} ” per 4, donant com a resultat de “ $I_{cc,CEM}$ ” 23.24A.

Una altra verificació necessària per corroborar la correcta recàrrega de l'acumulador és assegurar que el voltatge nominal d'aquest és inferior al voltatge màxim dels panells en el pic de potència dels generadors, és a dir:

$$V_{nom,a} < V_{mpp} \cdot N_s$$

$$48V < 36.5V \cdot 2 \quad (6.32)$$

$$48V < 73V$$

On:

- $V_{nom,a}$ (V) = Tensió nominal de l'acumulador.
- N_s (Adimensional) = Nombre de panells en sèrie.
- V_{mpp} (V) = Tensió màxima dels panells en el pic de potència.

Com bé s'ha comentat anteriorment, la capacitat de l'acumulador correspon a 480Ah. Aquest valor es troba entre la capacitat mínima i capacitat màxima necessària.

$$C_{min} < C < C_{max} \quad (6.33)$$

$$401.14Ah < 480Ah < 581Ah$$

On:

- C_{min} (Ah) = Capacitat nominal mínima necessària de les bateries.
- C (Ah) = Capacitat nominal de les bateries.
- C_{max} (Ah) = Capacitat nominal màxima necessària de les bateries.

Totes les comprovacions es compleixen amb èxit, amb la qual cosa es pot garantir que la configuració de l'acumulador s'adapta a les necessitats de la instal·lació i dels altres components, i que per tant, el seu dimensionament ha sigut correcte.

6.2.4. Cablejat

La finalitat d'aquest apartat és definir i demostrar que els cablejats emprats en el present projecte es dimensionen per tal de complir la legislació vigent.

La longitud dels conductors serà la necessària per tal que no quedin tensats ni provoquin esforços mecànics en altres elements.

La secció dels cables serà la suficient per a reduir les caigudes de tensió i els escalfaments innecessaris. A més a més, segons el document publicat per IDAE, PCT-C-REV-julio 2011, apartat 5.5.2. els conductors presentaran una secció suficient perquè la caiguda de tensió sigui inferior a l'1,5%.

Per determinar la secció del cablejat es farà ús de la següent taula extreta del document ITC-BT-19 guia Esep 03, Taula 1. Es mostra a continuació.

MÉTODO DE INSTALACIÓN TIPO SEGÚN TABLA 52-B2		TIPO DE AISLAMIENTO TÉRMICO (XLPE o PVC) + NÚMERO DE CONDUCTORES CARGADOS (2 o 3) (TEMPERATURA MÁXIMA DE LOS CONDUCTORES EN RÉGIMEN PERMANENTE → 70°C TIPO PVC Y 90°C TIPO XLPE)																	
A1			PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)							XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)							
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)								XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)							
B1					PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)								XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)		
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)							XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)						
C									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		PVC2 (90 °C)	
D1/D2*		VER SIGUIENTE TABLA																	
E											PVC3 (70 °C)					PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)
F												PVC3 (70 °C)					PVC2 (70 °C)	XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)
Cobre	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458	

Taula 6.7: Intensitat admissible de conductors a 40°C.

Font: Prysmian.

Cal esmentar que els valors de 70°C i 90°C indiquen les temperatures màximes admissibles dels cables, no pas les temperatures a partir del qual s’obtenen els valors. Les temperatures a partir del qual s’obtenen els valors és de 40°C.

*Métodos D1/D2	Sección mm²	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	20	27	36	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387
	PVC3	17	22	29	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE2	24	32	42	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE3	21	27	35	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE2	-	-	-	-	-	70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349
	XLPE3	-	-	-	-	-	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295

Taula 6.8: Intensitat admissible de conductors soterrats.

Font: Prysmian.

6.2.4.1. Cablejat tram 1 (Generador-Inversor)

Aquest tram de cable compren la línia que surt de cada grup de panells solars fins a l’inversor. Aquesta línia anirà soterrada a una profunditat de 0.5m.

El model de cablejat escollit és un SOLAR PV ZZ-F 6mm² del fabricant Top Cable i proveïdor Autosolar. En el seu interior presenta uns filaments de coure amb un bany d’estany. La línia compondrà dos cables, un de color vermell per indicar el pol positiu i el de color negre per indicar el pol negatiu, aquest fet es realitza per indicar que els conductors treballen en CC.



Figura 6.11: Cables emprats Generador-Inversor.

Font: RS-Online.

Per aquest tram s’empra un cable especial preparat per suportar les diverses condicions climatològiques, gràcies al seu doble aïllant. No obstant es posaran dins d’una funda en espiral per una major protecció i així crear una canalització entubada soterrada. El model emprat és el RS PP Flexible Cable Conduit Stock number 755-9013 de 16mm de diàmetre del proveïdor RS-Online.



Figura 6.12: Protecció del cablejat Generador-Inversor.

Font: RS-Online.

6.2.4.1.1. Comprovació del conductor

Com s'ha demostrat anteriorment, en l'apartat 6.2.1.1. Connexió dels panells solars, el corrent provinent del generador equival a 21.92A.

Per trobar una primera secció cal emprar la següent fórmula proporcionada pel proveïdor dels cables Autosolar.

$$S = \frac{2 \cdot I_{T,g} \cdot L}{56 \cdot cdt} = \frac{2 \cdot 21.92A \cdot 10m}{56 \cdot 1.34V} = 5,84 \text{ mm}^2 \quad (6.34)$$

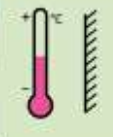
On:

- $S \text{ (mm}^2\text{)}$ = Secció del conductor.
- $I_{T,g} \text{ (A)}$ = Intensitat total produïda pel generador.
- $L_1 \text{ (m)}$ = Longitud del conductor del tram 1.
- $cdt \text{ (V)}$ = Caiguda màxim de tensió en la línia. La caiguda màxima de tensió de la línia correspon a un valor de 1,5%. Com el voltatge del generador es 89V, l'1,5% d'aquest valor equival a 1.34V.

Segons la taula 6.7, les condicions d'instal·lació d'aquest tram es classifica com a categoria D2. L'aïllament tèrmic del mateix cable és de XLPE. La mesura normalitzada més comuna en instal·lacions fotovoltaïques es la de secció 6mm², aquesta secció amb les característiques esmentades presenta una intensitat admissible de 53A. No obstant cal aplicar un factor de temperatura, un factor de soterrament i un factor d'agrupament.

El factor de temperatura serà igual a 1.07, ja que 30°C graus es considera una temperatura extrema pròpia de l'emplaçament de la instal·lació. Aquest valor s'extreu de la norma UNE 20435, Taula A.5.

TEMPERATURA MÁXIMA DE CONDUCTOR (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE PARA CABLES EN GALERÍAS (°C)									
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
90*	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	
105	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	



Taula 6.9: Factor de correcció per distintes temperatures (cables en galeries subterrànies i cables soterrats).

Font: Prysmian.

Com únicament s’instal·la un circuit, segons la norma UNE 211435, Taula A.8, el factor de seguretat per agrupament equival a 1.

CIRCUITOS AGRUPADOS	CIRCUITOS DE CABLES UNIPOLARES EN TUBULARES SOTERRADOS TUBOS DISPUESTOS EN UN PLANO HORIZONTAL				
	DISTANCIAS ENTRE TUBOS EN mm				
	CONTACTO	200	400	600	800
2	0,87	0,90	0,94	0,96	0,97
3	0,77	0,82	0,87	0,90	0,93
4	0,71	0,77	0,84	0,88	0,91
5	0,67	0,74	0,81	0,86	0,89
6	0,64	0,71	0,79	0,85	0,88
7	0,61	0,69	0,78	0,84	-
8	0,59	0,67	0,77	0,83	-
9	0,57	0,66	0,76	0,82	-
10	0,56	0,65	0,75	-	-




Taula 6.10: Factor d’agrupament de cables unipolars en tubulars soterrats.

Font: Prysmian.

La línia en tubular es troba soterrada a 0.5m de profunditat, amb la qual cosa, segons la norma UNE 211435, Taula A.7, el factor de seguretat corresponent a la profunditat equival a 1.03.

CABLES DE 0,6/1 KV		
PROFUNDIDAD m	SOTERRADOS DIRECTAMENTE	SOTERRADOS EN TUBULAR
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90



Taula 6.11: Factor de correcció per distintes profunditats de soterrament.

Font: Prysmian.

El valor de la intensitat real que circula pel cable ha de ser menor que la intensitat del cable admissible multiplicat pels diferents factors de seguretat.

$$I_{T,g} < I_{A1} \cdot \eta_{tem.} \cdot \eta_{agr.} \cdot \eta_{pro.}$$

$$21.92A < 44A \cdot 1.07 \cdot 1 \cdot 1.03 \quad (6.35)$$

$$21.92A < 48.49A$$

On:

- $I_{T,g}$ (A) = Intensitat total produïda pel generador.
- I_{A1} (A) = Intensitat admissible del conductor del tram 1.
- $\eta_{tem.}$ (Adimensional) = Factor de temperatura.
- $\eta_{agr.}$ (Adimensional) = Factor d'agrupament.
- $\eta_{pro.}$ (Adimensional) = Factor profunditat de soterrament.

Queda demostrat que el cable escollit és l'adequat.

6.2.4.1.2. Comprovació del tub

Per tal d'assegurar que el diàmetre del tub canalitzador és el correcte es fa ús del document ITC-BT-21, taula 5, on s'aprecia que per un total de dos conductors de 6mm² de secció es requereix un diàmetre del tub de 16mm.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

Taula 6.12: Diàmetres de tub de canalització del cablejat.

Font: ITC-BT-21.

6.2.4.2. Cablejat tram 2 (Acumulador-Inversor)

Aquest tram de cable compren la línia que surt de l'inversor i va cap a l'acumulador.

El model del cable escollit coincideix amb el del cablejat que va des del generador a l'inversor, ja que també transportarà corrent continu. Es recorda que el model és un SOLAR PV ZZ-F 10mm² del fabricant Top Cable i proveïdor Autosolar. En el seu interior presenta uns filaments de coure amb un bany d'estany. La línia compondrà dos cables, un de color vermell per indicar el pol positiu i el de color negre per indicar el pol negatiu, aquest fet es realitza per indicar que els conductors treballen en CC.



Figura 6.13: Cables emprats Acumulador-Inversor.

Font: RS-Online.

Per aquest tram s'empra un cable especial preparat per suportar les diverses condicions climatològiques, gràcies al seu doble aïllant. No obstant, en aquest tram que es defineix, la línia transcorrerà dins d'una caseta d'obra fins a l'acumulador, amb la qual cosa es considerarà una línia interior descoberta sense més evolvent que el mateix aïllant del conductor.

6.2.4.2.1. Comprovació del conductor

L'inversor disposa d'una potència nominal de 3000W a 48Vdc. Per trobar el corrent que circula pel tram que s'explica en aquest apartat es realitza un petit càlcul.

$$I_{dem,i} = \frac{P_{inv}}{V_{nom,a}} = \frac{3000W}{48V} = 62.5A \quad (6.36)$$

On:

- $I_{dem,i}$ (A) = Intensitat màxima demandada per l'inversor.
- P_{inv} (W) = Potència nominal de l'inversor.
- $V_{nom,a}$ (V) = Tensió nominal de l'acumulador.

Per trobar una primera secció cal emprar la següent fórmula proporcionada pel proveïdor dels cables Autosolar.

$$S = \frac{2 \cdot I_{dem,i} \cdot L}{56 \cdot cdt} = \frac{2 \cdot 62.5A \cdot 1m}{56 \cdot 0.72V} = 3.1 \text{ mm}^2 \quad (6.37)$$

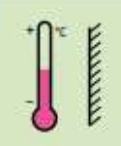
On:

- $S \text{ (mm}^2\text{)}$ = Secció del conductor.
- $I_{dem,i} \text{ (A)}$ = Intensitat màxima demandada per l'inversor.
- $L_2 \text{ (m)}$ = Longitud del conductor del tram 2.
- $cdt \text{ (V)}$ = Caiguda màxim de tensió en la línia. La caiguda màxima de tensió de la línia correspon a un valor de 1,5%. Com el voltatge del generador es 48V, l'1,5% d'aquest valor equival a 0.72V.

Segons la taula 6.7, les condicions d'instal·lació d'aquest tram es classifica com a categoria B1. L'aïllament tèrmic del mateix cable és de XLPE. La mesura normalitzada més comuna en instal·lacions fotovoltaïques és la de secció 6mm², aquesta secció amb les característiques esmentades presenta una intensitat admissible de 49A. No obstant cal aplicar un factor de temperatura i un factor d'agrupament.

El factor de temperatura serà igual a 1.07, ja que 30°C graus es considera una temperatura extrema pròpia de l'emplaçament de la instal·lació. Aquest valor s'extreu de la norma UNE-HD 60364-5-52, taula B.52.14.

AISLAMIENTO	TEMPERATURA AMBIENTE (t _a) (°C)											
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Tipo PVC (termoplástico)	1,4	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57	
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78	




Taula 6.13: Factor de correcció per distintes temperatures.

Font: Prysmian.

Com únicament s'instal·la un circuit, segons la norma UNE-HD 60364-5-52, taula C.52.3, el factor de seguretat per agrupament equival a 1.

