

Universitat de Lleida
Escola Politècnica Superior
Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Mecànica

Projecte Final de Carrera:

**Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació
solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa
tensió, en una nau industrial**

Autor: Francesc Garrido Mir

Directora: Lluïsa F. Cabeza

Març del 2007



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida

0. ÍNDEX GENERAL

ÍNDEX GENERAL

| | |
|---|-----------|
| 1. MEMÒRIA | 1 |
| 1.1. Full d'identificació | 3 |
| 1.2. Introducció | 4 |
| 1.3. Objecte i abast del projecte | 7 |
| 1.4. Antecedents | 8 |
| 1.5. Normes i referències | 10 |
| 1.5.1. Disposicions legals i normes aplicades | 10 |
| 1.5.2. Bibliografia | 12 |
| 1.6. Requisits del disseny per a cada instal·lació | 14 |
| 1.7. Anàlisi de solucions | 15 |
| 1.8. Sistemes de captació solar | 15 |
| 1.8.1. Introducció | 15 |
| 1.8.2. Captació fixa | 16 |
| 1.8.3. Captació mòbil amb seguiment automàtic | 17 |
| 1.8.4. Elecció i justificació de la solució escollida | 18 |
| 1.9. Resultats finals de la instal·lació elèctrica | 18 |
| 1.9.1. Descripció de les línies | 18 |
| 1.10. Resultats finals de la instal·lació solar fotovoltaica | 26 |
| 1.10.1. Descripció de les línies | 26 |
| 1.10.2. Components de la instal·lació | 28 |
| 1.11. Planificació | 32 |
| 1.12. Conclusions | 36 |
| | |
| 2. ANNEXES | 1 |
| 2.1. Annex nº1: Instal·lació elèctrica de baixa tensió | 4 |
| 2.1.1. Introducció | 4 |
| 2.1.2. Previsió de potència actual instal·lada | 4 |
| 2.1.3. Comptador | 7 |
| 2.1.4. Característiques de la instal·lació elèctrica actual | 7 |
| | |
| 0. Índex general | 2 |

| | |
|---|----|
| 2.1.5. Sistema de distribució | 9 |
| 2.1.6. Característiques dels conductors | 11 |
| 2.1.7. Càlcul de les línies elèctriques de la instal·lació elèctrica | 12 |
| 2.1.7.1. Característiques de les línies elèctriques | 12 |
| 2.1.7.2. Càlcul de les intensitats de les línies elèctriques | 16 |
| 2.1.7.3. Càlcul de les seccions dels conductors | 17 |
| – Dimensionat dels conductors segons intensitat nominal | 17 |
| – Dimensionat dels conductors segons caiguda de tensió .. | 18 |
| 2.1.8. Càlcul de les proteccions del sistema elèctric | 21 |
| 2.1.8.1. Interruptor general automàtic | 22 |
| 2.1.8.2. Interruptors diferencials | 23 |
| 2.1.8.3. Interruptors automàtics | 23 |
| 2.1.8.4. Fusibles | 23 |
| 2.1.8.5. Instal·lació de posta a terra | 24 |
| – Presa de terra | 25 |
| – Conductors de protecció | 26 |
| 2.1.8.6. Proteccions a instal·lar en cada línia de la instal·lació | 27 |
| 2.1.9. Tubs protectors | 29 |
| 2.1.10. Informació comercial i tècnica | 32 |
| | |
| 2.2. Annex nº2: Instal·lació solar fotovoltaica | 45 |
| 2.2.1. Càlculs de la captació solar | 45 |
| 2.2.1.1. Introducció | 45 |
| 2.2.1.2. Captació fixa | 47 |
| 2.2.1.3. Captació mòbil per seguiment | 51 |
| 2.2.1.3.1. Seguiment en un sol eix (seguiment diari) | 54 |
| 2.2.1.3.2. Seguiment en un sol eix (seguiment estacional) | 57 |
| 2.2.1.3.3. Seguiment en dos eixos (seguiment doble) | 58 |
| 2.2.1.4. Comparativa de resultats obtinguts | 59 |
| 2.2.2. Instal·lació solar fotovoltaica | 61 |
| 2.2.2.1. Introducció | 61 |
| 2.2.2.2. Mòduls fotovoltaics | 62 |
| 2.2.2.3. Inversors | 65 |
| 2.2.2.4. Estimació econòmica de la instal·lació solar | 66 |
| 2.2.2.5. Càlcul de la potència generada amb corrent continu | 66 |
| 2.2.2.6. Càlcul de la superfície de captació solar | 67 |
| 2.2.2.7. Càlcul de la producció elèctrica anual | 68 |
| 2.2.3. Càlcul de les línies elèctriques de la instal·lació solar fotovoltaica ... | 69 |
| 2.2.3.1. Càlcul de la potència de subministrament | 69 |
| 2.2.3.2. Característiques de les línies elèctriques | 69 |
| 2.2.3.3. Càlcul de les intensitats de les línies elèctriques | 71 |
| 2.2.3.4. Càlcul de les seccions dels conductors | 72 |
| – Dimensionat dels conductors segons intensitat nominal | 72 |
| – Dimensionat dels conductors segons caiguda de tensió .. | 73 |

| | |
|--|----|
| 2.2.4. Càlcul de les proteccions del sistema elèctric | 76 |
| 2.2.4.1. Interruptor automàtic de control de potència (ICP-M) | 77 |
| 2.2.4.2. Interruptor diferencial | 77 |
| 2.2.4.3. Relés de control | 77 |
| 2.2.4.4. Interruptors automàtics | 78 |
| 2.2.4.5. Interruptors manuals | 78 |
| 2.2.4.6. Fusibles | 78 |
| 2.2.4.7. Instal·lació de posta a terra | 79 |
| – Conductors de protecció | 79 |
| 2.2.4.8. Proteccions a instal·lar en cada línia de la instal·lació | 80 |
| 2.2.5. Tubs protectors | 81 |
| 2.2.6. Informació comercial i tècnica | 84 |
| | |
| 3. PLÀNOLS | 1 |
| | |
| Plànol n°1: Situació de la nau industrial | 3 |
| | |
| Plànol n°2: Emplaçament de la nau industrial | 4 |
| | |
| Plànol n°3: Planta de la nau industrial. Distribució enllumenat, endolls i maquinària | 5 |
| | |
| Plànol n°4: Planta de la nau industrial. Distribució de la xarxa elèctrica | 6 |
| | |
| Plànol n°5: Esquema unifilar de la xarxa elèctrica de la nau industrial | 7 |
| | |
| Plànol n°6: Esquema unifilar de la instal·lació elèctrica solar fotovoltaica | 8 |
| | |
| 4. PLEC DE CONDICIONS | 1 |
| | |
| 4.1. Fulls d'especificacions | 4 |
| 4.1.1. Llistat del material elèctric de la instal·lació elèctrica | 4 |
| 4.1.1.1. Interruptor automàtic M.G. C120N de 100 A | 5 |
| 4.1.1.2. Interruptors automàtics M.G. C120N de 80 A | 6 |
| 4.1.1.3. Interruptors automàtics M.G. C60N de 50 A | 7 |
| 4.1.1.4. Interruptor automàtic M.G. C60N de 20 A | 8 |
| 4.1.1.5. Interruptor automàtic M.G. C60N de 16 A | 9 |
| 4.1.1.6. Interruptor general automàtic M.G. NS250N de 250 A | 10 |
| 4.1.1.7. Interruptor automàtic M.G. C60N de 32 A | 11 |
| 4.1.1.8. Interruptor automàtic M.G. C60N de 25 A | 12 |
| 4.1.1.9. Interruptor automàtic M.G. C60N de 20 A | 13 |
| 4.1.1.10. Interruptors diferencials M.G. Vigi C120 de 125 A/30 mA | 14 |

| | |
|---|----|
| 4.1.1.11. Interruptor diferencial M.G. ID de 40 A/30 mA | 15 |
| 4.1.1.12. Interruptor diferencial M.G. Vigi C60 de 40 A/30 mA | 16 |
| 4.1.1.13. Interruptors diferencials M.G. Vigi C60 de 25 A/30 mA | 17 |
| 4.1.1.14. Fusible M.G. INF250 de 250 A | 18 |
| 4.1.1.15. Quadre de distribució M.G. Pragma D superfície | 19 |
| 4.1.2. Llistat del material fotovoltaic i elèctric de la instal·lació solar fotovoltaica | 20 |
| 4.1.2.1. Mòduls fotovoltaics | 21 |
| 4.1.2.2. Seguidors solars | 22 |
| 4.1.2.3. Inversors | 23 |
| 4.1.2.4. Fusibles S. Sèrie 14 NH de 10 A | 24 |
| 4.1.2.5. Interruptors manuals | 25 |
| 4.1.2.6. Interruptors automàtics | 26 |
| 4.1.2.7. Relé de control de tensió | 27 |
| 4.1.2.8. Relé de control de fases | 28 |
| 4.1.2.9. Interruptor diferencial | 29 |
| 4.1.2.10. ICP-M | 30 |
| 4.1.2.11. Fusibles S. Sèrie 14 NH de 35 A | 31 |
| 4.1.2.12. Bases portafusibles unipolars | 32 |
| 4.1.2.13. Comptadors | 33 |
| 4.1.2.14. Quadre de distribució M.G. mini Pragma superfície 1 fila | 34 |
| 4.1.2.15. Quadre de distribució M.G. mini Pragma superfície 3 files ... | 35 |
| 4.2. Disposicions legals i normes aplicades | 36 |
| 4.3. Muntatge de la instal·lació | 37 |
| 4.4. Manteniment | 38 |
| 4.4.1. Introducció | 38 |
| 4.4.2. Manteniment dels mòduls fotovoltaics | 38 |
| 4.4.3. Manteniment de l'inversor | 39 |
| 4.5. Seguretat en la instal·lació elèctrica | 39 |
| 4.5.1. Generalitats | 39 |
| 4.5.2. Protecció contra contactes directes | 40 |
| 4.5.3. Elements essencials de protecció | 43 |
| 4.6. Medi ambient | 45 |
| 4.6.1. Introducció | 45 |
| 4.6.2. Medi ambient de la instal·lació fotovoltaica | 45 |
| 5. ESTAT D'AMIDAMENTS | 1 |
| 5.1. Relació de partides | 3 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2. Estat d'amidaments | 4 |
| 6. PRESSUPOST | 1 |
| 6.1. Preus unitaris dels elements | 3 |
| 6.2. Pressupost per partides | 6 |
| 6.3. Resum del pressupost per partides | 10 |
| 6.4. Pressupost general | 11 |
| 6.5. Pressupost general amb subvenció | 11 |
| 6.6. Estudi de viabilitat econòmica | 12 |

ÍNDIX TAULES

| | |
|---|-----------|
| 1. MEMÒRIA | 1 |
| Taula 1-1. Demanda actual d'energies renovables a la Unió Europea i prevista l'any 2010 | 6 |
| Taula 1-2. Taula-resum de la potència instal·lada en la nau industrial | 14 |
| Taula 1-3. Taula de les característiques dels mòduls fotovoltaics Solarworld SW-220 | 29 |
| Taula 1-4. Taula de les característiques del sistema de seguiment solar ERG Eclíptica | 30 |
| Taula 1-5. Taula de les característiques dels inversors Fronius IG 30 | 32 |
| Taula 1-6. Diagrama de Gant d'execució de la instal·lació elèctrica de la nau industrial | 34 |
| Taula 1-7. Diagrama de Gant d'execució de la instal·lació solar fotovoltaica | 35 |
| 2. ANNEXES | 1 |
| 0. Índex general | 6 |

| | |
|---|--------------|
| Taula 2-1. Potència instal·lada en el despatx 1 | 4 |
| Taula 2-2. Potència instal·lada en el despatx 2 | 5 |
| Taula 2-3. Potència instal·lada en l'oficina | 5 |
| Taula 2-4. Potència instal·lada en el taller 1 | 5 |
| Taula 2-5. Potència instal·lada en el taller 2 | 5 |
| Taula 2-6. Potència instal·lada en els recanvis 1 | 6 |
| Taula 2-7. Potència instal·lada en els recanvis 2 | 6 |
| Taula 2-8. Potència instal·lada en el taller d'electricitat | 6 |
| Taula 2-9. Potència instal·lada en el taller de pintura | 6 |
| Taula 2-10. Potència instal·lada en el taller de mecànica | 6 |
| Taula 2-11. Potència instal·lada en el cobert | 7 |
| Taula 2-12. Codificació cromàtica dels conductors | 8 |
| Taula 2-13. Potència de cada una de les línies elèctriques | 12-13 |
| Taula 2-14. Valors de les intensitats de càlcul de les línies elèctriques | 17 |
| Taula 2-15. Valors límits de la caiguda de tensió segons els tipus de línies | 18 |
| Taula 2-16. Taula per obtenir els valors de les seccions finals escollides, de les línies de la instal·lació | 20 |
| Taula 2-17. Número de conductors i seccions dels conductors que formen cada una de les línies de la instal·lació | 21 |
| Taula 2-18. Relació entre les seccions dels conductors de protecció i els de fase ... | 27 |
| Taula 2-19. Seccions dels conductors de protecció | 27 |
| Taula 2-20. Elements de protecció a instal·lar per a cada línia de la instal·lació .. | 28 |
| Taula 2-21. Característiques mínimes dels tubs per a canalitzacions fixes en superfície | 30 |
| Taula 2-22. Diàmetre mínim dels tubs per a canalitzacions fixes en superfície | 31 |

| | |
|---|-----------|
| Taula 2-23. Diàmetre dels tubs de protecció per a canalitzacions fixes en superfície | 31 |
| Taula 2-24. Característiques de l'estació meteorològica de Raimat | 48 |
| Taula 2-25. Taula de radiació obtinguda en l'estació meteorològica de Lleida-Raimat per una superfície amb azimut 0° (orientació Sud) i amb diferents graus d'inclinació (Font: Atlas de radiació solar, 2000) | 49 |
| Taula 2-26. Taula-resum de la radiació obtinguda en l'estació meteorològica de Lleida-Raimat per una superfície amb azimut 0° (orientació Sud) i amb 30° d'inclinació (Font: Atlas de radiació solar, 2000) | 50 |
| Taula 2-27. Dies significatius per cada mes de l'any per realitzar els càlculs estimatius | 54 |
| Taula 2-28. Taula de radiació obtinguda mitjançant càlcul teòric per una superfície mòbil amb seguiment diari i amb diferents graus d'inclinació a Vilanova la Barca | 55 |
| Taula 2-29. Taula-resum de la radiació obtinguda mitjançant càlcul teòric per una superfície mòbil amb seguiment diari i a 40° d'inclinació a Vilanova la Barca | 56 |
| Taula 2-30. Taula de la radiació obtinguda per un sistema de seguiment en un sol eix (seguiment estacional) a Vilanova la Barca | 58 |
| Taula 2-31. Taula de radiació obtinguda per càlcul teòric per un sistema de seguiment en dos eixos (diari i estacional) a Vilanova la Barca | 59 |
| Taula 2-32. Taula comparativa de radiació obtinguda amb les diferents alternatives estudiades a Vilanova la Barca | 60 |
| Taula 2-33. Taula comparativa dels diferents models de panells fotovoltaics | 64 |
| Taula 2-34. Taula comparativa dels models d'inversors escollits pel dimensionat de la instal·lació solar | 66 |
| Taula 2-35. Taula resum del cost total de la instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica general, amb un sistema de captació amb seguiment solar de doble eix | 66 |
| Taula 2-36. Potència de cada una de les línies elèctriques | 70 |
| Taula 2-37. Valors de les intensitats de càlcul de les línies elèctriques | 72 |
| Taula 2-38. Taula per obtenir els valors de les seccions finals escollides per cada línia de la instal·lació | 75 |

| | |
|---|--------------|
| Taula 2-39. Número de conductors i seccions dels conductors que formen cada una de les línies de la instal·lació | 76 |
| Taula 2-40. Relació entre les seccions dels conductors de protecció i els de fase ... | 79 |
| Taula 2-41. Seccions dels conductors de protecció | 80 |
| Taula 2-42. Elements de protecció i control a instal·lar per a cada línia de la instal·lació | 80 |
| Taula 2-43. Característiques mínimes dels tubs per a canalitzacions fixes en superfície | 82 |
| Taula 2-44. Diàmetre mínim dels tubs per a canalitzacions fixes en superfície | 82 |
| Taula 2-45. Diàmetre dels tubs de protecció per a canalitzacions fixes en superfície | 83 |
| Taula 2-46. Característiques mínimes dels tubs per a canalitzacions enterrades . | 83 |
| Taula 2-47. Diàmetre mínim dels tubs per a canalitzacions enterrades | 84 |
| Taula 2-48. Diàmetre dels tubs de protecció per a canalitzacions enterrades | 84 |
| | |
| 4. PLEC DE CONDICIONS | 1 |
| Taula 4-1. Taula resum de la protecció IP | 42 |
| | |
| 5. ESTAT D'AMIDAMENTS | 1 |
| Taula 5-1. Estat d'amidaments de la instal·lació elèctrica | 4-5 |
| Taula 5-2. Estat d'amidaments de la instal·lació solar fotovoltaica | 6 |
| | |
| 6. PRESSUPOST | 1 |
| Taula 6-1. Preus unitaris de la instal·lació elèctrica | 3-4 |
| Taula 6-2. Preus unitaris de la instal·lació solar fotovoltaica | 5 |
| Taula 6-3. Pressupost de la instal·lació elèctrica | 6-7-8 |
| | |
| 0. Índex general | 9 |

| | |
|---|--------------|
| Taula 6-4. Pressupost de la instal·lació solar fotovoltaica | 9-10 |
| Taula 6-5. Resum pressupost de la instal·lació elèctrica | 10 |
| Taula 6-6. Resum pressupost de la instal·lació solar fotovoltaica | 11 |
| Taula 6-7. Pressupost general | 11 |
| Taula 6-8. Paràmetres de càlcul del Payback de la instal·lació solar fotovoltaica | 13 |
| Taula 6-9. Payback i beneficis de la instal·lació solar fotovoltaica sense subvenció | 13-14 |
| Taula 6-10. Payback i beneficis de la instal·lació solar fotovoltaica amb subvenció | 14 |