PUNTO	DISPOSICIÓN	NÚMERO DE CIRCUITOS O CABLES MULTICONDUCTORES									INSTALACIÓN TIPO
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente.	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas.	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	C
3	Capa única fijada al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	E y F
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	



Taula 6.14: Factor d'agrupament de cables unipolars.

Font: Prysmian.

El valor de la intensitat real que circula pel cable ha de ser menor que la intensitat del cable admissible multiplicat pels diferents factors de seguretat.

$$I_{dem,i} < I_{A2} \cdot \eta_{tem.} \cdot \eta_{agr.}$$

$$62.5A < 44A \cdot 1.07 \cdot 1 \tag{6.38}$$

$$62.5A < 47.08A$$

On:

- $I_{dem,i}$ (A) = Intensitat màxima demandada per l'inversor.
- I_{A2} (A) = Intensitat admissible del tram 2.
- $\eta_{tem.}$ (Adimensional) = Factor de temperatura.
- $\eta_{agr.}$ (Adimensional) = Factor d'agrupament.

S'observa en l'anterior comparació que el cable de 6mm² de secció no compleix la verificació. És prova amb un cable de 10mm² de secció, amb una intensitat admissible de 68A, segons la taula 6.7 del present document.

$$I_{dem,i} < I_{A2} \cdot \eta_{tem.} \cdot \eta_{agr.}$$

$$62.5A < 68A \cdot 1.07 \cdot 1 \tag{6.39}$$

$$62.5A < 72.76A$$

On:

- $I_{dem,i}$ (A) = Intensitat màxima demandada per l'inversor.
- I_{A2} (A) = Intensitat admissible del conductor del tram 2.
- $\eta_{tem.}$ (Adimensional) = Factor de temperatura.
- $\eta_{agr.}$ (Adimensional) = Factor d'agrupament.

El cable de 10mm² de secció és adequat per aquest tram.

6.2.4.2.2. Comprovació del tub

Com el tram de línia que va des de l'inversor a l'acumulador s'instal·la dins d'una petita caseta d'obra d'ús exclusiu als tècnics de manteniment, es decideix que el cable no es recobrirà.

6.2.4.3. Cablejat tram 3 (Inversor-Carregues)

Aquest tram de cable compren la línia que surt de l'inversor fins la carrega més llunyana. Aquesta línia anirà entubada en tot el seu recorregut.

El model de cablejat escollit és un cable mànega de 2.5mm² del fabricant Top Cable i proveïdor Autosolar. En el seu interior presenta uns filaments de coure amb un bany d'estany. La línia compondrà tres cables, un de color negre per indicar el neutre, un altre de color blau per indicar la fase i un altre de color verd i groc que indicar la protecció, aquest fet es realitza per indicar que els conductors treballen en CA.

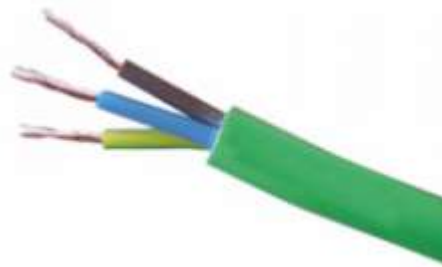


Figura 6.14: Cables emprats Inversor-Carregues.

Font: Autosolar.

Per recobrir el conductor, s'utilitzarà tubs rígids de PVC de 16mm de diàmetre. Existeixen trams de tub amb una certa curvatura amb la finalitat de realitzar canvis de direcció en la instal·lació. El proveïdor serà l'empresa Leroy Merlin.



Figura 6.15: Tub rígid PVC.

Font: Leroy Merlin.

Per subjectar, els tubs comentats anteriorment s'empraran abraçadores. El model d'abraçadora escollit és la que proporciona l'empresa RS-Online amb la descripció abraçadora de tub de 16mm RS PRO, acer xapat, 12.7x1.4mm. La distància entre abraçadores ve determinada pel document ITC-BT-21, apartat 2.2. Montaje fijo en superficie, on s'exposa que ha de ser com a màxim de 0.5 metres. No obstant, l'instal·lador responsable, segons el seu propi criteri i seguint la normativa esmentada, col·locarà els suports que vegi convenient per tal d'atorgar a la instal·lació una subjecció adequada.



Figura 6.16: Abraçadora de tubs.

Font: Rs-Online.

6.2.4.3.1. Comprovació del conductor

L'inversor disposa d'una potència nominal de 3000W i la zona de càrrega treballa a 230V. Per trobar el corrent que circula pel tram que s'explica en aquest apartat es realitza un petit càlcul. Encara que se sap que no s'arribarà a una potència de consum de 3000W es dimensiona per seguretat.

$$I_{dem,c} = \frac{P_{inv}}{V_{nom,c}} = \frac{3000W}{230V} = 13.04A \quad (6.40)$$

On:

- $I_{dem,c}$ (A) = Intensitat màxima demandada per la càrrega.
- P_{inv} (W) = Potència nominal de l'inversor.

- $V_{nom,c}$ (V) = Tensió nominal de la càrrega.

Per trobar una primera secció cal emprar la següent fórmula proporcionada pel proveïdor dels cables Autosolar.

$$S = \frac{2 \cdot I_{dem,c} \cdot L_3}{56 \cdot cdt} = \frac{2 \cdot 13.04A \cdot 15m}{56 \cdot 3.45V} = 2.02 \text{ mm}^2 \quad (6.41)$$

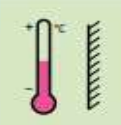
On:

- S (mm^2) = Secció del conductor.
- $I_{dem,c}$ (A) = Intensitat total línia de càrrega.
- L_3 (m) = Longitud del conductor del tram 3.
- cdt (V) = Caiguda màxim de tensió en la línia. La caiguda màxima de tensió de la línia correspon a un valor de 1,5%. Com el voltatge de treball de la càrrega és de 230V, l'1,5% d'aquest valor equival a 3.45V.

Segons la taula 6.7, les condicions d'instal·lació d'aquest tram es classifica com a categoria B2. El tub canalitzador és de PVC. La mesura normalitzada més comuna en instal·lacions fotovoltaïques és la de secció 2.5mm^2 , aquesta secció amb les característiques esmentades presenta una intensitat admissible de 18A. No obstant cal aplicar un factor de temperatura i un factor d'agrupament.

El factor de temperatura serà igual a 1.07, ja que 30°C graus es considera una temperatura extrema pròpia de l'emplaçament de la instal·lació. Aquest valor s'extreu de la norma UNE-HD 60364-5-52, taula B.52.14.

AISLAMIENTO	TEMPERATURA AMBIENTE (t_a) ($^\circ\text{C}$)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo PVC (termoplástico)	1,4	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78




Taula 6.15: Factor de correcció per distintes temperatures.

Font: Prysmian.

Com únicament s'instal·la un circuit, segons la norma UNE-HD 60364-5-52, taula C.52.3, el factor de seguretat per agrupament equival a 1.

PUNTO	DISPOSICIÓN	NÚMERO DE CIRCUITOS O CABLES MULTICONDUCTORES										INSTALACIÓN TIPO
		1	2	3	4	6	9	12	16	20		
1	Agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente.	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A o F	
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas.	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	C	
3	Capa única fijada al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60		
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	E y F	
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		



Taula 6.16: Factor d'agrupament de cables unipolars.

Font: Prysmian.

El valor de la intensitat real que circula pel cable ha de ser menor que la intensitat del cable admissible multiplicat pels diferents factors de seguretat.

$$I_{dem,c} < I_{A3} \cdot \eta_{tem.} \cdot \eta_{agr.}$$

$$13.04A < 18A \cdot 1.07 \cdot 1 \tag{6.42}$$

$$13.03A < 19.26A$$

On:

- $I_{dem,c}$ (A) = Intensitat màxima demandada per la càrrega.
- I_{A3} (A) = Intensitat admissible del conductor del tram 3.
- $\eta_{tem.}$ (Adimensional) = Factor de temperatura.
- $\eta_{agr.}$ (Adimensional) = Factor d'agrupament.

Queda demostrat que el cable escollit és l'adequat.

6.2.4.3.2. Comprovació del tub

Per tal d'assegurar que el diàmetre del tub evolvent és el correcte es fa ús del document ITC-BT-21, taula 5, on s'aprecia que per un conductor de 2.5mm² de secció es requereix un diàmetre del tub de 12mm. No obstant, s'instal·la un tub de 16mm per ser una mesura més estandarditzada i fàcil de trobar.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

Taula 6.17: Diàmetres de tub de canalització del cablejat.

Font: ITC-BT-21.

6.2.5. Proteccions

La instal·lació solar fotovoltaica ha de disposar en els captadors fotovoltaics, convertidor corrent continu - corrent altern, i sortida de corrent altern, de les proteccions que el reglament electrotècnic de baixa tensió determina.

Entre aquestes, s'inclouen les proteccions de sobrecàrrega, curtcircuit i de corrents de desviació. Aquestes proteccions seran fusibles, magnetotèrmic i interruptor diferencial.

La instal·lació haurà de disposar dels elements de seccionament manual que permetin deixar fora de servei les parts de la instal·lació que sigui convenient, ja sigui per a efectuar operacions de manteniment o per avaria.

6.2.5.1. Magnetotèrmic

El magnetotèrmic és un dispositiu dissenyat per evitar curtcircuits i sobrecàrregues. El model escollit és un Schneider Electric de 16A proporcionat per l'empresa Autosolar.

Aquest dispositiu se situa en la caixa general de proteccions, en la línia que va des de l'inversor fins les carregues.

Al document Annexos apartat Annex 5 s'adjunta la fitxa tècnica d'aquest component.



Figura 6.17: Magnetotèrmic escollit.

Font: Autosolar.

6.2.5.1.1. Verificació de la protecció magnetotèrmic

Segons el document ITC-BT-22 guia E, apartat 1.1. Protección contra sobreintensidades, el dispositiu que protegeix un cable conductor enfront de sobrecàrregues ha de complir les dues següents verificacions.

$$I_{dem,c} \leq I_{n,m} \leq I_{A3} \quad (6.43)$$

$$13.03A \leq 16A \leq 19.26A$$

On:

- $I_{dem,c}$ (A) = Intensitat màxima demandada per la càrrega, intensitat de disseny.
- $I_{n,m}$ (A) = Intensitat nominal del magnetotèrmic.
- I_{A3} (A) = Intensitat admissible del conductor del tram 3.

$$I_{2,1} \leq 1,45 \cdot I_{A3}$$

$$20.8A \leq 1,45 \cdot 19.26A \quad (6.44)$$

$$20.8A \leq 27.93A$$

On:

- $I_{2,1}$ (A) = Intensitat que assegura l'actuació del dispositiu de protecció per a un temps llarg (t_c temps convencional segons norma). El valor d' $I_{2,1}$ es calcula segons la norma aplicada al component. $I_{2,1}$ és igual a 1,45 vegades $I_{n,m}$ per la norma UNE EN 60898, en canvi, $I_{2,1}$ és igual a 1,30 vegades $I_{n,m}$ per la norma

UNE EN 60947-2. En el cas del magnetotèrmic escollit la norma d'aplicació segons la seva fitxa tècnica és la UNE EN 60947-2. Amb la qual cosa $I_{2,1}$ és igual a 1,30 vegades 16A, que equival a 20.8A.

- I_{A3} (A) = Intensitat admissible del conductor del tram 3.

6.2.5.2. Interruptor diferencial

L'interruptor diferencial és un dispositiu electrònic que s'encarrega d'evitar les derivacions a terra. Protegeix a persones i animals per contacte directe de la línia.

L'interruptor diferencial escollit és de la marca ABB model 30mA de corrent residual i de 25A de corrent admissible. A continuació és mostra un exemplar idèntic.

Aquest dispositiu se situa en la caixa general de proteccions, en la línia que va des de l'inversor fins les carregues.

Al document Annexos apartat Annex 6 s'adjunta la fitxa tècnica d'aquest component.



Figura 6.18: Interruptor diferencial emprat.

Font: Autosolar.

6.2.5.2.1. Verificació de la protecció interruptor diferencial

El plec de condicions *ITC-BT-24 apartat 3.5 Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual*, estableix que per ús residencial, el corrent residual admissible per l'interruptor diferencial ha de ser el valor normalitzat més restrictiu, 30mA.

D'altra banda, s'escull que el dispositiu suporti una intensitat de 25A perquè es coneix que la intensitat màxima de la línia on s'instal·la és de 13,03A.

$$I_{dem,c} \leq I_{n,id} \quad (6.45)$$

$$13.04 \leq 25A$$

On:

- $I_{dem,c}$ (A) = Intensitat màxima demandada per la càrrega, intensitat de disseny.
- $I_{n,id}$ (A) = Intensitat nominal de l'interruptor diferencial.

6.2.5.3. Fusible

Aquest dispositiu s'encarrega de protegir la instal·lació contra sobrecàrregues que pugui experimentar la línia que va des dels panells solars fins al regulador. S'instal·larà un en la sortida de cada grup de panells amb el seu corresponent portafusibles, un total de 4.

L'exemplar escollit és de l'empresa DF i correspon al model 25A 14 x 51. El subministra l'empresa Autosolar.



Figura 6.19: Fusible emprat.

Font: Autosolar.