ÍNDIX FIGURES

| | |
|---|-----------|
| 1. MEMÒRIA | 1 |
| Figura 1-1. Distribució potència elèctrica fotovoltaica durant els anys 1999 i 2000 (Font: Butlletí IDAE, abril 2001) | 7 |
| 2. ANNEXES | 1 |
| Figura 2-1. Unió mitjançant regletes de connexió | 8 |
| Figura 2-2. Unió mitjançant borns o terminals | 9 |
| Figura 2-3. Esquema d'alimentació mitjançant un sistema TT | 10 |
| Figura 2-4. Esquema de la instal·lació d'enllaç | 10 |
| Figura 2-5. Representació esquemàtica d'un circuit de posta a terra | 25 |
| Figura 2-6. Representació de la posició del Sol i els diferents angles que la defineixen | 47 |
| Figura 2-7. Corbes de la radiació solar mitjana diària captada per una superfície fixa amb diferents inclinacions, segons les dades recollides en l'estació meteorològica de Lleida-Raimat | 50 |
| 0. Índex general | 10 |

Figura 2-8. Corbes de la radiació mitjana diària obtinguda per càlcul teòric per una superfície mòbil amb seguiment diari i amb diferents graus d'inclinació a Vilanova la Barca 57

Figura 2-9. Gràfic comparatiu de la radiació solar mitjana obtinguda amb les diferents alternatives estudiades a Vilanova la Barca 61

4. PLEC DE CONDICIONS 1

Figura 4-1. Distància de les parts actives de la instal·lació respecte les persones .. 43

6. PRESSUPOST 1

Figura 6-1. Evolució dels beneficis en la instal·lació solar fotovoltaica 15



1. MEMÒRIA

ÍNDEX MEMÒRIA

| | |
|---|-----------|
| 1.1. Full d'identificació | 3 |
| 1.2. Introducció | 4 |
| 1.3. Objecte i abast del projecte | 7 |
| 1.4. Antecedents | 8 |
| 1.5. Normes i referències | 10 |
| 1.5.1. Disposicions legals i normes aplicades | 10 |
| 1.5.2. Bibliografia | 12 |
| 1.6. Requisits del disseny per a cada instal·lació | 14 |
| 1.7. Anàlisi de solucions | 15 |
| 1.8. Sistemes de captació solar | 15 |
| 1.8.1. Introducció | 15 |
| 1.8.2. Captació fixa | 16 |
| 1.8.3. Captació mòbil amb seguiment automàtic | 17 |
| 1.8.4. Elecció i justificació de la solució escollida | 18 |
| 1.9. Resultats finals de la instal·lació elèctrica | 18 |
| 1.9.1. Descripció de les línies | 18 |
| 1.10. Resultats finals de la instal·lació solar fotovoltaica | 26 |
| 1.10.1. Descripció de les línies | 26 |
| 1.10.2. Components de la instal·lació | 28 |
| 1.11. Planificació | 32 |
| 1.12. Conclusions | 36 |

1.1. Full d'identificació

- **Títol del projecte:** Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial.
- **Situació geogràfica de la nau industrial:** Al costat de la carretera que uneix Vilanova la Barca amb Tèrmens.
- **Autor del projecte:** Francesc Garrido Mir, l4768656@alumnes.eup.udl.es
- **Directora del projecte:** Dr. Lluïsa F. Cabeza, lcabeza@diei.udl.es

Lleida, a 12 de març del 2007

Signatura:

Francesc Garrido Mir

1.2. Introducció

L'aprofitament per l'home de les fonts d'energia renovables (solar, eòlica, hidràulica, etc.) és molt antic, des de molts segles abans de la nostra era ja s'utilitzaven i el seu ús va continuar durant tota la història fins l'arribada de la "Revolució Industrial", en la qual, degut al baix cost del petroli, van ser abandonades.

Al llarg de les darreres dècades, la preocupació pel medi ambient a la nostra societat ha anat creixent de forma continuada. L'espectacular desenvolupament econòmic, industrial i social del segle XX ha comportat nous problemes per la humanitat, com ara la contaminació, la degradació del medi ambient, l'esgotament dels recursos, amb el conseqüent increment dels seus costos d'adquisició, i el canvi climàtic. Una de les prioritats dels organismes internacionals en el camp de l'energia és la reducció de les emissions de CO₂. Aquest gas és el principal responsable de l'efecte hivernacle, que pot produir un escalfament global de la Terra. Donat que els combustibles fòssils són els principals responsables del gran increment de les emissions de CO₂, experimentat a les darreres dècades, la reducció de les emissions passa per la disminució del consum d'aquestes formes d'energia.

Segons l'Agència Internacional de l'Energia, els països de l'OCDE són els responsables de més de la meitat de les emissions de CO₂ a escala mundial. La Comissió Europea va preparar una comunicació sobre el canvi climàtic que es va celebrar l'any 1997 a Kyoto, en què s'estimava que l'increment de les emissions de CO₂ a la Unió Europea per al període 1990-2010 podia arribar al 8% si se seguia la tendència actual de consum. Per tant, les mesures més urgents per reduir aquestes emissions haurien de ser implantades per aquests països més desenvolupats. Aquestes mesures són la millora de l'eficiència energètica i a la substitució dels combustibles fòssils per altres fonts d'energia, preferentment per fonts renovables.

A més a més de l'impacte positiu sobre el medi ambient, la utilització d'energies renovables, comporta, des del punt de vista de la Unió Europea, altres beneficis:

- La utilització de fonts renovables d'energia redueix la dependència energètica exterior i augmenta la seguretat del subministrament. Ja que els recursos propis de combustibles fòssils de la majoria de països industrialitzats són molt limitats.
- El desenvolupament d'un sector d'activitat potent al voltant de les energies renovables pot contribuir a la creació d'ocupació.
- L'ús dels recursos energètics locals incideix favorablement sobre el desenvolupament regional, per la qual cosa l'ús de les energies renovables es converteix en un aspecte important de la cohesió regional dins de la Unió Europea.

- El desenvolupament econòmic de tercers països comportarà l'increment de la seva demanda d'energia. Si aquest increment es cobreix, total o parcialment, amb energies renovables, s'obre una bona oportunitat de negoci per a les empreses europees del sector.

L'aprofitament de les energies renovables presenta un seguit d'inconvenients que, fins ara, n'han limitat una utilització més estesa. El principal és de tipus econòmic ja que aquestes tecnologies requereixen inversions relativament importants, amb temps de retorn considerables, si bé en un càlcul rigorós hauria d'incorporar els costos ambientals, la qual cosa no és usual de fer. D'altra banda, el Llibre Verd de la Comissió Europea "Energia per al futur: Fonts d'energies renovables" esmenta altres punts febles que també cal tenir presents:

- La resistència general al canvi.
- Problemes tècnics en la connexió a xarxes centralitzades.
- Dificultats provocades per les variacions estacionals en el cas de les energies eòlica i solar.

Per això, la pràctica totalitat dels governs dels països industrialitzats han adoptat mesures de promoció de les energies renovables. El seu objectiu és millorar la rendibilitat de les inversions mitjançant subvencions directes, préstecs, exempció d'impostos o assegurant la compra, a preus atractius, de l'electricitat d'origen renovable venuda a la xarxa. El desenvolupament i l'aplicació de les energies renovables tenen el suport de l'opinió pública, com a conseqüència de la conscienciació del públic sobre les qüestions ambientals, i això ha contribuït a la incorporació de polítiques de suport en els programes de govern.

Aquest no ha estat l'únic factor, ja que els tractats internacionals exigeixen un suport a llarg termini d'aquestes fonts d'energia. Per als estats membres de la Unió Europea tenen l'objectiu d'arribar a cobrir un 12% de la demanda energètica europea amb recursos renovables abans del 2010. En el Llibre Verd s'estima que seran necessàries unes inversions de 165.000 milions d'euros en el període 1997-2010 per assolir aquest compromisos.

En la Taula 1-1. es mostra la demanda actual d'energies renovables a la Unió Europea i la prevista per a l'any 2010.

| Típus d'energia | estat actual | previsió 2010 |
|--|--------------|---------------|
| Eòlica (GW) | 2,5 | 40 |
| Gran hidràulica (GW) | 82,5 | 91 |
| Minihidràulica (GW) | 9,5 | 14 |
| Fotovoltaica (GWp) | 0,03 | 3 |
| Biomassa (milions de tep) | 45 | 135 |
| Geotèrmica per generació elèctrica (GW) | 0,5 | 1 |
| Aprofitament directe del calor geotèrmic (GWh) | 1,3 | 5 |
| Solar tèrmica (milions de m ²) | 6,5 | 100 |
| Elements solars passius (milions de tep) | - | 1 |

Taula 1-1. Demanda actual d'energies renovables a la Unió Europea i prevista l'any 2010.

Durant l'any 2001 la generació elèctrica a partir de fonts d'energia renovables va suposar un 22,3% de la generació bruta nacional. Aquest percentatge ha d'augmentar, segons la proposta de la Directiva de la Comissió Europea, fins el 29,4% de la producció elèctrica de l'Estat a l'any 2010. En la Figura 1-1 es pot observar la distribució de la potència elèctrica fotovoltaica a Espanya, per Comunitats Autònomes l'any 1999 i 2000.

Durant el 2001 s'han instal·lat a Espanya 2596 kWp en plaques solars fotovoltaïques. Aquest increment confirma la tendència a l'augment en la instal·lació d'aquest tipus de sistema de producció energètica renovable. Les previsions per l'any 2010, situen la potència instal·lada a Espanya, en 143,7 MWp.

El gran problema amb el que es trobem és que la demanda d'energia al món augmenta contínuament, però la distribució del consum energètic per sectors ha canviat considerablement en els darrers anys.

Com a conseqüència de la crisi energètica dels primers anys 70, la indústria va adoptar tecnologies més eficients. Els altres sectors (el transport i els edificis) no han assolit encara el mateix grau de millora en l'aprofitament energètic. Al sector del transport, tot i que ara els vehicles consumeixen menys, l'augment del nombre de vehicles i de la seva mobilitat han fet créixer les estadístiques globals. Anàlogament, el grau de confort que s'exigeix actualment als edificis és molt superior al de fa uns anys, cosa que provoca un increment del consum d'energia als edificis.

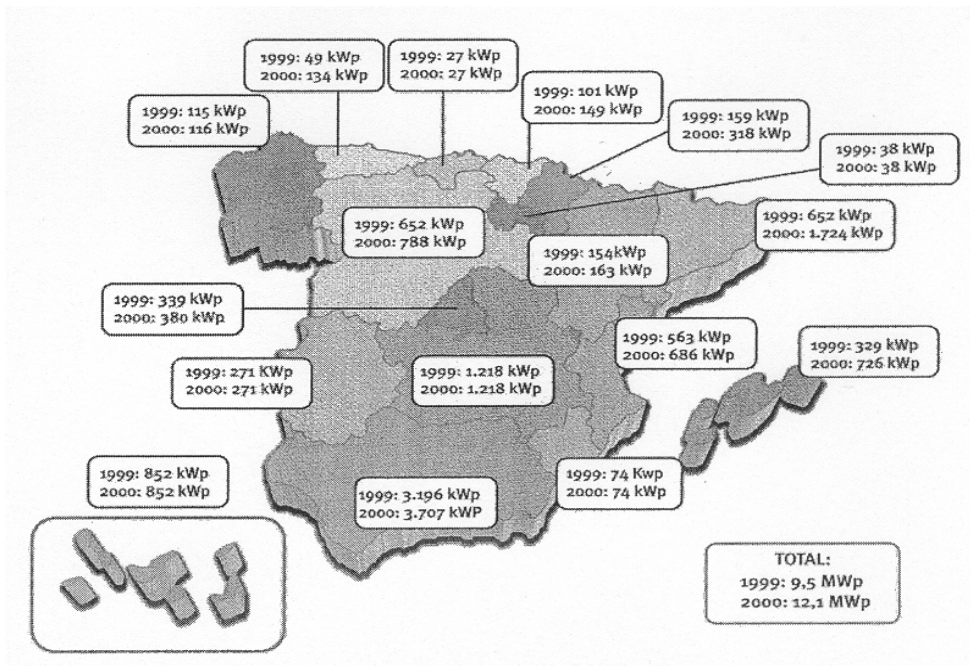


Figura 1-1. Distribució potència elèctrica fotovoltaica durant els anys 1999 i 2000 (Font: Butlletí IDAE, abril 2001).

L'aplicació d'energies renovables als edificis representa un pas més endavant, ja que els edificis no només estalvien energia sinó que, fins i tot, en produeixen (en forma de calor i electricitat) sense contaminar el medi ambient i a partir de fonts inesgotables.

La tradicional contradicció entre el confort (que representa una gran demanda energètica) i el respecte al medi ambient ha desaparegut gràcies a les noves tecnologies que utilitzen els recursos renovables i que permeten, construir una nova generació d'edificis sostenibles. Les energies renovables són inesgotables, netes i es poden utilitzar de forma autogestionada (ja que es poden aprofitar en el mateix lloc en el que es produeixen).

1.3. Objecte i abast del projecte

Aquest projecte té l'objectiu de dissenyar la xarxa elèctrica d'una nau industrial d'una empresa del sector de la construcció i dissenyar una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió de la companyia elèctrica que subministra a la nau industrial.

Actualment, la nau ja té una xarxa elèctrica instal·lada de quan es va construir, i està subministrada elèctricament per una companyia elèctrica. Però el motiu de demanda d'aquest projecte és que la xarxa elèctrica actual s'ha quedat obsoleta degut a la instal·lació de noves màquines amb una potència considerable i que fa que la xarxa elèctrica instal·lada no doni abast al funcionament d'algunes màquines alhora. Això produeix un retràs alhora de finalitzar les tasques en un cert període i per aquesta raó es dissenya una nova xarxa elèctrica amb totes les màquines que actualment es troben a la nau, per abastir la demanda elèctrica per a que independent de les màquines que funcionin alhora, els treballadors puguin treballar al mateix moment.

En els últims anys ha augmentat la preocupació pel medi ambient. Les empreses han de respectar el medi ambient sense contaminar-lo mitjançant l'aplicació de les energies renovables. De totes les energies renovables, en aquest projecte s'ha escollit un sistema solar fotovoltaic connectat a la xarxa elèctrica de baixa tensió, perquè l'energia solar fotovoltaica és una energia purament neta i la principal font és inesgotable. A part, les instal·lacions solars fotovoltaïques que estan connectades a la xarxa elèctrica de baixa tensió tenen una bona rentabilitat perquè el seu funcionament consisteix en transformar l'energia solar en energia elèctrica, que posteriorment serà venuda a la companyia elèctrica.

El present projecte serà aplicable als components, equips, característiques i condicions de servei de la instal·lació solar fotovoltaica des dels equips de captació solar fins el punt de connexió a la xarxa de baixa tensió.

Per a la instal·lació de la nova xarxa elèctrica s'ha aprofitat tot l'enllumenat, els endolls i els interruptors existents en la nau, i el càlcul i la instal·lació s'han realitzat traient tota la xarxa elèctrica vella existent per instal·lar una nova xarxa elèctrica, dissenyada i calculada amb la distribució de les noves i velles màquines i amb la distribució de l'enllumenat, endolls i interruptors existents.

Aquest projecte no inclou l'obra civil necessària per la instal·lació de la nova xarxa elèctrica ni tampoc de la instal·lació solar fotovoltaica. Qualsevol consideració fora dels límits establerts no és objectiu d'aquest projecte.

1.4. Antecedents

El promotor del projecte, responsable de la nau industrial situada al cantó de la carretera que uneix Vilanova la Barca i Tèrmens, pretén renovar la xarxa elèctrica actualment instal·lada per una de nova que pugui suportar més potència, degut a que la xarxa actual es va instal·lar quan es va construir la nau i des de llavors s'han instal·lat a la nau noves màquines amb una potència considerable i la xarxa actual s'ha quedat obsoleta.

Les empreses cada vegada més han de respectar el medi ambient i evitar contaminar-lo amb instal·lacions d'energies renovables. Conjuntament amb el promotor del projecte s'ha decidit i escollit que de tots els tipus d'energies renovables en aquest projecte es dissenyarà una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica de baixa tensió.