6.2.5.3.1. Verificació de la protecció fusibles

Segons el document ITC-BT-22 guia E, apartat 1.1. Protecció contra sobreintensidades, el dispositiu que protegeix un cable conductor enfront de sobrecàrregues a de complir les dues següents verificacions.

$$I_{mpp} \leq I_{n,f} \leq I_{A1} \tag{ 6.46 }$$

$$13.04A \leq 25A \leq 48.49A$$

On:

- I_{mpp} (A) = Intensitat màxima en el pic de potència de cada grup.
- $I_{n,f}$ (A) = Intensitat del fusible.
- I_{A1} (A) = Intensitat admissible del conductor del tram 1.

$$I_{2,2} \leq 1,45 \cdot I_{A1}$$

$$32.5A \leq 1,45 \cdot 48.49A \quad (6.47)$$

$$32.5A \leq 70.31A$$

On:

- $I_{2,2}$ (A) = Intensitat que assegura l'actuació del dispositiu de protecció per a un temps llarg (t_c temps convencional segons norma). El valor d' $I_{2,2}$ és calcula segons la norma aplicada al component. $I_{2,2}$ és igual a 1,45 vegades $I_{n,f}$ per la norma UNE EN 60898, en canvi, $I_{2,2}$ és igual a 1,30 vegades $I_{n,f}$ per la norma UNE EN 60947-2. En el cas del fusible escollit la norma d'aplicació segons la seva fitxa tècnica és la UNE EN 60947-2. Amb la qual cosa $I_{2,2}$ és igual a 1,30 vegades $25A$, que equival a $32.5A$.
- I_{A1} (A) = Intensitat admissible del conductor del tram 1.

6.2.5.4. Presa a terra

La presa a terra de la instal·lació s'ha dissenyat atenent al fet que en aquest tipus d'instal·lacions coexisteixin circuits de corrent continu, circuits de corrent altern, i possibles sobretensions d'origen atmosfèric, sigui per caiguda directa de llamp o per tensions induïdes en els circuits de connexió en el camp de col·lectors solars.

Els receptors i els elements metàl·lics dels quadres han de complir el que preveu la Norma ITC-BT-18 del vigent Reglament pel que fa a la posada a terra, que té per objecte limitar la tensió que puguin presentar les masses metàl·liques amb relació a terra, disminuint així el risc d'avaries i accidents.

La unió de tots aquests elements es fa mitjançant conductors de protecció, la secció dels quals es regeix per la taula 2 de la ITC-BT-18.

Els conductors de protecció s'uneixen a la línia principal de terra, constituïda per cable de coure de 35 mm^2 , que uneix les estaques verticals d'acer de 14 mm de diàmetre i 2 m de llargada, en un nombre suficient per aconseguir que la resistència de terra sigui inferior a l'establert al REBT. En aquest establiment serà inferior a 20 W.

La resistència de terra màxima, en cap cas serà superior a 20 Ohms.

Caldrà realitzar la seva mesura periòdicament una vegada estigui la instal·lació en funcionament, amb la finalitat que, segons indica l'apartat 12 de la instrucció ITCBT 18, i per seguretat s'assegurarà que mai se sobrepassi el valor de 20 Ohms.

En tot cas, el valor de la resistència a terra existent en cada moment ha de garantir que la tensió de contacte que pugui presentar-se en qualsevol massa metàl·lica, sigui inferior a 24 V en locals o emplaçaments que es puguin definir com humits, i a 50 V en aquells que es puguin considerar secs.

6.2.6. Sensor crepuscular

A causa de la llum solar natural emesa al llarg del dia es poden donar intervals en el qual no sigui necessari fer ús de la instal·lació d'enllumenat. Amb la qual cosa, per minimitzar el consum energètic del generador i de les bateries, s'instal·larà un sensor de llum que apagui l'enllumenat automàticament quan la llum solar proporcioni la suficient visibilitat per a permetre l'ús de la passarel·la. El sensor es configurarà perquè quan detecti 3 lx o més, talli el subministrament de corrent del sistema d'enllumenat. Aquest sensor, tècnicament conegut com a sensor crepuscular, es configurarà i es col·locarà a una altura d'actuació determinada de tal manera que la seva posició i la seva sensibilitat no es vegi afectada per la incidència d'ombres.

El sensor crepuscular escollit és de la marca Theben model LUNA 110 EL. Aquest dispositiu es divideix en dos components, per una banda el seccionador que s'instal·la en la caixa de protecció, i per altra banda, el sensor que s'instal·la fora de la caixa de protecció. Tots dos components connectats mitjançant els conductors proporcionats pel mateix fabricant del dispositiu.



Figura 6.20: Sensor crepuscular.

Font: Autosolar.

6.2.6.1. Comprovació del sensor crepuscular

S'escull que el dispositiu suporti una intensitat de 16A perquè es coneix que la intensitat màxima de la línia on s'instal·la és de 13,04A. No obstant, mai arribarà a aquesta intensitat, ja que el valor de 13,04 A s'ha calculat considerant que l'inversor escollit treballa a màxima capacitat.

$$I_{dem,c} \leq I_{n,sc} \quad (6.48)$$

$$13.04 \leq 16A$$

On:

- $I_{dem,c}$ (A) = Intensitat màxima demandada per la càrrega, intensitat de disseny.
- $I_{n,sc}$ (A) = Intensitat nominal del sensor crepuscular.

6.2.7. Caixes

En aquest apartat es defineixen les caixes de connexió que s'instal·len.

6.2.7.1. Caixa 1

La caixa número 1 de la instal·lació se situarà en el tram 1, és a dir, entre els panells i l'inversor. La caixa es col·locarà a l'exterior i entraran les 4 línies dels 4 grups de panells FV. Dins de la caixa es col·locaran els portafusibles amb els 4 fusibles descrits anteriorment i en sortirà un únic parell de conductors, pol positiu i negatiu, que aniran cap a l'inversor. La unió de les 4 línies que surten dels portafusibles cap a una única línia es realitza a partir d'un repartidor de corrent que se situarà dins de la mateixa caixa. El repartidor escollit prové de l'empresa Autosolar i té la capacitat de suportar fins a 100A. El repartidor emprat es mostra en la figura 6.22.

La caixa emprada es troba conformada a partir de plàstic ABS. Gràcies al material i al seu disseny és útil per instal·lar-se en l'exterior. La caixa de superfície és proporcionada pel proveïdor Autosolar. A continuació, es mostra una imatge exemplar de la caixa.



Figura 6.21: Caixa 1.

Font: Autosolar.



Figura 6.22: Repartidor de corrent.

Font: Autosolar.

6.2.7.1. Caixa 2

La caixa número 2, caixa de proteccions, es troba en el tram 3, és a dir, entre l'inversor i la caixa número 3. Aquesta caixa és l'encarregada de recollir les proteccions, el magnetotèrmic i l'interruptor diferencial. La caixa es col·locarà dins de la caseta d'obra junt amb l'inversor i l'acumulador. Una línia surt de l'inversor i va a parar a la caixa. Dins de la caixa, la línia d'entrada passa pel magnetotèrmic i després per l'interruptor diferencial. Posteriorment, la línia de sortida de la caixa es dirigirà cap a la caixa número 3.

El principal motiu de la instal·lació d'aquesta caixa amb les corresponents proteccions és la d'evitar que possibles avaries en la instal·lació de càrregues es transmeti a la part d'instal·lació fotovoltaica. La caixa escollida la proporcionada el proveïdor Autosolar i es troba específicament escollida per aquesta finalitat.



Figura 6.23: Caixa 2.

Font: Autosolar.

6.2.7.1. Caixa 3

La caixa número 3, caixa repartidora de corrent, es troba en el tram 3, és a dir, entre la caixa número 2 i les càrregues. Aquesta es situarà a l'exterior. La seva finalitat serà protegir una regleta com la que es mostra en la figura 6.25. A la caixa 3 entrarà la línia provinent de la caixa de proteccions per després entrar en una regleta i dividir-se en dues línies de sortida de càrrega.

El principal motiu de la instal·lació d'aquesta caixa és la de dividir la línia de càrrega en dos per tal que cadascuna vagi a una barana diferent. La caixa escollida la proporcionada el proveïdor Autosolar i es troba específicament escollida per aquesta finalitat.



Figura 6.24: Caixa 3.

Font: Autosolar.

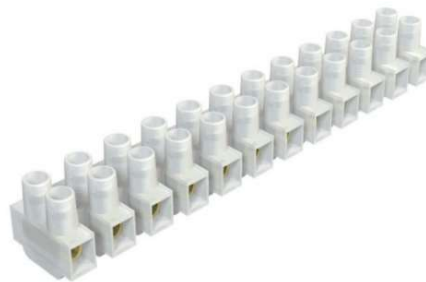


Figura 6.25: Regleta.

Font: Autosolar.

7. Guia de posada en marxa i manteniment de la instal·lació

Per tal que la instal·lació, un cop inaugurada, presti un servei adequat tal com es descriu en el present projecte, és necessari l'elaboració i seguiment estricte d'aquesta guia de manteniment. D'aquesta manera s'assegurarà una vida útil i un correcte funcionament dels components que conformen la instal·lació.

Aquesta guia de manteniment es troba dissenyada a partir dels requeriments proposats pel document *Pliego de Condiciones Técnicas, Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica, PCT-C-REV-julio 2011*.

7.1. Recepció de la instal·lació de cara a l'administració.

En el moment de donar per finalitzada l'obra, l'instal·lador responsable serà l'encarregat de preparar la documentació a firmar. Aquesta documentació s'anomena Acta de Recepció i constarà de dues còpies idèntiques, ambdues, firmades a mà per l'instal·lador i l'administració. Aquest document farà constar l'entrega, per part de l'instal·lador, de la guia de manteniment de la instal·lació redactada per ell mateix a escala tècnica bàsica amb les fitxes tècniques dels dispositius instal·lats. Tots ells en un idioma oficial per tal d'assegurar la correcta interpretació d'aquests a qualsevol usuari sense coneixements tècnics i lingüístics avançats.

7.2. Proves prèvies a la posada en marxa de la instal·lació

Les verificacions que s'esmenten en aquest apartat es realitzaran un cop instal·lat tots els components descrits en el projecte i abans de proclamar la instal·lació com finalitzada.

Les diferents proves que, com a mínim, ha de realitzar l'instal·lador en la instal·lació han de ser les següents:

-Encendre sistema i configurar el sistema per tal de posar en funcionament la instal·lació i observar que es comporta de la manera esperada.

-Es realitzarà la comprovació dels diferents elements de seguretat (interruptor diferencial i interruptor magnetotèrmic) per tal d'assegurar que actuen adequadament. Aquestes comprovacions es realitzaran simulant casos en què els sistemes de seguretat es posa en funcionament.

-Es realitzarà la comprovació de la lectura del comptador instal·lat per assegurar la seva precisió.

-S'encendra el sistema i s'apagarà diverses vegades al llarg de diferents intervals de temps amb la finalitat de simular l'encesa del sistema al llarg d'uns dies.

-Es realitzaran totes aquelles verificacions que s'explica en la guia de manteniment.

Un cop acabades totes les verificacions, abans de firmar el document Acta de Recepció es realitzarà una prova final. Aquesta prova constarà de posar en funcionament i realitzar un control de la instal·lació d'almenys 240 h seguides sense interrupcions ni parades per avaries. En cas d'avaria o parada per una emergència, s'iniciarà la prova des de 0.

Al llarg d'aquestes proves de verificació, l'instal·lador serà el responsable de realitzar correctament les diferents comprovacions i verificacions. En qualsevol cas, si l'instal·lador deriva les tasques a un o més treballadors, s'entén que el personal presenta els coneixements necessaris. No obstant, la responsabilitat sempre recaurà sobre l'instal·lador cap d'obra, així que en aquest cas, es recomana el control de les tasques per part del responsable.

Si en qualsevol de les proves esmentades es troba una anomalia o s'avaria algun component s'aturarà immediatament la instal·lació i l'instal·lador analitzarà el motiu, per així posar solució. Si el motiu correspon a un component defectuós l'instal·lador s'encarregarà d'acudir a la garantia d'aquest. Si el motiu és per una mala instal·lació o error de l'instal·lador, aquest suportarà el sobrecost de reparació. En cas que el motiu correspongui a un mal disseny de la instal·lació, l'instal·lador reclamarà el sobrecost de reparació a l'autor del present projecte. En qualsevol cas, l'inconvenient es considerarà com a vicis ocults segons la legislació vigent.

7.3. Pla de manteniment de la instal·lació

La finalitat del pla de manteniment de la instal·lació és indicar les pautes a seguir en el transcurs de la vida útil de la instal·lació. Així s'assegurarà un correcte servei a l'usuari, una producció energètica adequada i allargar la vida dels diferents components que conformen el sistema.

Per assegurar l'execució d'aquest, el client signarà un contracte amb l'instal·lador responsable que asseguri el manteniment preventiu i el manteniment correctiu per un període mínim de 3 anys.

Per una banda, es defineix manteniment correctiu com aquelles intervencions de reparació, plenament necessàries, que s'executen al sistema a causa d'una avaria que impossibilita el seu correcte funcionament a causa d'una avaria. El procés a seguir per portar a terme el manteniment correctiu és el següent. Primerament el client concretarà una data per realitzar la reparació. Seguidament, un cop arribada la data establerta, l'instal·lador responsable valorarà les reparacions a efectuar segons el seu criteri, la seva experiència i el seu coneixement. L'instal·lador realitzarà un pressupost de treball. El cost econòmic se suportarà a partir del preu anual del contracte de manteniment sempre que no superi una quantitat acordada en el mateix document entre l'instal·lador i el client. Un cop el client autoritzi la reparació, es podrà efectuar.