- **Descripció de la nau industrial**

Situada al costat de la carretera que uneix Vilanova la Barca amb Tèrmens. És propietat d'una empresa del sector de la construcció, la funció principal a la que està destinada aquesta nau és per a la reparació de maquinària d'obra pública i de la construcció i també per a la reparació de material de la construcció (puntals, casetes d'obra, etc.). Actualment hi ha treballant 8 treballadors.

A continuació, es realitza una descripció de les zones principals en que es divideix la nau industrial (veure el plànol número 3):

- **Despatx 1:** és el despatx on treballa la secretària en el qual hi ha la fotocopiadora i el seu ordinador de treball amb una impressora/ fax /fotocopiadora. Per climatitzar el despatx durant l'horari de treball durant l'any hi ha instal·lada una bomba de calor. Aquest despatx té una superfície total de 42,20 m².
- **Despatx 2:** és el despatx on treballa el jefe del taller en el qual hi ha el seu ordinador de treball. Per climatitzar el despatx durant l'horari de treball a l'estiu hi ha instal·lat un aparell d'aire condicionat, i durant el hivern s'aprofita l'aire calent que surt de la bomba de calor instal·lada al despatx 1. Aquest despatx té una superfície total de 17,94 m².
- **Oficina:** és la zona on s'atenen les visites i on es fan les reunions de l'empresa. L'oficina es climatitza durant l'horari de treball mitjançant una bomba de calor. La superfície total de l'oficina és de 47,80 m².
- **Taller 1:** és la zona de la nau on estan situades algunes màquines de treball com el torn, el taladre fixe, la serra esmoladora i la llimadora. La superfície total del taller 1 és de 147,68 m².
- **Taller 2:** és la zona de la nau on estan situades la resta de les màquines de treball com els 2 cargols d'ajust, la soldadora mòbil, el generador d'aire calent, el pont grua i l'extractor. El taller 2 és la part de la nau més gran, ja que és el lloc on es realitza la funció principal de reparació de la maquinària de construcció de l'empresa. La superfície total del taller 2 és de 375,24 m².

- **Recanvis 1:** és la zona de la nau on estan situades i classificades les diferents peces de recanvis per a realitzar el més aviat possible la reparació de la maquinària. La superfície total dels recanvis 1 és de 86,04 m².
- **Recanvis 2 :** és la zona de la nau on estan situades i classificades la resta de les diferents peces de recanvis per a la reparació de la maquinària. La superfície total dels recanvis 2 és de 71,91 m².
- **Electricitat:** és la zona de la nau on es reparen les diferents peces/materials elèctrics de les diferents màquines. La superfície total del taller d'electricitat és de 48,68 m².
- **Pintura:** és la zona de la nau on es pinten les peces de les màquines que estan xafades com poden ser portes de les màquines, les diferents xapes que componen les màquines, etc., les peces d'algunes màquines que són de dimensions molts grans i les peces que estan soldades a la pròpia estructura de la màquina es pinten a l'exterior de la nau o al cobert, per exemple les diferents parts d'una grua, els xasis dels dumper o de qualsevol altra màquina, etc. La superfície total del taller de pintura és de 23,55 m².
- **Mecànica:** és la zona de la nau on es reparen les diferents peces avariades de les diferents màquines de l'empresa. La superfície total del taller de mecànica és de 73,35 m².
- **Cobert:** és la zona de la nau on es reparen i es pinten el tipus de peces avariades de les diferents màquines de l'empresa, que tenen l'inconvenient que són de grans dimensions i no es poden reparar o pintar al interior de la nau, i també s'utilitza en el cas que en el taller 2 no hi hagi espai suficient per treballar amb màquines grans alhora. Però l'activitat principal a la qual està destinat és per netejar i soldar peces de les màquines que hagin sofert algun tipus de cop durant el seu funcionament i finalment pintar-les per posteriorment torna-les a muntar a la màquina. La superfície total del cobert és de 202,43 m².

1.5. Normes i referències

1.5.1. Disposicions legals i normes aplicades

- **Llei 40/1994, de 30 de desembre**, d'Ordenació del Sistema Elèctric Nacional. (BOE 31-12-94).
- **Llei 54/1997, de 27 de novembre**, del Sector Elèctric. (BOE 28-11-97).

- **Llei 66/1997 de 30 de desembre**, sobre producció d'energia elèctrica obtinguda per fonts d'energia renovables residus i cogeneració.
- **NBE AE-88 i NTE ECV-88** “Accions en l'edificació i Normes tecnològiques de l'edificació”.
- **Norma UNE 157001:2002.-** “Criteris generals per l'elaboració de projectes” i les corresponents normes de consulta interiors.
- **Ordre de 28 de febrer de 2003**, per la qual s'aproven les bases reguladores per a la inclusió d'actuacions en matèria d'estalvi, eficiència energètica i aprofitament dels recursos energètics renovables en el Pla d'eficiència energètica i el Pla d'energies renovables del Pla d'energia a Catalunya a l'horitzó 2010 i s'obre la convocatòria per a l'any 2003.
- **Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT)** i les seves corresponents instruccions tècniques complementàries (ITC).
- **Reial Decret 2.313/1985, de 8 de novembre**, pel qual s'estableix la subjecció a especificacions tècniques de les cèl·lules i mòduls fotovoltaics. (BOE 13-12-85).
- **Reial Decret Legislatiu 1.302/1986 del 28 de juny**, sobre avaluació de l'impacte ambiental. (BOE 30-6-86).
- **Reial Decret del 30 de setembre de 1988**. Reglament per l'execució del Reial Decret Legislatiu 1.302/1986, de 28 de juny, d'avaluació de l'impacte ambiental.
- **Reial Decret 2366/1994, de 9 de desembre**, sobre producció d'energia elèctrica per instal·lacions hidràuliques, de cogeneració i altres, proveïts per subministres o fonts d'energia renovables.
- **Reial Decret 2224/1998, de 16 de octubre**, pel que s'estableix el certificat de professionalitat de l'ocupació d'instal·lador de sistemes fotovoltaics i eòlics de petita potència. (BOE 10-11-98).
- **Reial Decret 2818/1998, de 23 de desembre**, sobre producció d'energia elèctrica per instal·lacions abastades per recursos o fonts d'energia renovables, residus i cogeneració. (BOE 30-12-98).
- **Reial Decret 1663/2000, de 29 de setembre**, sobre connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió.

- **Reial Decret 436/2004, de 12 de març**, s'estableix la metodologia per l'actualització de la sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de la producció d'energia elèctrica en règim especial.
- **Resolució de 26 de febrer de 1988, de la Direcció General d'Innovació i Tecnologia**, pel qual s'autoritza a l'Associació Espanyola de Normalització i Certificació (AENOR) per assumir les funcions de normalització en l'àmbit de l'Energia Solar. (BOE 29-3-88).

1.5.2. Bibliografia

Publicacions escrites:

- **ALONSO ABELLA, M.** Sistemas fotovoltaicos: Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica. Era Solar. Ed. SAPT, 2001.
- **CABEZA, LLUÏSA F.** Producció i transformació de l'energia tèrmica. Fred i calor industrial. 1a Edició. Universitat de Lleida. Quaderns EUP-núm.29.Ed Paperkite. Lleida, 2000.
- **GARCÍA TRASANCOS, J.** Instalaciones eléctricas en media y baja tensión. Ed. Paraninfo, Madrid, 1999.
- **GENERALITAT DE CATALUNYA.** Atlas de radiació solar a Catalunya. Estudis monogràfics N°7. Biblioteca de Catalunya. Edició 2000.
- **IDAE.** Manuales de energías renovables N°6. Energía solar fotovoltaica. Colección Cinco Días. MICYT. Madrid, 1992.
- **IEM.** Instituto de Estudios Medioambientales. Energía solar fotovoltaica.
- **MARTÍN, F.** Manual de instalaciones elèctricas. Ed. Madrid Vicente, Madrid, 1998.
- **MITJÀ SARVISÉ, A.** Curs de formació d'energia solar fotovoltaica. 1ª Edició. Biblioteca de Catalunya. ICAEN, 2002.
- **ORTEGA RODRÍGUEZ, M.** Energías renovables. Ed. Paraninfo, 2000.

- **TORRES GONZÁLEZ, J.** Choques eléctricos en baja tensión. Riesgos y protecciones. AENOR, Madrid, 1999.
- **VARIOS.** Avances en energía solar. Progensa. Era solar, 1998.
- **VARIOS.** Instalaciones de energía solar. 5ª Edición. PROGENSA, 2001.