Per altra banda, el manteniment preventiu consisteix en una revisió del sistema i petites reparacions previstes per tal que l'eficiència del sistema no minvi i, a més a més, evitar avaries greus. La freqüència de realització d'aquest tipus de revisió, serà de com a mínim, una vegada a l'any. Les accions a realitzar són les següents:

- Comprovació del funcionament dels components de seguretat i protecció.
- Caiguda de tensió en el cablejat del tram de contínua.
- Verificació de les condicions de les plaques fotovoltaïques. Cal comprovar que l'orientació i la inclinació d'aquestes es trobin com es defineix en el present projecte. També, si és necessari, es realitzarà una neteja de la superfície captadora per tal que el rendiment de la placa no minvi.
- Revisió de l'estructura de suport de les plaques fotovoltaïques. Verificar que no presenta danys estructurals ni oxidació.
- Verificació dels acumuladors. Comprovar el seu estat, verificar el nivell d'electròlit i netejar i posar greix als respectius terminals.
- Comprovació del funcionament de tots els equips i els seus components.
- Verificació de l'estat de les connexions, terminals, cablejat i platines.
- Verificació d'activació de les proteccions elèctriques.
- Verificació de les unions mecàniques elèctriques de cables i terminals. Consisteix en el recaragolament de caragols en borns i altres unions.
- Verificació del comportament de l'inversor.
- Verificació del comportament del regulador de càrrega, on per exemple, es pot comprovar les caigudes de tensió entre borns.

Per portar un control exhaustiu del manteniment es disposarà un llibre de manteniment en el qual és reflectirà la periodicitat de les intervencions, la data, les comprovacions realitzades i la firma o segellat per part de l'empresa responsable.

7.4. Garantia

La garantia permet donar seguretat al client de què aquesta funcionarà i serà reparada sense cost econòmic en cas d'avaría per un període i unes condicions establertes.

Per aquest cas en concret, la instal·lació serà reparada sense cap cost econòmic quan el motiu sigui originat per defecte de fabricació d'algun component del sistema o per motiu d'errada de l'instal·lador. La garantia no serà aplicada sempre i quan es demostrï l'ús inadequat de la instal·lació.

Quedaran coberts, com a mínim, tots els costos de:

- Reposició de components.
- Reparació de components.
- Material
- Temps de desplaçament.
- Temps d'espera per a la recepció i/o entrega de components.
- Temps de valoració de possibles danys.
- Temps d'amortització de vehicles i el seu respectiu combustible, taller i eines en general.
- Mà d'obra
- Reglatge del sistema
- Posada en marxa del sistema

Perquè la garantia sigui vàlida, el client haurà de signar un document redactat per l'instal·lador on s'especificaran les característiques al detall. Aquest document explicarà detalladament en quines condicions es pot aplicar la garantia i en quines no. A més a més, comptarà amb les dates de finalització de la garantia.

Com a mínim, l'instal·lador donarà 3 anys de validesa a la garantia de tot el conjunt de la instal·lació a excepció de les plaques solars, que en aquests components, el període de garantia serà de com a mínim 10 anys. Si hi hagués qualsevol avaria i la instal·lació romangués tancada un gran període de temps per manteniment correctiu, el període de garantia s'allargaria el corresponent a l'interval de temps en què la instal·lació no ha pogut prestar servei.

La garantia quedarà totalment invalidada en cas que la instal·lació haguí sigut manipulada per persones alienes a l'instal·lador responsable, personal autoritzat pel mateix instal·lador responsable o per personal d'assistència tècnica de l'empresa fabricadora dels components subministrats.

Quan el client detecti un defecte de funcionament en el sistema es posarà en contacte amb la major brevetat possible amb l'instal·lador responsable. Aquest atindrà la sol·licitació en un període màxim de 48h, en cas que l'avaría no afecti el seu funcionament el període màxim serà d'una setmana. L'instal·lador responsable no es farà càrrec dels perjudicis ocasionats pel període d'atenció a la sol·licitació sempre que aquest període no superi els 15 dies naturals.

Si l'instal·lador responsable incompleix les condicions descrites en la garantia, el client tindrà dreta contractar a un segon instal·lador amb les conseqüències legals que pot implicar al primer instal·lador responsable.

8. Impacte ambiental

Tant a la fase d'execució com durant l'explotació del projecte, es produiran impactes sobre els factors que componen el medi físic i soci-econòmic. El grau d'importància dels mateixos no només depèn de la magnitud de les accions, sinó que entra en joc la fragilitat de l'element considerat i les seves característiques, entenent per fragilitat el mèrit que presenta cada factor per ésser conservat.

En funció de la descripció del medi físic i soci-econòmic que s'ha realitzat, s'identifica com a factor ambiental més fràgil, el propi ecosistema. Els factors referits de l'ecosistema són els següents:

- Sòl.
- Aigües superficials i subterrànies.
- Vegetació i fauna.
- Paisatge

En principi, la presència i funcionament del conjunt de les obres projectades, resulta altament positiva. No obstant, l'absència d'experimentació pel que fa referència als efectes que pot produir l'actuació prevista, aconsella l'elaboració d'un acurat *Pla de Seguiment* que confirmi l'eficàcia ambiental, global, o pel contrari, pugui detectar les possibles situacions adverses i dictami les mesures a prendre, en cas necessari.

8.1. Identificació d'impactes

L'impacte de l'activitat de construcció i ús durant l'explotació es determina tenint en compte les qualitats intrínseques del territori, qualitat i fragilitat. En el present estudi, l'anàlisi dels impactes s'ha portat a terme mitjançant el model següent:

- Impactes en fase de construcció
 - Impactes sobre la geologia
 - Impactes sobre les aigües
 - Aigües superficials
 - Aigües subterrànies
 - Impactes sobre comunitats biològiques
 - Vegetació
 - Fauna
 - Impactes sobre el paisatge
 - Impactes sobre la qualitat de l'aire (producció de pols)
 - Impactes sobre el nivell sonors (producció de sorolls)
 - Impactes soci-econòmics

- Impactes en fase d'exploració
 - Qualitat de les aigües subterrànies i superficials
 - Qualitat visual per la presència d'estructures o edificacions.
 - Soroll emès com a conseqüència del funcionament de les instal·lacions projectades.
 - Qualitat de l'aire per l'emissió d'olors.
 - Generació de residus.

8.2. Avaluació d'impactes

Un cop identificats els impactes, es procedeix a la seva caracterització i valoració emprant criteris referents a la seva naturalesa, magnitud, reversibilitat, etc.

A partir de la llei 21/2013 de 9 de desembre d'evaluació ambiental i amb ajuda del Reial Decret 1131/1988, de 30 de setembre, pel qual s'aprova el Reglament per a l'execució del Reial Decret Legislatiu 1302/86, de 28 de juliol, d'Avaluació d'Impacte Ambiental, s'estableix un sistema per tal d'avaluar els impactes detectats seguint la terminologia que s'exposa a continuació:

- **Efecte notable o mínim (A o A1).**

L'efecte notable (A), és aquell que es manifesta com una modificació del medi ambient, dels recursos naturals o dels seus processos fonamentals de funcionament, que produeixi o pugui produir en el futur repercussions apreciables sobre els mateixos. S'exclouen, per tant, els efectes mínims.

L'efecte mínim (A1) és aquell que pot demostrar-se que no és notable.

- **Efecte positiu o negatiu (B o B1).**

L'efecte positiu (B) és aquell admès com a tal, tant per la comunitat tècnica i científica com per la població en general, dins el context d'una anàlisi completa de costos i beneficis genèrics i de les externalitats de l'actuació contemplada.

L'efecte negatiu (B1), és aquell que es tradueix en pèrdua de valor naturalístic, estètic-cultural, paisatgístic, de productivitat ecològica, o en increment dels perjudicis derivats de la contaminació, de l'erosió o colmatació i demés riscos ambientals en discordància amb l'estructura ecològica-geogràfica, el caràcter i la personalitat d'una localitat determinada.

- **Efecte directe o indirecte (C o C1).**

L'efecte directe (C) és aquell que té una incidència immediata en qualsevol aspecte ambiental.

L'efecte indirecte o secundari (C1) és aquell que suposa una incidència immediata respecte a la interdependència o, en general, respecte a la relació d'un sector ambiental amb un altre.

- **Efecte simple, acumulatiu o sinèrgic (D, D1 o D2).**

L'efecte simple (D) és aquell que es manifesta sobre un únic component ambiental, o bé la seva manera d'accionar és individualitzada, sense conseqüències en la inducció de nous efectes, ni en la seva acumulació, ni en la seva sinèrgia.

L'efecte acumulatiu (D1) és aquell que al perllongar-se en el temps l'acció de l'agent inductor, incrementa progressivament la seva gravetat, al manca els mecanismes de l'eliminació amb efectivitat temporal similar a la de l'increment de l'agent causant del problema.

L'efecte sinèrgic (D2) és aquell que es produeix quan l'efecte conjunt de la presència simultània de diferents agents suposa una incidència ambiental major que l'efecte suma de les incidències individuals contemplades aïlladament. Tanmateix, s'inclou en aquest tipus aquell efecte en el que la seva manera d'acció induïx en el temps l'aparició d'altres nous.

- **Efecte a curt, mitjà i llarg termini (E, E1 o E2).**

És aquell en que la seva incidència pot manifestar-se, respectivament, en un termini de temps comprès en un cicle anual (E), abans de cinc anys (E1) o en un període superior (E2).

- **Efecte permanent o temporal (F o F1).**

L'efecte permanent (F) és aquell que suposa una alteració indefinida en el temps de factors d'acció predominant a l'estructura o a la funció dels sistemes de relacions ecològiques o ambientals presents en l'indret.

L'efecte temporal (F1) és aquell que suposa una alteració no permanent en el temps, amb un termini temporal de manifestació que pot estimar-se o determinar-se.

- **Efecte reversible o irreversible (G o G1).**

L'efecte reversible (G) és aquell en el qual l'alteració que suposa pot ser assimilada per l'entorn de forma mesurable, a mig plaç, a causa del funcionament dels processos naturals de la successió ecològica, i dels mecanismes d'autodepuració del medi.

L'efecte irreversible (G1) és aquell que suposa la impossibilitat, o la "dificultat extrema", de retornar a la situació anterior a l'acció que el produeix.

- **Efecte recuperable o irrecuperable (H o H1).**

L'efecte recuperable (H) és aquell en el qual l'alteració que suposa pot eliminar-se, bé per l'acció natural, bé per l'acció humana, i, tanmateix, aquell en el qual l'alteració que suposa pot ser substituïble.

L'efecte irrecuperable (H1) és aquell en el qual l'alteració o pèrdua que suposa és impossible de reparar o restaurar, tant per acció natural com per la humana.

■ **Efecte periòdic o d'aparició irregular (I o II).**

L'efecte periòdic (I) és aquell que es manifesta amb un tipus d'acció intermitent i continua al llarg del temps.

L'efecte d'aparició irregular (II) és aquell que es manifesta de manera imprevisible en el temps i del qual és precís avaluar les seves alteracions en funció d'una probabilitat de manifestació, principalment en aquelles circumstàncies no periòdiques ni contínues, però de gravetat excepcional.

■ **Efecte continu o discontinu (J o J1).**

L'efecte continu (J) és aquell que es manifesta amb una alteració constant en el temps, acumulada o no.

L'efecte discontinu (J1) és aquell que es manifesta a través d'alteracions irregulars o intermitents en la seva permanència.

Globalitzant aquesta caracterització i coneguts els tipus d'impactes i les seves característiques més significatives, es pot realitzar la valoració qualitativa de l'impacte pròpiament dit. L'expressió de tal valoració, malgrat ser difícilment aplicable a impactes que no siguin clarament ecològics, s'ha concretat en la següent escala, segons el RDL 1311/89 que aprova el Reglament de desenvolupament del RDL 1302/86 de 28 de Juny, d'Avaluació d'Impacte Ambiental:

- **IMPACTE AMBIENTAL COMPATIBLE:** Aquell la recuperació del qual és immediata després del final de l'activitat, i no necessita pràctiques protectores o correctores.
- **IMPACTE AMBIENTAL MODERAT:** Aquell la recuperació del qual no necessita pràctiques protectores o correctores intenses, i en el qual la consecució de les condicions ambientals inicials requereix cert temps.
- **IMPACTE AMBIENTAL SEVER:** Aquell en qual la recuperació de les condicions del medi exigeix l'adequació de mesures protectores o correctores, i en el qual, malgrat amb aquestes mesures, aquella recuperació requereix un període de temps dilatat.
- **IMPACTE AMBIENTAL CRÍTIC:** Aquell la magnitud del qual és superior al llindar acceptable. Es produeix amb ell una pèrdua permanent de la qualitat de les condicions ambientals, sense recuperació possible, inclús amb l'adopció de mesures protectores o correctores.

Caracteritzats i avaluats els impactes, es defineixen, per a cada impacte qualificat com a MODERAT o SEVER, les mesures correctores que poden minimitzar-los.

8.2.1. Fase de construcció

A continuació es procedeix a la descripció dels impactes més significatius ocasionats al llarg de la fase de construcció de les instal·lacions.

8.2.1.1. Impacte sobre la geologia

8.2.1.1.1. Alteracions sobre la geomorfologia

Les accions que poden produir impactes sobre aquest factor, es presenten únicament en la fase de construcció.

L'actuació més pertorbadora serà el moviment de terres que pot originar tota una sèrie d'accions susceptibles a provocar impactes diversos. Entre aquestes actuacions cal destacar:

- Desbrossada del terreny.
- Excavacions i replens.

Pel que respecta als riscos geològics l'impacte es caracteritza, segons el quadre adjunt, com:

NOTABLE	X	MÍNIM	
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT	X	TEMPORAL	
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	

Taula 8.1: Valoració dels impactes sobre la geomorfologia.

Font: Pròpia.

L'impacte s'ha classificat com a MODERAT, essent necessari l'aplicació de mesures correctores.

8.2.1.1.2. Pèrdua de sòl

La nova construcció s'ubicarà en un terreny actualment amb poques restes de l'arbrat original. El mateix passa amb el camí d'accés, el traçat del qual ja s'ha estudiat per evitar

impactes a la vegetació existent. No son doncs rellevants les pèrdues d'un futur sol conreable.

L'anàlisi de l'impacta permet classificar-lo doncs, com:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT	X	TEMPORAL	
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
CONTINU	X	DISCONTINU	

Taula 8.2: Valoració de l'impacta en pèrdues de sòl.

Font: Pròpia.

En el moment de l'execució de les obres, s'haurà de realitzar un càlcul de les superfícies que han de ser revegetades, estimant-se la quantitat de terra vegetal que s'haurà de conservar separada de la resta de terres, en cordons o piles inferiors a 1,5 m, i que es mantindrà adientment. Les recomanacions de conservació de la terra vegetal es desenvolupen en el capítol corresponent a les mesures correctores

8.2.1.2. Impacte sobre les aigües

8.2.1.2.1. Aigües superficials

Les obres suposaran un desplaçament continu de personal i maquinària, que sense les mesures correctores adients poden afectar directament als recursos d'aigua de la zona o sobre els sòls. La contaminació pot tenir diferents procedències:

- Abocaments de restes de plàstics, envasos, material emprat, etc.
- Abocaments d'aigües residuals, procedents del rentat d'eines.
- Abocament d'olis i lubricants procedents del manteniment de la maquinària.
- Altres

L'avaluació dels impactes sobre les aigües superficials quedaria reflectida de la següent manera:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE		ACUMULATIU	X
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	X
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIODIC		APARICIÓ IRREGULAR	X
CONTINU		DISCONTINU	

Taula 8.3: Valoració de l'impacte en aigües superficials.

Font: Pròpia.

Els efectes que es podrien produir sobre les aigües superficials serien immediats, tractant-se d'un impacte que es podria classificar de MODERAT si no s'adopten mesures preventives durant l'execució de les obres, i no s'aposta per la formació ambiental del personal operari.

8.2.1.2.2. Aigües subterrànies

Els tipus d'alteracions que poden originar les obres sobre les aigües subterrànies, seran de la mateixa natura que l'especificat en el capítol referent a les aigües superficials. Les infiltracions de contaminants al sòl no tan sols afectarien al terreny, sinó també als aquífers de la zona.

Els efectes negatius tindrien una repercussió immediata, temporal i d'aparició a curt termini, tractant-se d'un impacte que, en aquest cas, es classifica com a MODERAT.

8.2.1.3. Impactes sobre les comunitats biològiques

8.2.1.3.1. Vegetació

Les alteracions que les obres projectades produiran sobre la vegetació, es concentren exclusivament en la fase de construcció.

La desbrossada i el moviment de terres provocarà la desaparició de la coberta vegetal sobre la superfície afectada per la construcció de la instal·lació fotovoltaica i el camí d'accés.

En general, la desaparició de la vegetació de la superfície considerada, no afectarà a cap comunitat d'especial valor o singularitat.

Per tant, l'avaluació dels impactes sobre la vegetació queda definida de la següent manera:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT	X	TEMPORAL	
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	

Taula 8.4: Valoració de l'impacta en la vegetació.

Font: Pròpia.

L'impacta s'ha classificat com a MODERAT, essent necessari l'aplicació de mesures correctores, però sobretot mesures de tipus preventiu.

8.2.1.3.2. Fauna

Les alteracions que l'obra projectada produirà sobre les comunitats animals existents en la zona d'estudi es concentren, fonamentalment, en la fase de construcció.

Durant aquesta fase, les accions del projecte susceptibles de produir majors impactes seran les de desbrossada que impliquen la desaparició de la coberta vegetal.

L'ús de les eines de treball com poden ser taladres, així com els vehicles emprats per al desplaçament dels operaris, produiran temporalment uns nivells de sorolls i una generació de pols que afectaran a la fauna existent, originant un desplaçament d'animals que empobriran les zones properes a la construcció, mentre durin les obres. Tot i així, donades les característiques de les comunitats afectades i la grandària de la superfície de la parcel·la, l'impacta es pot considerar de baixa magnitud.

Així doncs, l'avaluació dels impactes queda definida de la següent manera:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIODIC		APARICIÓ IRREGULAR	X
CONTINU		DISCONTINU	X

Taula 8.5: Valoració de l'impacta en la fauna.

Font: Pròpia.

L'impacta es pot classificar com a COMPATIBLE, no essent necessària l'aplicació de mesures correctores, donat que la fauna desplaçada es recuperarà per si sola un cop finalitzades les obres.

8.2.1.4. Impacte sobre el paisatge

El concepte de paisatge està lligat a la percepció, entenent com a elements bàsics de la percepció els següents punts:

- El paisatge o composició de formes naturals i antròpiques.
- La visibilitat o zona de visió física entre observador i paisatge.
- L'observador i la seva posició respecte al seu entorn, que li proporciona diferents perspectives.
- La interpretació sobre el contingut i el significat de l'escena.

La utilització i el moviment del material emprat, així com l'emmagatzematge de materials, l'obertura de rases per les canalitzacions, etc., disminuiran la qualitat visual de l'entorn de les obres. Aquestes alteracions estaran minimitzades donat que els moviments de terres seran de caràcter temporal, reconstituïnt-se les condicions topogràfiques de la zona, un cop finalitzades les obres.

L'anàlisi de l'impacta queda definida segons el quadre següent:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	

Taula 8.6: Valoració de l'impacta sobre el paisatge.

Font: Pròpia.

En base a la qualitat visual de la zona, l'impacta es pot classificar com a MODERAT, essent necessari aplicar mesures correctores d'integració a l'entorn.

8.2.1.5. Impactes sobre els nivells sonors (producció de sorolls)

En quant al soroll emès per la maquinària treballant, s'estima per a distància d'uns 15 m els següents valors:

Eina:	Soroll:
Tronçadora de taula	105 dB
Esmeriladora radial portàtil	105 dB
Pistoles fixaclus d'impacte	150 dB
Martell perforador	110 dB
Camions	80 dB
Esmeriladora de peu	60-75 dB
Martell pneumàtic (a l'aire lliure)	94 dB
Equip de clavar pilots	82 dB
Compressor	82-94 dB

Taula 8.7: Soroll emès per les màquines treballant a una distància de 15m.

Font: Reparació danys Pont del Petroli, Annex 05. Seguretat i salut. Memòria, Enginyers Reventos .

No obstant, aquesta afecció, que es produirà durant la fase d'obres, es considera de caire temporal i reversible, ja que quan acabi l'actuació, acabarà el seu efecte. D'altra banda, no hi ha cap edificació habitat a una distància inferior a 200 m de la zona de les obres.

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIODIC		APARICIÓ IRREGULAR	X
CONTINU		DISCONTINU	X

Taula 8.8: Valoració de l'impacta sonor.

Font: Pròpia.

L'impacta es classifica com a COMPATIBLE ja que, un cop finalitzades les obres, cessarà l'impacta.

8.2.1.6. Impactes sobre la qualitat de l'aire.

En funció de la procedència de la pols generada a l'obra, es poden diferenciar dos grups d'emissors:

Puntuals:

Lineals. Com són les pistes de circulació de vehicles. S'estima que el seu factor d'emissió és aproximadament 0,25-0,69 kg/km recorregut.

Mòbils. Com els tubs d'escapament, sota condicions normals de combustió, un motor diesel emet un 73% de nitrògen, 13% de diòxid de carboni i un 44% de vapor d'aigua.

Fixes. Com té lloc al carregar un volquet amb una excavadora, que presenta un factor d'emissió més gran a 0,5 kg/Tn, o de descarregar un volquet, que presenta un factor d'emissió de 0,00017-0,02 kg/Tn.

Difuses: Com és la superfície de les graveres, abocadors o pedreres sense revegetat.

L'anàlisi de l'impacte queda caracteritzada al quadre següent:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE		ACUMULATIU	X
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIODIC		APARICIÓ IRREGULAR	X
CONTINU		DISCONTINU	X

Taula 8.9: Valoració de l'impacte sobre la qualitat de l'aire.

Font: Pròpia.

La pols generada per les obres de la nova construcció crearà impactes sobre la vegetació. No es previsible que afectin les zones urbanes situades a més de 200 m de les obres. Tenint en compte que poden aplicar-se nombroses tècniques de minimització i correcció d'aquest impacte, es valora, doncs, com a COMPATIBLE amb l'entorn, sempre que s'apliquin les pertinents mesures preventives i correctores.

8.2.1.7. Impacte socio-econòmics

Durant la fase de construcció s'emetraran partícules de pols, i s'incrementaran els nivells sonors, que provocaran molèsties a la població més propera. Tanmateix, el pas de maquinària mentre durin les obres, així com l'alteració temporal del paisatge que es produirà, poden originar molèsties als habitants de la zona.

L'impacte es classifica com a COMPATIBLE, quedant la seva avaluació definida de la següent manera:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIODIC		APARICIÓ IRREGULAR	X
CONTINU		DISCONTINU	X

Taula 8.10: Valoració de l'impacte social.

Font: Pròpia.

Per altra banda, el desenvolupament de la fase de construcció pot precisar mà d'obra local. L'efecte d'aquesta activitat sobre la població serà temporal, directa i immediata, considerant-se en aquest cas, un efecte POSITIU, al incrementar la demanda d'actius.

En aquest sentit, les obres de construcció poden classificar-se com a COMPATIBLES amb l'entorn i l'avaluació de l'impacte queda reflectida tal i com segueix:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU	X	NEGATIU	
DIRECTE	X	INDIRECTE	

Taula 8.11: Valoració de l'impacte econòmic.

Font: Pròpia.

8.2.1.8. Gestió de residus

Durant la fase de construcció s'originaran una sèrie de residus de diferent procedència que s'hauran de gestionar correctament. Alguns d'aquests residus generats són les terres sobrants, les restes de formigó, i altres com restes vegetals, olis provinents del manteniment de la maquinària, plàstics, piles, etc.

La manipulació dels residus generats, el sistema de recollida i el seu destí definitiu, seran accions susceptibles a provocar impactes si no es gestionen i organitzen convenientment.

L'avaluació de l'impacte queda segons el quadre següent:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIODIC		APARICIÓ IRREGULAR	X
CONTINU		DISCONTINU	X

Taula 8.12: Valoració de l'impacte en la gestió de residus.

Font: Pròpia.

Podem considerar, doncs, l'impacte com a COMPATIBLE, no essent necessària l'aplicació de mesures correctores.

8.2.2. Fase d'exploració

Els objectius que es persegueixen amb la construcció d'enllumenat de la passarel·la i el seu respectiu generador solar són de caràcter positiu donada la millora que representarà en la infraestructura de comunicació per a vianants en la zona nord-oest de Pineda de Mar.

Tot i així, a continuació es procedeix a la descripció dels impactes més significatius ocasionats durant la fase d'exploració dels elements que constitueixen al seu us:

8.2.2.1. Qualitat de les aigües subterrànies i superficials

No es produirà cap tipus d'afectació. Es tracta doncs, d'un impacte que es pot classificar com a POSITIU. L'avaluació queda establerta de la següent manera:

NOTABLE	X	MÍNIM	
POSITIU	X	NEGATIU	
DIRECTE	X	INDIRECTE	

Taula 8.13: Valoració de l'impacte en la qualitat de les aigües subterrànies i superficials.

Font: Pròpia.

8.2.2.2. Qualitat visual per la presència d'estructures o edificacions.

L'impacte més destacat el contribueix la pròpia estructura del pont. Aquest es visibles des de les zones pròximes i també des de la carretera Passeig d'Hortsavinyà. Per aquest motiu el projecte ja s'ha desenvolupat per minimitzar aquests efectes. D'una banda, s'ha aprofitat al màxim la possibilitat de fer el pont a nivell de les esplanades colindants. En cap cas es sobrepassa visualment l'altura mitjana d'un adult. El pont es construirà amb

elements de fusta i ferro amb colors marronosos i negres de tal manera que s'inserti en una estètica rural i es camufla i s'integra amb el fons on es projecta visualment.