Pàgines web:

www.aetalbasolar.com

www.atersa.com

www.bpsolar.com

www.climacity.com

www.darocasolar.com

www.energuia.com

www.ffi solar.com

www.icaen.net

www.idae.es

www.inelsacontrols.com

www.isofoton.es

www.jhroerden.com

www.portalsolar.com

www.schneiderelectric.es

www.ses-energia.com

www.shell.com

www.simon.es

www.solarweb.net

www.solener.com

www.soliclimal.com

www.technosun.com

www.xantrex.com

1.6. Requisits del disseny per a cada instal·lació

La nova xarxa elèctrica i la instal·lació solar fotovoltaica han de ser dimensionades per tal de que puguin complir els següents requeriments:

- El dimensionat de la nova xarxa elèctrica s'ha realitzat a partir del consum de les noves i velles màquines instal·lades i també del consum de l'enllumenat i dels endolls. En el càlcul del dimensionat de la xarxa, s'ha de tenir en compte que es pugui abastar la demanda de consum elèctric en qualsevol moment, que en el pitjor cas seria quan totes les línies (maquinària, enllumenat i endolls) estiguessin al seu màxim consum. S'ha elaborat la Taula 1-2 que mostra de forma resumida la potència instal·lada en les diferents zones de la nau industrial.

| Ubicació | Potència (W) |
|--------------|--------------|
| Despatx 1 | 11871 |
| Despatx 2 | 5794 |
| Oficina | 10432 |
| Taller 1 | 12736 |
| Taller 2 | 32092 |
| Recanvis 1 | 600 |
| Recanvis 2 | 180 |
| Electricitat | 4216 |
| Pintura | 36 |
| Mecànica | 4108 |
| Cobert | 8000 |
| TOTAL | 90065 |

Taula 1-2. Taula-resum de la potència instal·lada en la nau industrial.

- El dimensionat i el càlcul de la instal·lació solar fotovoltaica s'ha realitzat tenint en compte que la potència màxima de la instal·lació serà de 5,2 kW i que aquesta instal·lació estarà connectada a la xarxa elèctrica de baixa tensió.

1.7. Anàlisis de solucions

Les alternatives o solucions que s'han plantejat alhora de realitzar el projecte són les següents:

Per a la xarxa elèctrica: com que la xarxa elèctrica actual s'ha quedat obsoleta, s'ha dissenyat una nova xarxa elèctrica en la qual s'ha mantingut la situació de la instal·lació dels endolls, dels interruptors, de l'enllumenat i de les màquines velles i noves de la xarxa elèctrica actual.

Per a la instal·lació solar fotovoltaica: les instal·lacions solars fotovoltaiques es divideixen en sistemes aïllats i sistemes connectats a la xarxa elèctrica de baixa tensió. La instal·lació solar fotovoltaica que s'ha realitzat en aquest projecte ha sigut connectada a la xarxa elèctrica de baixa tensió perquè aquestes instal·lacions tenen un menor cost d'inversió (no s'han d'instal·lar bateries ni reguladors) i un menor cost de manteniment. La potència que s'ha escollit per a realitzar la instal·lació serà de 5 kW de potència nominal perquè els costos d'una instal·lació monofàsica seran molt inferiors comparats amb una instal·lació trifàsica. Per la instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió s'han plantejat dues solucions segons el sistema de captació solar:

- Solució A: instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica de baixa tensió amb un sistema de captació solar fixa amb els panells inclinats 30° respecte l'horitzontal.
- Solució B: instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica de baixa tensió amb un sistema de captació solar mitjançant seguidors solars de doble eix.

1.8. Sistemes de captació solar

1.8.1. Introducció

Sempre que es disposa d'un sistema basat en l'energia solar s'ha de prestar una gran atenció a la manera en que es realitza la captació. Aquest sistema ha de ser capaç de realitzar una captació amb el màxim rendiment possible, el que

s'aconsegueix intentant optimitzar-la al màxim, pel que serà necessari un bon coneixement de les característiques de la zona geogràfica on s'ha d'ubicar la instal·lació. Aquest coneixement permetrà la realització d'un estudi de la captació solar que es podrà dur a terme, atenent als factors astronòmics, meteorològics i geogràfics que influeixen en el procés de captació.

La captació d'energia solar es realitza mitjançant el camp de mòduls fotovoltaics. Aquesta captació depèn de forma directa de:

- Superfície total de captació
- Localització geogràfica
- Orientació i inclinació dels mòduls fotovoltaics
- Tipus de sistema de captació (fixa o mòbil)

D'aquestes diferents variants, la localització geogràfica ve imposada per la situació de la nau industrial, i la superfície total de captació depèn directament del sistema de captació escollit, així com l'orientació i la inclinació dels panells. Aquesta situació demostra la importància que té aquesta elecció.

1.8.2. Captació fixa

Aquest sistema consisteix en col·locar els mòduls fotovoltaics en una estructura, normalment metàl·lica, que els manté fixes i inclinats certs graus respecte l'horitzontal.

És el sistema més utilitzat, ja que és el més fàcil, simple i econòmic d'instal·lar. Com a contrapartida té l'inconvenient que no aprofita tota la radiació solar possible ja que no segueix el moviment relatiu del Sol respecte la superfície destinada a la captació solar.

La màxima producció elèctrica per part dels panells es produeix quan els raigs solars incideixen perpendicularment sobre la superfície de captació. Per tant, en un sistema de captació amb inclinació i orientació fixes, no sempre es mantindrà aquesta perpendicularitat desitjada, solament hi haurà una posició òptima del Sol per la qual s'obtindrà una captació solar màxima. Per aquest motiu quan s'instal·la un camp de captació solar fotovoltaic en una zona geogràfica concreta, s'ha de buscar la inclinació i la orientació azimuthal (Sud per una zona de l'hemisferi Nord) que permeti l'obtenció d'un valor mitjà d'energia el més alt possible intentant compensar els períodes de baixa captació energètica, que varien diàriament i estacional, amb els períodes en els que s'obté una màxima captació.

De les estacions meteorològiques d'Aragó i Catalunya, que recullen dades de radiació solar sobre una superfície inclinada, la més propera al municipi de Vilanova la Barca és l'estació meteorològica de Raimat, de latitud $41,62^\circ$ (Fonts: Instituto Nacional de Meteorología, 2002, i Atlas de radiació solar de Catalunya, 2000).

S'ha de tenir en compte que per la zona de Vilanova la Barca, una inclinació elevada respecte al pla horitzontal del captador fotovoltaic afavoreix la captació durant l'hivern mentre que una orientació azimutal Sud (0°) permet obtenir una major mitjana anual d'energia sola captada (Font: Atlas de radiació solar de Catalunya, 2000).

Tal i com es veu en l'apartat 2.2.1.2, s'estableix que el màxim de radiació solar captada mitjançant una superfície de captació fixa es donarà amb una inclinació de 30° respecte al pla horitzontal i una orientació azimutal Sud (0°). Amb aquests valors d'inclinació i azimut fixes durant tot l'any, s'obté una captació de $5967,80 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{any}$, equivalents a $1611,31 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{any}$ (resultats extrets de la Taula 2-26).

1.8.3. Captació mòbil amb seguiment automàtic

Durant els últims anys, el desenvolupament de la tecnologia ha permès la utilització de sistemes capaços de realitzar un seguiment continu del desplaçament solar. Aquests elements consisteixen en suports articulats, amb la capacitat de sostenir una sèrie de mòduls fotovoltaics, controlats electrònicament. Amb aquest sistema s'aconsegueix localitzar la posició del Sol i orientar els panells de manera que els raigs solars incideixen de forma perpendicular a ells, aconseguint així la màxima eficiència en captació de radiació solar.

Aquests sistemes, anomenats "gira-sol", es divideixen en seguidors d'un sol eix o de dos eixos segons siguin capaços d'orientar-se durant el dia (azimutalment) o també modificar la inclinació respecte al terra (estacionalment). El major inconvenient d'aquests seguidors és el seu elevat cost econòmic d'instal·lació, però el seu major aprofitament de l'energia solar en favor d'una major producció elèctrica pot aconsellar la seva instal·lació degut a que es podria amortitzar la instal·lació en menor temps que en el cas de disposar d'un camp de panells fixes.

La captació mòbil per seguiment s'ha calculat en l'apartat 2.2.1.3 amb els següents resultats. Per la captació mòbil en un eix que realitza un seguiment diari s'aconsegueix la màxima captació de la radiació solar amb una inclinació dels panells de 40° respecte l'horitzontal amb valors anuals de $6462,59 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{any}$ o $1744,90 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{any}$ (Taula 2-29). Si es realitza un seguiment en un sol eix estacional s'obté una radiació mitjana anual de $6200,53 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{any}$ o $1674,14$

kWh/m²·any (Taula 2-30). En el cas de captació solar mitjançant seguidors de doble eix (diari i estacional), s'obtenen uns valors de radiació mitjana anual de 6821,85 MJ/m²·any o 1841,90 kWh/m²·any (Taula 2-31).

En la Taula 2-32 es pot observar com amb seguidors de doble eix es capta la màxima energia per unitat de superfície i per mes de l'any. Comparant-la amb la radiació captada amb un seguiment en un sol eix diari amb 40° d'inclinació, l'augment és d'un 5,56%. D'altra banda, l'increment d'energia solar captada amb seguiment de doble eix respecte un sistema de captació fixa amb una inclinació de 30° és d'un 14,31%.

1.8.4. Elecció i justificació de la solució escollida

Atenent als càlculs de captació solar realitzats per elaboració pròpia, en els corresponents apartats d'aquest projecte, s'ha estimat una major quantitat d'energia captada per el cas de col·locar seguidors solars de doble eix que és de 1841,90 kWh/m²·any, i per la captació de seguiment amb un sol eix estacional és de 1674,14 kWh/m²·any, i per la captació de seguiment amb un sol eix diari amb 40° d'inclinació és de 1744,90 kWh/m²·any i per una captació completament fixa a 30° d'inclinació és de 1611,31 kWh/m²·any.

Un cop estudiades les possibles solucions per la instal·lació, es decideix realitzar la instal·lació solar fotovoltaica amb la solució B. Aquesta com ja s'ha comentat en l'apartat 1.7, proposa realitzar una captació solar amb seguidors solars automàtics de doble eix.

1.9. Resultats finals de la instal·lació elèctrica

1.9.1. Descripció de les línies

En aquest apartat es descriuen les diferents línies elèctriques de la instal·lació elèctrica de la nau industrial. Per tal de nomenar les línies s'ha seguit la nomenclatura utilitzada en el plànol 5. Els càlculs necessaris pel dimensionat de la instal·lació i la justificació de les proteccions escollides es poden observar en els apartats 2.1.7 i 2.1.8.

La identificació dels conductors de la instal·lació és la següent: els conductors de fase s'identificaran pels colors marró, negre o gris, el conductor

neutre s'identificarà pel color blau clar, i el conductor de protecció se l'identificarà pel doble color groc verd.

Els elements de protecció de les línies (interruptors automàtics, interruptors diferencials, ...) que es comenten en els següents apartats, s'han muntat de manera que en un quadre de distribució situat a l'interior de la nau industrial en la zona anomenada taller 1, s'han instal·lat el dispositiu general de protecció (interruptor general automàtic) de la Línia 11 i els dispositius individuals de protecció (interruptors automàtics e interruptors diferencials) de la resta de les línies que formen la instal·lació. També es disposa d'una caixa de protecció i mesura situada a l'exterior de la nau industrial, on s'han instal·lat el comptador i el fusible de la Línia 11.

Línia 1:

La Línia 1 és una línia elèctrica de tipus monofàsica en la qual hi han connectats tots els aparells elèctrics del despatx 1, despatx 2 i de l'oficina. Aquesta línia s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 25 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La Línia 1 estarà constituïda per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 10 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 1 serà de 25,18 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 5%.

Els elements de protecció de la Línia 1 que s'instal·laran dintre del quadre de distribució son un interruptor automàtic bipolar i un interruptor diferencial bipolar. L'interruptor automàtic bipolar tindrà una intensitat nominal de 80 A i poder de tall de 10000 A, i l'interruptor diferencial bipolar tindrà una intensitat nominal ≤ 125 A i sensibilitat de 30 mA.

Línia 2:

La Línia 2 és una línia elèctrica de tipus trifàsica en la qual hi han connectades algunes de les màquines del taller 1 i del taller 2. Aquesta línia s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 20 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La Línia 2 estarà constituïda per quatre cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 2,5 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 2 serà de 79,91 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 5%.

Els elements de protecció de la Línia 2 que s'instal·laran dintre del quadre de distribució son un interruptor automàtic tetrapolar i un interruptor diferencial tetrapolar. L'interruptor automàtic tetrapolar tindrà una intensitat nominal de 25 A i poder de tall de 6000 A, i l'interruptor diferencial tetrapolar tindrà una intensitat nominal ≤ 25 A i sensibilitat de 30 mA.

Línia 3:

La Línia 3 és una línia elèctrica de tipus monofàsica la qual està formada per un conjunt d'endolls distribuïts pel despatx 1, despatx 2 i a l'oficina, destinats per a la connexió de diferents aparells elèctrics (ordinador portàtil, carregadors dels diferents aparells amb bateries, etc.). Aquesta línia s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 32 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La Línia 3 estarà constituïda per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 16 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 3 serà de 32,06 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 5%.

L'element de protecció de la Línia 3 que s'instal·larà dintre del quadre de distribució és un interruptor automàtic bipolar que tindrà una intensitat nominal de 100 A i poder de tall de 10000 A.

Línia 4:

La Línia 4 és una línia elèctrica de tipus trifàsica en la qual hi ha connectat el torn que es troba en el taller 1. El motiu de destinar una línia solament pel torn es la d'evitar sobrecarregar altres línies degut a que el torn és una de les màquines que té una potència elevada i alhora evitar augmentar la secció de la línia a la que estigués connectat el torn, d'aquesta manera la secció de la línia és més petita i és redueix el cost de la nova xarxa elèctrica. Aquesta línia s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 16 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes

protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La Línia 4 estarà constituïda per quatre cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 1,5 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 4 serà de 5,51 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 5%.

Els elements de protecció de la Línia 4 que s'instal·laran dintre del quadre de distribució son un interruptor automàtic tetrapolar i un interruptor diferencial tetrapolar. L'interruptor automàtic tetrapolar tindrà una intensitat nominal de 20 A i poder de tall de 6000 A, i l'interruptor diferencial tetrapolar tindrà una intensitat nominal ≤ 25 A i sensibilitat de 30 mA.

Línia 5:

La Línia 5 és una línia elèctrica de tipus trifàsica en la qual hi ha connectat el pont grua que es troba en el taller 2. El motiu de destinar una línia solament per el pont grua es la mateixa explicació que s'ha redactat en la Línia 4. Aquesta línia s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 20 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La Línia 5 estarà constituïda per quatre cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 4 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 5 serà de 31,31 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 5%.

Els elements de protecció de la Línia 5 que s'instal·laran dintre del quadre de distribució son un interruptor automàtic tetrapolar i un interruptor diferencial tetrapolar. L'interruptor automàtic tetrapolar tindrà una intensitat nominal de 32 A i poder de tall de 6000 A, i l'interruptor diferencial tetrapolar tindrà una intensitat nominal ≤ 40 A i sensibilitat de 30 mA.

Línia 6:

La Línia 6 és una línia elèctrica de tipus monofàsica en la qual hi han connectades les pantalles fluorescents de l'oficina, del taller 1 i algunes del taller 2. Aquesta línia s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 20 mm. Els tubs es fixaran a les parets

mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La Línia 6 estarà constituïda per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 4 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 6 serà de 60,52 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 3%.

L'element de protecció de la Línia 6 que s'instal·larà dintre del quadre de distribució és un interruptor automàtic bipolar que tindrà una intensitat nominal de 16 A i poder de tall de 6000 A.

Línia 7:

La Línia 7 és una línia elèctrica de tipus monofàsica en la qual hi han connectades les pantalles fluorescents, les làmpares d'incandescència i les V.M.C.A de la resta de zones de la nau industrial en les quals no hi arriba la Línia 6. Aquesta línia s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 32 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La Línia 7 estarà constituïda per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 16 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 7 serà de 135,90 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 3%.

L'element de protecció de la Línia 7 que s'instal·larà dintre del quadre de distribució és un interruptor automàtic bipolar que tindrà una intensitat nominal de 20 A i poder de tall de 6000 A.

Línia 8:

La Línia 8 és una línia elèctrica de tipus monofàsica la qual està formada per un conjunt d'endolls distribuïts pel cobert, destinats per a la connexió de diferents màquines portàtils (mòbils). Aquesta línia s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 20 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La Línia 8 estarà constituïda per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 6 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 8 serà de 23,83 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 5%.

L'element de protecció de la Línia 8 que s'instal·larà dintre del quadre de distribució és un interruptor automàtic bipolar que tindrà una intensitat nominal de 50 A i poder de tall de 6000 A.

Línia 9:

La Línia 9 és una línia elèctrica de tipus monofàsica la qual està formada per un conjunt d'endolls distribuïts pel taller 2, destinats per a la connexió de diferents màquines portàtils (mòbils). Aquesta línia s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 20 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La Línia 9 estarà constituïda per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 6 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 9 serà de 43,86 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 5%.