El projecte preveu l'adequació i ajardinament de la part afectada, amb la plantació d'espècies vegetals del mateix tipus de les que encara resten en la muntanya, i arbres (pins i alzines), col·locats estratègicament per fer de pantalla vegetal des dels punts de vista més sensibles. Tots els petits talussos i desmunts, tant del dipòsit com els que es generin en la preparació del camí d'accés, es sembraran per fer-los menys visibles, al temps que ajudi a protegir-los de eventuais erosions.

Especial atenció s'ha tingut en l'apartat de la protecció de les roques que afloren sobre el terreny, i que son una característica del paisatge dels voltants de la riera de Pineda de Mar. Les roques, actualment soterrades, que puguin sortir durant les excavacions, es guardaran per distribuir-les en les zones colindants i petits desmunts, per ajudar a la seva integració visual.

El camí s'ha traçat de manera que quedin afectades el mínim possible, amb rasants que eviten haver-les de tocar. Aquest traçat, tot i perjudicar els pendents i l'accessibilitat còmoda de maquinària, s'ha fet amb la mínima llargada possible per evitar al màxim la seva visió.

Així doncs aplicant les mesures correctores pertinents podem classificar l'impacte com a COMPATIBLE

L'anàlisi de l'impacte es detalla a la següent taula.

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT	X	TEMPORAL	
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	

Taula 8.14: Valoració de l'impacte sobre la qualitat visual per la presència d'estructures o edificacions.

Font: Pròpia.

8.2.2.3. Soroll emès com a conseqüència del funcionament de la construcció

No es preveu l'emissió de sorolls per part de cap element construït, no obstant, el pas del aire per l'estructura del pont pot realitzar algun petit soroll. En aquest cas, l'anàlisi determina que l'impacte és:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT	X	TEMPORAL	
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	

Taula 8.15: Valoració de l'impacte sobre el soroll emès.

Font: Pròpia.

L'impacte es classifica com a COMPATIBLE i no serà necessari aplicar les mesures

8.2.2.3. Qualitat de l'aire per l'emissió d'olors.

No és previsible l'emissió de cap tipus d'olor. En aquest cas l'impacte es pot classificar com a COMPATIBLE, no essent necessàries mesures correctores.

8.2.2.4. Generació de residus.

No és previsible la generació de cap tipus de residu. En aquest cas l'impacte es pot classificar com a COMPATIBLE, no essent necessàries mesures correctores.

8.3. Mesures preventives, compensatòries i correctores recomanades.

Continuant amb l'exposat a la metodologia general i responent a la finalitat del present estudi, s'han elaborat, en funció del medi afectat i de les causes originades dels impactes, una sèrie de mesures correctores dels mateixos, preventives en molts casos, pal·liatives en altres, que tendeixen sempre a minimitzar els aspectes negatius o, en última instància, a compensar la carència induïda.

Aquestes mesures es basen en l'anàlisi detinguda de la conformació dels impactes, per a incidir a les primeres fases de la seva generació, a l'objecte de que, a més de reduir les conseqüències negatives, disminueixin els costos d'operació i, sobre tot, els de restauració.

A partir de l'anàlisi dels impactes, s'observa que sobre un mateix factor ambiental poden incidir diverses causes agents amb idèntiques conseqüències, i que poden minimitzar-se amb l'aplicació d'una mateixa mesura correctora, o bé, una mateixa pot incidir sobre

diversos factors, amb diferents conseqüències, podent-se corregir amb una sola acció minimitzadora.

S'han establert tres tipologies de mesures:

- **Mesures precautòries, preventives i/o protectores:** Aquest tipus de mesures són les aplicables, bé sobre l'activitat, ja que modificant les característiques de l'actuació es pot minvar l'agressivitat de la mateixa, o bé sobre el factor o factors potencialment alterats, en un intent de minvar la seva fragilitat. Per tant, les mesures incloses en aquest grup eviten l'aparició d'un impacte o disminueix la seva intensitat "a priori", i s'han d'adaptar prèviament a l'aparició del mateix.
- **Mesures compensatòries:** Es tracta de normes o actuacions aplicables quan un impacte és inevitable o de difícil correcció, que tendeixen a compensar l'efecte negatiu d'aquest, mitjançant la generació d'efectes positius relacionats amb el mateix. En altres casos pot tractar-se d'accions que aprofiten la potencialitat d'un recurs o del territori, de forma que es generin beneficis addicionals.
- **Mesures correctores:** Són les necessàries per a minimitzar o corregir impactes ja originats, en un intent de recuperar l'estat inicial o, al menys, minvar la magnitud de l'efecte.

8.3.1. Mesures preventives

S'han identificat com a mesures preventives una sèrie de recomanacions i actuacions enfocades a la minimització d'impactes generats per l'emissió de substàncies contaminants al medi.

A continuació es presenten les consideracions més importants:

8.3.1.1. Fase de construcció

8.3.1.1.1. Moviment general de terres

No s'ocuparà més sòl del necessari, per això se senyalitzaran, mitjançant tancament o altres, els accessos, de manera que tot el trànsit i maniobres es realitzin dins de la zona acotada per les mateixes. Tanmateix, es procedirà a l'establiment de les mesures de seguretat i salut en el treball per tal d'evitar accidents, principalment durant la nit.

Establir una correcta planificació de les obres i apostar per la formació ambiental del personal operari, principalment dels encarregats dels equips d'obra, constitueixen unes de les millors mesures a aplicar en aquest sentit.

Es donarà preferència a la utilització com a zones d'aplec temporal de terres i espais d'abocadors de materials sobrants, terrenys degradats o camps abandonats, evitant, sempre que sigui possible, àrees forestals o terrenys propers a cursos d'aigua. S'aconsella que aquestes zones estiguin acotades i controlades per evitar contaminacions fora de les àrees restringides per aquest ús.

Quan el material procedent de les excavacions sigui insuficient o no pugui utilitzar-se per a reompliments donat que no compleix les especificacions assenyalades en el PG-3,

respecte a ser un sòl tolerable, adient o seleccionat, es procedirà a la utilització de terres procedents de préstec. Es recomana que aquesta aportació sigui de pedreres existents o indrets de poc valor ecològic, seguint les mateixes recomanacions pels abocadors i els aplecs temporals. Aquesta mesura evitarà que l'activitat extractiva afecti als recursos hídrics, tant superficials com subterranis.

Un altre aspecte relacionat amb els moviments de terra serà la recuperació i aprofitament de la capa de terra vegetal existent, mitjançant el decapatge dels últims centímetres més superficials del sòl (20 ó 30 cm, horitzó A), amb el seu posterior aplec en cordons o piles d'alçada inferior a 1,5 m. Es realitzaran totes les operacions necessàries de conservació i millora de les seves característiques: oxigenació, adobat, sembra, incorporació de matèria orgànica, etc., fins la seva reutilització posterior. La ubicació dels aplecs s'haurà de realitzar en zones apartades per evitar el trepig de vehicles i maquinària pesada procedent de l'obra. El manteniment de les terres vegetals servirà per potenciar el creixement de les espècies vegetals escollides per l'ajardinament de les zones verdes.

L'elecció de zones d'ubicació del parc de material imaqinària projectada, es realitzarà preferentment, en espais allunyats de cursos d'aigua i sobre àrees d'escàs valor biològic. En aquests zones, s'aplicaran les mesures correctores de recollida d'olis i lubricants procedents de la reparació de maquinària, per exemple mitjançant l'establiment d'arquetes estanques de recollida. Per les formigoneres, s'establiran basses de decantació per la neteja de formigons sobrants, que posteriorment seran netejades, portant els residus generats a abocadors autoritzats.

6.4.1.1.2. Hidrologia

Per evitar impactes sobre la qualitat de les aigües, així com sobre la vegetació i fauna associada, tan sols es creuraran els passos naturals d'aigua pels camins existents actualment. Així mateix, no es durà a terme cap operació de manteniment de la maquinària ni es repararà cap aparell en zones properes a passos natural d'aigua.

S'extremaran les precaucions per tal d'evitar la contaminació del subsòl o la filtració de substàncies contaminants que puguin afectar a les aigües subterranies. En aquest sentit, es recomanen, tal i com s'ha comentat al punt anterior, les següents mesures preventives:

- Marcatge previ de les àrees d'actuació.
- Establiment del parc de maquinària allunyat de cursos d'aigua, procedint a la recollida ràpida d'olis i substàncies contaminants, de vessaments accidentals, etc.
- Aplegament de terres i altres materials de l'obra en zones allunyades de cursos d'aigua, per minimitzar l'aportació accidental de sòlids.

Per altra banda, una correcta planificació de les obres, que tingui en compte, a més a més dels aspectes constructius, els ambientals, evitaria, en molts casos, contaminacions innecessàries.

8.3.1.1.3. Vegetació

La principal mesura preventiva serà la correcta senyalització de les obres per evitar l'afecció, pel pas de vehicles y personal de l'obra, de més superfície de l'estrictament necessària.

8.3.1.1.4. Fauna

Respecte a la fauna, no s'estableixen mesures preventives donat que les poblacions d'aus i mamífers de la zona es desplaçaran de l'àrea d'influència de les obres a altres més tranquil·les i seran recuperades un cop establertes les noves activitats.

8.3.1.1.5. Paisatge

A més de les mesures establertes en el punt referent als moviments de terres, per tal de minimitzar l'impacte que s'origina com a disminució de la qualitat visual del paisatge durant la construcció de les diferents estructures, es procurarà escollir indrets amagats de vistes per l'emmagatzematge de materials, la utilització de maquinària i l'elecció d'abocadors.

Es proposa que el disseny de l'estructura sigui el més integrat possible a la zona. Per això, es recomana la utilització de materials i colors que no contrastin excessivament amb l'estètica de la zona.

8.3.1.1.6. Soroll

Tot i que els habitatges de la zona estan a més de 200 m, es recomana l'execució de les obres en horaris que provoquin la mínima afecció sonora possible, és a dir, les diürnes (laborables de 8:00 a 20:00 hores).

8.3.1.1.7. Pols

El pas de maquinària pesada generarà pols en la zona de les obres, per la qual cosa s'aconsella el reg periòdic de pistes i accessos (principalment en èpoques seques).

Així mateix, es recomana el control de les emissions dels motors diesel, mitjançant depuradores catalítiques, filtres, etc. En aquest cas, la revisió periòdica dels vehicles relacionats amb les obres serà una de les mesures preventives més adients.

8.3.1.1.8. Residus

Les restes vegetals s'hauran de transportar a la planta comarcal de compostatge.

Com ja s'ha indicat, la gestió dels abocaments i escombraries generats en fase de construcció, es realitzarà portant-los a abocadors controlats i en indrets autoritzats.

Es prendran les precaucions oportunes durant el transport, manipulació i eliminació dels residus; especialment amb les restes de formigó dels camions cuba, que s'abocaran en indrets específics i mai en zones no autoritzades.

8.3.1.1.9. Patrimoni cultural

Tot i que no es preveuen jaciments arqueològics afectats per les obres, durant l'excavació de la franja per on circularà el tram de línia soterrat provinent dels panells es tindrà cura d'observar el material extret, notificant a l'Administració competent l'aparició de qualsevol troballa sospitosa.

8.3.1.2. Fase d'exploració

8.3.1.2.1. Hidrologia

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

8.3.1.2.2. Vegetació i fauna

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

8.3.1.2.3. Soroll

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

8.3.1.2.4. Residus

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

8.3.1.2.5. Olors

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

8.3.2. Mesures correctores

8.3.2.1. Geologia

Un cop finalitzades les obres, es procedirà a la neteja de la zona afectada i a l'establiment d'una coberta vegetal, a base de la implantació d'espècies herbàcies, arbustives i arbòries, sobre les superfícies nues, que evitaran problemes d'erosió per factors climàtics.

8.3.2.2. Integració paisatgística

Es recomana la plantació preferentment amb espècies autòctones de la zona en aquells punts susceptibles de poder realitzar-se, amb la finalitat de minvar l'impacte en el paisatge produït per les edificacions.

S'hauran de recuperar els espais utilitzats com abocadors, aplecs i/o préstecs, mitjançant restauració topogràfica i a ser possible, l'establiment de plantacions per integrar la zona afectada per l'entorn.

Tal i com s'apuntava en el capítol de mesures preventives, per efectuar correctament la revegetació de les àrees destinades a l'enjardinament, es recomana la utilització de la capa de terra vegetal que s'haurà d'haver conservat correctament, donat que és rica en material vegetal de la zona. La terra vegetal s'estendrà sobre les superfícies de restauració amb un gruix mínim de 20 cm.

Per últim, la utilització de materials d'obra i de colors que s'integrin en el paisatge de la zona serà una altra de les mesures correctores a aplicar.

Tots els talussos i desmunts, que es puguin generar en la preparació del camí d'accés, es sembraran per fer-los menys visibles, al temps que ajudi a protegir-los de eventuais erosions.

8.3.2.3. Sorolls

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

8.3.2.4. Olors

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

8.4. Programa de vigilància ambiental

8.4.1. Objecte del programa

L'objecte del present Programa és establir les actuacions que s'haurien de realitzar pel control i seguiment de les mesures protectores, correctores i compensatòries dissenyades.

L'establiment d'un Programa de Vigilància Ambiental durant la fase d'execució de les obres i durant l'explotació, serà decisió de l'Òrgan Administratiu responsable.

En els següents apartats, es desenvolupen les tasques que haurien d'assolir els responsables ambientals en el cas de que es decidís establir un equip de control.

8.4.2. Desenvolupament del programa

8.4.2.1. Fases i durada del programa

El Programa de vigilància es dividirà en dues fases, de diferent durada:

Primera fase: Es correspondrà amb la fase d'execució del Projecte de Mesures Correctores, que s'estendrà des de la data de l'acta de replanteig fins a la de recepció de les obres.

Segona fase: S'engloba a la fase d'explotació de les obres, estenent-se durant 12 mesos des de l'acta de recepció de les obres.

8.4.2.2. Equip de treball

L'equip encarregat de portar a terme el present Programa estarà format per un titulat superior o de grau mitjà competent responsable del mateix, comptant amb un ajudant i amb la resta de personal que fos necessari per al seu correcte desenvolupament.

8.4.2.3. Tramitació d'informes

Els informes hauran de ser enviats a l'Òrgan Administratiu competent en matèria de Medi Ambient, que acreditarà el seu contingut i conclusions.

8.4.3. Primera fase: Pla de seguiment i control durant l'execució de les obres

8.4.3.1. Consideracions generals

En aquesta fase, el Programa de Vigilància se centrarà en el control del desenvolupament i execució de les mesures protectores, correctores i compensatòries projectades.

Si durant aquest període de construcció es detectessin afeccions no previstes al medi on s'emplacen les obres, l'Equip de Control i Vigilància haurà de proposar les mesures necessàries per a evitar-les o corregir-les.

8.4.3.2. Seguiment de mesures protectores o preventives

8.4.3.2.1. Control del moviment general de terres

Protecció dels valors arqueològics. Si durant la fase de moviments de terres es descobrissin valors arqueològics, l'Equip de Control i Vigilància informarà a l'arqueòleg especialista el més aviat possible, qui determinarà les actuacions a adoptar per evitar la seva afecció. Tanmateix, es posarà en coneixement de l'Administració perquè dicti les mesures oportunes.

Retirada i aplec de terra vegetal. Es controlarà que es retiri la terra vegetal en la profunditat assenyalada, evitant, de forma especial, excavacions en una major profunditat i s'aplegui de forma adequada, d'acord amb el Plec del Projecte, mantenint les seves propietats, a fi i efecte d'utilitzar-la en la restauració dels terrenys afectats per les obres.

8.4.3.2.2. Control de les àrees de moviment de maquinària

De forma paral·lela a l'acta de replanteig de les obres es delimitaran les zones de moviment de la maquinària, acotant-les si fos precís.

Es controlarà de forma exhaustiva el respecte d'aquestes àrees, havent de sol·licitar el Contractista autorització per a l'obertura de nous camins o l'ampliació de dita zona.

8.4.3.2.3. Control d'operacions sorolloses

Els sorolls generats durant la fase de construcció ocasionen uns impactes sobre la població pròxima, el personal de l'obra i la fauna de l'entorn.

A aquest respecte, s'haurà de controlar que els horaris d'execució d'activitats sorolloses s'efectuïn entre les 8 i 20 h com a norma general. Si es necessita realitzar treballs nocturns, el Contractista haurà de sol·licitar autorització escrita al responsable del present Programa.

8.4.3.2.4. Control de la qualitat de l'aire

Per evitar la generació de pols a conseqüència dels moviments de terres, s'hauran de regar les esplanades dels camins d'obra, segons s'indica en l'apartat de mesures correctores.

Es controlarà l'execució d'aquesta operació, així com els nivells de pols i partícules en suspensió, adequant les mesures als nivells mesurats.

8.4.3.2.5. Control dels residus

Es controlaran periòdicament els residus derivats de les activitats realitzades a les instal·lacions d'obra i parc de maquinària. Seran objecte d'especial control:

Canvis d'oli de maquinària. Es comprovarà que no es produeixin abocaments de forma incontrolada. Per això, s'exigirà un certificat del lloc final de destí d'aquests olis, que haurà d'ésser una indústria de reciclatge o d'eliminació de residus autoritzada.

Escombraries: Es comprovarà el destí de les escombraries generades a les obres, exigint-se un certificat del lloc de destí, que haurà d'ésser un centre de tractament de residus o abocador autoritzat. No s'acceptaran abocadors d'escombreries en l'àrea de les obres.

8.4.3.2.6. Control d'ubicació de pèrdues, zones de préstec, abocadors i zones d'aplec temporal

Es mantindrà un seguiment de l'explotació de les pedreres, de forma que es realitzi a les zones previstes i amb les profunditats assenyalades.

En cas de ser necessari utilitzar terres de préstec, prèviament al començament de l'extracció de materials, es controlarà l'adequat replanteig d'aquestes àrees.

Si durant l'execució de les obres fos precís ampliar aquestes zones, l'equip de control i vigilància serà l'encarregat de dictar les pautes per a evitar afeccions al medi.

Es controlarà que els materials sobrants són dipositats en els abocadors autoritzats, tal com proposa el present Estudi.

En cas de precisar-se altres abocadors per a terres sobrants, o zones d'extracció i préstecs, el Contractista haurà de sol·licitar una autorització que hauran d'acceptar:

- El Director de les obres.
- El responsable del present Programa.
- L'òrgan autonòmic competent.
- El responsable del municipi en què s'ubiqui.
- El propietari, en cas d'ésser un terreny privat.

Amb la sol·licitud de la concessió, s'haurà d'acompanyar una memòria sobre Impacte Ambiental i un Projecte de restauració ambiental, un cop s'hagi finalitzat l'explotació, que serà revisat per l'Equip de Control i Vigilància.

De forma prèvia a l'abocament, es procedirà al replanteig de la zona d'abocament, havent de vigilar-se que aquesta sigui respectada.

8.4.3.2.7. Manteniment de serveis i servituds

Durant les obres s'haurà d'assegurar l'accés permanent a tots els terrenys que actualment en tinguin.

8.4.3.2.8. Seguiment de mesures correctores

Seràn objecte de seguiment i control les següents actuacions:

Estesa de terra vegetal. Es verificarà l'estesa de terra vegetal a totes les superfícies afectades, amb el gruix exigít.

Època d'execució de les obres i seqüència de les mateixes. Es vigilarà que les plantacions s'executin en els períodes assenyalats.

Plantacions. Es comprovarà que les espècies, edats i presentació de les plantes siguin les exigides en el projecte. Es vigilarà especialment que les plantes presentin un estat i característiques adequades per a la seva utilització.

Amb anterioritat a l'emissió de l'Acta de Recepció Provisional de les Obres, es realitzarà una visita de control per a comprovar que les instal·lacions d'obra han estat retirades i desmantellades, i que a la zona d'ocupació de dites instal·lacions s'ha procedit a la restauració ambiental conforme a l'estipulat en el Plec de Prescripcions del Projecte.

8.4.3.3. Informes

8.4.3.3.1. Informes ordinaris

Es presentaran durant tota la durada de les obres, de manera mensual, a partir de la data de replanteig.

Al primer d'aquests informes es recolliran les observacions relatives a la protecció acústica, emissions de pols, obtenció de materials i el seu abocament, i actuacions a la zona d'instal·lacions i parc de maquinària.

8.4.3.3.1. Informes extraordinaris

Els informes extraordinaris que es presentaran durant aquesta fase seran:

- Informe Previ a l'Acta de Recepció de les Obres.

Es presentarà un informe sobre les mesures preventives, correctores i compensatòries realment executades. A l'esmentat informe es recolliran els següents aspectes:

- Unitats realment executades de cada actuació recollides al Plec de Prescripcions del Projecte.
- Unitats previstes al Projecte. En cas de no coincidir la previsió amb allò realment executat, sigui per excés o bé per defecte, s'assenyalaran les causes de l'esmentada discordància.
- Forma de realització de les esmentades mesures, i materials utilitzats.
- En les actuacions en que sigui possible, resultats obtinguts fins a la data de redacció de l'informe. En cas de resultar negatius, esmentar-ne les causes.
- Actuacions pendents d'execució.
- Propostes de millora.
- Informes especials.

Sempre que es detecti qualsevol afecció al medi no prevista amb antelació, amb caràcter negatiu, i que precisi d'una actuació per a ser evitada o corregida, s'emetrà un informe amb caràcter urgent aportant tota la informació necessària per a actuar en conseqüència.

Tanmateix, podran emetre's informes especials quan qualsevol aspecte de l'obra estigui generant uns impactes superiors als previstos o bé es considerin intolerables.

8.4.4. Segona Fase: Pla de seguiment i control durant l'explotació de les instal·lacions

Donat que s'ha considerat que el funcionament de les instal·lacions és compatible, sense mesures correctores, no es proposa cap pla de seguiment.

La única obligació de seguiment consistirà en assegurar, durant el primer any que segueixi a la signatura de l'acta de recepció de les obres, la supervivència de les espècies vegetals plantades, amb una correcta aplicació dels recs, tractaments i neteges.

Un cop efectuada la revegetació dels terrenys afectats per les obres, haurà de realitzar-se un seguiment dels mateixos, amb l'objectiu d'assegurar el desenvolupament adient de les espècies plantades. Durant aquesta fase es comprovarà, mitjançant mostreigs en visites periòdiques, l'evolució de la coberta vegetal implantada, tant la brotació de les sèmbrs com la supervivència i desenvolupament de les plantacions.

Tanmateix, durant la primera etapa d'aquesta segona fase, serà objecte de l'Equip responsable del present Programa, el control de les operacions de reposició dels exemplars que no prosperin, que es durà a terme seguint les pautes de control i seguiment establertes a la primera fase del present Pla.

A les esmentades visites, seran objecte de control els possibles processos erosius que hagin tingut lloc, establint-se a l'informe corresponent, les mesures correctores d'urgència a aplicar per tal de frenar aquests fenòmens.

8.5. Conclusions de l'impacta ambiental

Un cop elaborat el present Estudi d'Impacte Ambiental, i com a resum de l'exposat en els diferents apartats, a l'objecte d'optimitzar els resultats que del seu examen puguin derivar-se, es pot concloure que:

- No hi ha cap acció concreta del Projecte que origini impacte ambiental crític o sever.
- L'impactes negatiu de major consideració que s'ha identificat és la presència del propi pont, des del punt de vista de la possible afectació visual. Aquesta afectació queda minimitzada per l'aplicació de les mesures correctores i per les actuacions previstes en el propi projecte.
- Entre els impactes positius s'han de considerar l'objectiu mateix del projecte, és a dir, la millora del servei públic de connexió viària a Pineda de Mar

Seguint l'exposat a la Metodologia general i responent a la finalitat del present estudi, s'han identificat en funció del medi afectat i de les causes originàries dels impactes, unes mesures correctores que tendeixen a minimitzar els aspectes negatius o, en última instància, a compensar la carència induïda.

En conseqüència, del present Estudi d'Impacte Ambiental es dedueix que els aspectes positius del desenvolupament del projecte de d'enllumenat, són la millora del servei públic d'interconnexió viària per al Poble de Pineda de Mar, mentre que els efectes negatius identificats, es poden considerar, després d'aplicar les mesures preventives i correctores corresponents, ambientalment COMPATIBLES amb l'entorn en que s'inscriuen.

Per això, la incidència ambiental del projecte, no ha de representar cap obstacle per a la seva autorització en l'emplaçament indicat i amb les característiques que s'ha dissenyat.

9. Planificació del projecte

El projecte disposa d'una sèrie de fases d'execució a dos nivells. Pel que fa a l'entrega de la documentació i a quant a l'execució del projecte.

Per una banda, l'entrega de documentació existeix ja definit una sèrie de dates amb un marge d'error inexistent. És de vital importància l'entrega de la documentació a les dates estipulades que es presenten a la següent taula per tal de no endarrerir l'execució del projecte.

Documentació:	Data
Avantprojecte	12/02/2021
Memòria intermèdia	22/04/2021
Memòria al detall	18/06/2021

Taula 9.1: Entrega de documentació.

Font: Client.

D'altra banda, la planificació dels diferents processos d'execució del programa s'ha considerat amb un marge d'error del 10% per possibles imprevistos. Per mostrar la distribució de les diferents tasques que és preveuen realitzar es realitza el diagrama de Gantt que es presenta a continuació.

MESOS:	1	2	3	4	5	6	7
Construcció estructura passarel·la	■	■	■	■	■	■	■
Instal·lació sistema generació solar			■	■			
Instal·lació línia emergència	■						
Instal·lació cablejat passarel·la							■
Instal·lació enllumenat							■
Verificació del correcte funcionament							■

Taula 9.2: Diagrama de Gantt per l'execució de les diferents tasques del projecte.

Font: Pròpia.

La primera tasca comença en el moment de la construcció de la passarel·la. Consisteix a instal·lar un línia provinent de la xarxa d'enllumenat públic. Es requereix realitzar-la a les dues primeres setmanes, ja que per la construcció de la passarel·la s'utilitzaran eines que s'endollen i funcionen amb electricitat.

La segona tasca que es realitzarà és la instal·lació generadora d'electricitat a partir de les energies renovables. Aquesta tasca es començarà a realitzar al tercer mes des de l'inici de la construcció del pont. Això és possible perquè es preveu que a finals del segon mes es terminin les obres estructurals de la passarel·la i es deixi lliure la zona on s'instal·laran les plaques auxiliars i els elements auxiliars, ja que aquesta zona es trobaria ocupat prèviament pel material de construcció estructural.

Un cop acabat la construcció de la passarel·la es procedirà a realitzar tot el cablejat de la instal·lació.

Per acabar, l'últimes dues setmanes, es posaran tots els dispositius d'enllumenat i es verificarà tot el correcte funcionament de la instal·lació completa.

Els primers dies del més vuit s'inaugurarà la passarel·la.

El present projecte es refereix a una obra completa susceptible de ser lliurada a l'ús públic una vegada acabada, reunint els requisits exigits en la Llei de Contractes del Sector Públic Llei 30/2007 de 30 d'octubre).

El termini d'execució de les obres objecte del present Projecte serà de VUIT (8) mesos a partir de la data de l'Acta de Replanteig.

10. Conclusió del projecte

La solució proposada per la problemàtica de la nova passarel·la per vianants de la riera de Pineda de Mar, situada al Barri les Creus del municipi de Pineda de Mar, és la construcció d'una instal·lació d'enllumenat que asseguri la il·luminació de la zona transitable.

Primerament, s'ha realitzat un estudi luminotècnic de la zona transitable amb el programa informàtic Dialux. L'enllumenat exterior escollit es compon per un total de 18 perfils lineals LED de la marca i model Norka Brig m1200. L'emplaçament dels perfils se situaran sota les baranes, 9 perfils lineals LED en cada barana. El resultat final de la modelització de l'enllumenat en condicions nocturnes es mostra a continuació.

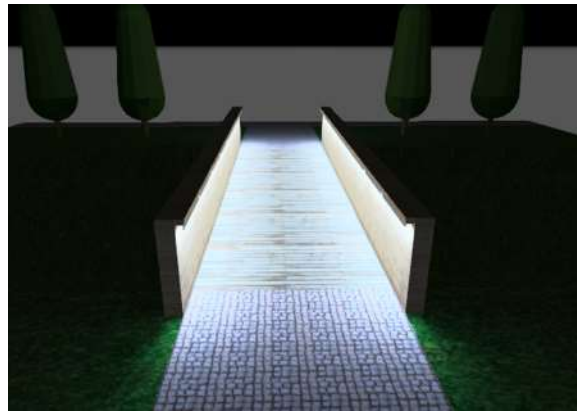


Figura 10.1: Modelització final de l'enllumenat.

Font: Pròpia.

Un cop conegudes les necessitats energètiques i tenint en consideració el compromís d'emprar energies renovables, es valora l'energia eòlica, l'energia hidràulica i l'energia solar com a possibles fonts generadores d'electricitat per al subministrament elèctric de la instal·lació. A causa del cabal interromput del riu i del poc flux eòlic de la zona, l'energia eòlica i hidràulica queden totalment descartades. A partir de consultar fonts fiables d'informació, la radiació de la zona del municipi de Pineda de Mar és constant al llarg de l'any, amb la qual cosa, l'energia solar fotovoltaica, és l'energia renovable escollida per subministrar energia a la passarel·la.

La instal·lació fotovoltaica generadora és dimensionada per tal de no dependre del subministrament de la xarxa elèctrica pública. Amb aquest fet es pretén mostrar als habitants de Pineda de Mar l'evolució cap a una *Smart City*, al mateix temps de donar una imatge innovadora amb l'aprofitament dels recursos de la zona

La necessitat energètica de la instal·lació d'enllumenat es dona en les hores de nit, amb la qual cosa, la instal·lació subministradora es dissenyarà considerant la nit més llarga de l'any, la nit del solstici d'hivern, que vindria el cas més desfavorable.

La instal·lació fotovoltaica generadora es troba format per 4 *strings*, 2 panells per cada string, és a dir, un total de 8 panells solars. Els panells emprats són panells policristal·lins de 200W i 24V. És col·locaran en dues files, 4 panells per filera, amb una separació entre fileres de 2.96m. La inclinació dels panells s'ha decidit per al cas més desfavorable. Aquest cas es dona en el mes de desembre, on la intensitat i les hores de radiació es veuran reduïdes substancialment. La inclinació serà de $51,634^\circ$ i l'orientació correspondrà a un angle azimutal de 0° .

Del camp de panells fotovoltaics sortiran 4 línies de conductors dels mateixos panells, cada línia procedirà de cada *string* de panells i aniran a parar a una caixa exterior on se situaran 4 fusibles, amb els respectius fusibles de 25 A. Dels portafusibles situats dins de la caixa sortiran 4 línies que aniran a parar a un repartidor de corrent dins de la mateixa caixa. Del repartidor de corrent i de la caixa sortirà una única línia de dos conductors, pol positiu i pol negatiu, de la marca SOLAR PV ZZ-F d'una secció de 6mm^2 . Aquesta línia anirà fins a l'inversor recoberta d'un tub flexible de 16mm de diàmetre i soterrat a 0,5m de profunditat.

Pròxim a l'emplaçament de la planta de panells solars es troba una caseta de manteniment urbà, propietat de l'ajuntament, la qual és idònia per resguardar tots aquells elements electrònics de la pluja i la humitat.

Com s'ha comentat anteriorment les necessitats energètiques de la instal·lació d'enllumenat es dona a la nit, quan no hi ha irradiació i els panells solars no generen electricitat. Per aquest motiu es crea la necessitat de disposar acumuladors en la instal·lació, dins de la caseta. A més a més, l'acumulador s'ha dimensionat per disposar d'una autonomia de subministrament del sistema de 3 dies. Així es pot fer front als dies on la radiació solar sigui escassa i es pugui abastir d'energia elèctrica. L'acumulador es troba format per 8 bateries de 6V i 480Ah de la marca Tensite connectades en sèrie. Aquestes bateries connectades resulten en un voltatge de l'acumulador de 48V i 480Ah d'intensitat de descàrrega. L'acumulador també s'instal·larà dins de la caseta prèviament comentada, en un compartiment independent airejat.

A l'interior de la caseta, un dels elements electrònics que es trobaran serà l'inversor. L'inversor emprat és un inversor híbrid de la marca Must model PV18-3048 VHM MPPT d'ona sinusoidal pura (donat que ha d'alimentar equips electrònics) i que treballa amb potències d'entrada de fins a 4kW i permet la càrrega de bateries de 48V. Aquest inversor presenta l'avantatge que un incorpora regulador, amb la qual cosa, amb un únic dispositiu és possible gestionar la càrrega de les bateries i fer la conversió de corrent continua a corrent alterna.

L'inversor es troba connectat amb tres línies, una d'entrada provinent del generador i dos de sortida. Les dues línies de sortida, una es dirigeix cap a l'acumulador i una altra es destina a alimentar les càrregues. La línia provinent del generador ja s'ha explicat anteriorment. Per una banda, la línia que es dirigeix cap a l'acumulador és una línia de dos conductors, pol positiu i pol negatiu, que transcorrerà per dins de la caseta sense cap mena de recobriment més que el propi doble aïllant del cable, fins a l'acumulador. Els

cables emprats és de la marca SOLAR PV ZZ-F d'una secció de 10mm². La finalitat d'aquesta línia és poder carregar les bateries a partir de la corrent que subministra el generador després de passar pel regulador i també, en cas de demanda energètica, que l'inversor pugui obtenir energia de les bateries. Per altra banda, la línia de sortida de l'inversor restant és la que surt i es dirigeix cap a les càrregues. Per aquesta línia ja surt corrent alterna i es troba formada per un cable de tres conductors de 2.5mm² del fabricant Top Cable sense cap tub protector. Aquesta línia, abans de sortir fora de la caseta, primer passarà per una caixa de proteccions.

Un altre element que s'instal·larà dins de la caseta és una caixa de proteccions. En aquesta caixa entrarà una línia provinent de l'inversor. Dins d'aquesta caixa la línia passarà per un magnetotèrmic Schneider Electric de 16A, seguidament, per un interruptor diferencial ABB model 30mA de corrent residual i de 25A de corrent admissible, i per acabar per un seccionador connectat a un sensor crepuscular. Després, la línia sortirà de la caixa a través d'un cable de les mateixes característiques que la línia d'entrada a la caixa de proteccions, però en aquest cas recobert d'un tub de PVC de 16mm de diàmetre que portarà la línia cap a l'exterior, fora de la caseta.

La línia que surt de la caseta passarà per una caixa exterior per tal de dividir-se en dues línies, una pels 9 perfils lineals LED de la barana esquerra i un altre pels altres 9 perfils lineals LED de la barana dreta de la passarel·la. Es manté en tot moment les característiques del cable de 2.5mm² i el tub PVC de protecció per les línies que transcorren per les càrregues

La commutació convencional de les llums es donarà de forma completament automàtica. El sistema incorporarà un sensor crepuscular en una zona sense cap element que obstrueixi el pas de la llum natural, i que la llum que pugui incidir sigui completament natural i no artificial. Les llums únicament s'encendran un cop el sensor crepuscular detecti que no hi ha llum suficient per a disposar de visibilitat per transitar per la passarel·la, d'aquesta manera es redueix la contaminació lumínica, s'augmenta la vida útil i la càrrega de les bateries. Perquè això sigui possible, el sensor crepuscular, s'ajusta a un valor de Luxes necessaris per a la commutació, el valor de commutació establert equival a 3lx.

Per avaluar l'impacte que suposa la realització de la construcció s'efectua un anàlisi d'impacte elaborat on s'analitzen els impactes produïts en fase de construcció i en fase d'exploració. Posteriorment es proposen solucions a efectuar per reduir els impactes més significatius. La conclusió general quant a l'estudi d'impactes es categoritza com a construcció compatible.

La planificació del present projecte també és un apartat clau. S'argumenten les activitats a realitzar en el procés de construcció de la passarel·la amb els corresponents terminis d'execució. El compliment dels terminis és d'obligat compliment per inaugurar la construcció en el termini establert.

11. Referències

11.1. Compliment de les normes vigents

- [1] Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió (Real Decret 842/2002, d'agost, i les seves Instruccions Tècniques Complementàries).
- [2] ITC-BT-04 Documentació i posada en servei de les instal·lacions.
- [3] ITC-BT-05 Verificacions i inspeccions.
- [4] ITC-BT 06 Xarxes aèries per a distribució en baixa tensió.
- [5] ITC-BT 07 Xarxes subterrànies per a distribució en baixa tensió.
- [6] ITC-BT 08 Sistemes de connexió del neutre i de les masses en xarxes de distribució d'energia elèctrica.
- [7] ITC-BT 09 Instal·lacions d'enllumenat exterior.
- [8] ITC-BT 11 Xarxes de distribució d'energia elèctrica. Escomeses.
- [9] ITC-BT 12 Instal·lacions d'enllaç. Esquemes.
- [10] ITC-BT 13 Instal·lacions d'enllaç. Caixes generals de protecció.
- [11] ITC-BT 14 Instal·lacions d'enllaç. Línia general d'alimentació.
- [12] ITC-BT 15 Instal·lacions d'enllaç. Derivacions individuals.
- [13] ITC-BT 16 Instal·lacions d'enllaç. Comptadors: Ubicació i sistemes d'instal·lació.
- [14] ITC-BT 17 Instal·lacions d'enllaç. Dispositius generals i individuals de comandament i protecció, interruptor de control de potència.
- [15] ITC-BT 18 Instal·lacions de posta a terra.
- [16] ITC-BT 19 Instal·lacions interiors o receptores. Prescripcions generals.
- [17] ITC-BT 20 Instal·lacions interiors o receptores. Sistemes d'instal·lació.
- [18] ITC-BT 21 Instal·lacions interiors o receptores. Tubs i canals protectores.
- [19] ITC-BT 22 Instal·lacions interiors o receptores. Protecció contra sobreintensitats.
- [20] ITC-BT 23 Instal·lacions interiors o receptores. Protecció contra sobretensions.
- [21] ITC-BT 24 Instal·lacions interiors o receptores. Protecció contra els contactes directes i indirectes.
- [22] ITC-BT 30 Instal·lacions en locals de característiques especials.
- [23] ITC-BT 31 Instal·lacions amb finalitats especials. Piscines i fonts.

- [24] Article 5 de la Llei 9/2011, del 29 de desembre. “Protecció envers la contaminació lumínica a Catalunya”.
- [25] CTE -DB –HE “Documento Básico HE Ahorro de Energía” .
- [26] *IAP-11 Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera*” generat per BOE.
- [27] “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica aisladas de red”, (IDAE).
- [28] Instrucció BT-07 del vigent REBT.
- [29] UNE-EN 50.086.
- [30] Llei de Contractes del Sector Públic Llei 30/2007 de 30 d’octubre.
- [31] ITC-EA-02 Nivells d’iluminació.

11.2. Bibliografia

- [32] “Energía solar”. ABB review. 2015.
- [33] “Introducción a la Energía Fotovoltaica”. Daniel Barberá Santos.
- [34] “Instal·lación de sistemas fotovoltaicos”. Cooperación Alemana al desarrollo GIZ. 2013.
- [35] “Manual de instalación y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos”. Max Gutierrez Vargas”. 2002.
- [36] “Iluminación general de altura de dos naves industriales destinadas al proceso de trefilado de alambre”. Dávila Vásquez, Juan Fernando. 2013