L'element de protecció de la Línia 9 que s'instal·larà dintre del quadre de distribució és un interruptor automàtic bipolar que tindrà una intensitat nominal de 50 A i poder de tall de 6000 A.

Línia 10:

La Línia 10 és una línia elèctrica de tipus monofàsica la qual està formada per un conjunt d'endolls distribuïts pel taller 2, departament de mecànica i departament d'electricitat, destinats per a la connexió de diferents màquines portàtils (mòbils). Aquesta línia s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 25 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La Línia 10 estarà constituïda per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 10 mm² amb una tensió nominal

d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 10 serà de 52,15 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 5%.

L'element de protecció de la Línia 10 que s'instal·larà dintre del quadre de distribució és un interruptor automàtic bipolar que tindrà una intensitat nominal de 80 A i poder de tall de 10000 A.

Línia 11:

La Línia 11 és la línia elèctrica general de la nova xarxa elèctrica, de tipus trifàsica la qual uneix les Línies 1, 2, 4, 5, 12, 13 i 14 amb la línia que subministra electricitat per part de la companyia elèctrica. Aquesta línia s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 63 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La Línia 11 estarà constituïda per quatre cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció dels conductors de fase i del neutre serà de 70 mm² i de 35 mm² pel conductor de terra, i una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 11 serà de 12,50 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 1%.

Els elements de protecció de la Línia 11 que s'instal·laran dintre del quadre de distribució és un interruptor general automàtic tetrapolar, i dintre de la caixa de protecció i mesura (CPM) és un fusible tetrapolar. L'interruptor general automàtic tetrapolar tindrà una intensitat nominal de 250 A i poder de tall de 36000 A, i el fusible tetrapolar tindrà una intensitat nominal de 250 A i una tensió assignada de 500 V.

Línia 12:

La Línia 12 és una línia elèctrica de tipus monofàsica la qual uneix les Línies 3 i 8 amb la Línia 11. Aquesta línia no s'instal·larà dintre de tubs protectors, perquè en el quadre de distribució en el qual es va a allotjar ja queda suficientment protegida amb el propi aïllament dels conductors.

La Línia 12 estarà constituïda per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció del conductor de fase i del neutre serà de 35 mm² i de 16 mm² pel conductor de terra, i una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 12 serà de 0,10 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 1%.

L'element de protecció de la Línia 12 que s'instal·larà dintre del quadre de distribució és un interruptor diferencial bipolar que tindrà una intensitat nominal ≤ 125 A i sensibilitat de 30 mA.

Línia 13:

La Línia 13 és una línia elèctrica de tipus monofàsica la qual uneix les Línies 9 i 10 amb la Línia 11. Aquesta línia no s'instal·larà dintre de tubs protectors, perquè en el quadre de distribució en el qual es va a allotjar ja queda suficientment protegida amb el propi aïllament dels conductors.

La Línia 13 estarà constituïda per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció del conductor de fase i del neutre serà de 25 mm² i de 16 mm² pel conductor de terra, i una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 13 serà de 0,10 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 1%.

L'element de protecció de la Línia 13 que s'instal·larà dintre del quadre de distribució és un interruptor diferencial bipolar que tindrà una intensitat nominal ≤ 125 A i sensibilitat de 30 mA.

Línia 14:

La Línia 14 és una línia elèctrica de tipus monofàsica la qual uneix les Línies 6 i 7 amb la Línia 11. Aquesta línia no s'instal·larà dintre de tubs protectors, perquè en el quadre de distribució en el qual es va a allotjar ja queda suficientment protegida amb el propi aïllament dels conductors.

La Línia 14 estarà constituïda per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 4 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la Línia 14 serà de 0,10 metres i la caiguda de tensió produïda en aquesta línia serà inferior al 1%.

L'element de protecció de la Línia 14 que s'instal·larà dintre del quadre de distribució és un interruptor diferencial bipolar que tindrà una intensitat nominal de 40 A i sensibilitat de 30 mA.

1.10. Resultats finals de la instal·lació solar fotovoltaica

1.10.1. Descripció de les línies

En aquest apartat es descriuen les diferents línies elèctriques de la instal·lació solar fotovoltaica. Per tal de nomenar les línies s'ha seguit la nomenclatura utilitzada en el plànol 6. Els càlculs necessaris pel dimensionat de la instal·lació i la justificació de les proteccions escollides es poden observar en els apartats 2.2.3 i 2.2.4.

La identificació dels conductors de la instal·lació és la següent: el conductor de fase s'identificarà pel color marró o negre, el conductor neutre s'identificarà pel color blau clar, i el conductor de protecció se l'identificarà pel doble color groc i verd.

Els elements de protecció i control de les línies (interruptors automàtics, interruptor diferencial, interruptors manuals, ...) que es comenten en els següents apartats, s'han muntat de manera que en un quadre de distribució situat a l'exterior en una cantonada de la nau industrial, s'han instal·lat els seccionadors i els fusibles de les línies fotovoltaïques, i els interruptors automàtics de les línies derivades. En un altre quadre de distribució situat a l'exterior de la nau industrial, al costat de la caixa de protecció i mesura (CPM) de la instal·lació elèctrica de la nau industrial, s'han instal·lat els fusibles, els comptadors, l'interruptor automàtic de control de potència (ICP-M), l'interruptor diferencial i l'interruptor d'interconnexió de la línia repartidora.

Línies fotovoltaïques (LF1 i LF2):

Les dos línies fotovoltaïques, en les que circula corrent continu, uneixen les entrades de corrent continua dels inversors amb cadascun dels grups de mòduls fotovoltaïcs. En aquestes línies no s'inclouen els trams de les interconnexions entre mòduls fotovoltaïcs, ja que aquests ja duen el cablejat per realitzar la interconnexió entre ells.

Aquestes línies fotovoltaïques discorren per l'exterior de la nau on s'han instal·lat els seguidors solars. Les línies s'instal·laran dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions enterrades i de mètrica (diàmetre exterior) de 50 mm.

Les línies fotovoltaïques estaran constituïdes per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 6 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de cadascuna de les línies fotovoltaïques serà de 60 metres des del grup de mòduls de cada seguidor

fins al quadre de distribució situat a l'exterior en una cantonada de la nau industrial. La caiguda de tensió produïda en cada línia fotovoltaica serà inferior al 1%.

Entre el grup de mòduls fotovoltaics de cada línia i els seus corresponents inversors s'instal·laran dintre del quadre de distribució, uns fusibles i un seccionador bipolar per a cada línia fotovoltaica. Els fusibles tindran una intensitat nominal de 10 A i una tensió assignada de 500 V, i el seccionador bipolar tindrà una intensitat nominal de 20 A i una tensió de 415 V.

Línies derivades (LD1 i LD2):

Les dos línies derivades, en les que circula corrent altern monofàsic, enllaçaran el punt de derivació amb la sortida de corrent alterna de cada inversor.

Aquestes línies derivades s'instal·laran dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 20 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

Les línies derivades estaran constituïdes per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció de tots els conductors serà de 4 mm² amb una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de cadascuna de les línies derivades serà de 5 metres des del punt de connexió amb la línia repartidora (punt de derivació) fins a la sortida de corrent alterna de cada inversor. La caiguda de tensió produïda en cada línia derivada serà inferior al 1%.

Entre els inversors de cada línia i el punt de derivació s'instal·laran dintre del quadre de distribució, un interruptor automàtic bipolar per a cada línia derivada amb una intensitat nominal de 16 A i poder de tall de 6000 A.

Línia repartidora (LR):

La línia repartidora, en la que circula corrent altern monofàsic, enllaçarà el punt de connexió a la xarxa de baixa tensió amb el punt de derivació.

Aquesta línia repartidora s'instal·larà dintre de tubs protectors de PVC en canalitzacions fixes en superfície, que estaran grapejats sobre les parets de la nau industrial i tindran una mètrica (diàmetre exterior) de 32 mm. Els tubs es fixaran a les parets mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

La línia repartidora estarà constituïda per dos cables unipolars més el corresponent a la línia de terra. Els conductors seran del tipus 0,6/1 kV de coure aïllat amb XLPE. La secció del conductor de fase i del neutre serà de 25 mm² i de 16 mm² pel conductor de terra, i una tensió nominal d'aïllament de 1000 V. La longitud dels conductors de la línia repartidora serà de 50 metres des del punt de connexió a la xarxa de baixa tensió fins al punt de derivació. La caiguda de tensió produïda en la línia repartidora serà inferior al 1%.

Entre el punt de derivació i el punt de connexió a la xarxa de baixa tensió s'instal·laran dintre d'un altre quadre de distribució, uns fusibles, uns comptadors, un interruptor automàtic de control de potència bipolar (ICP-M), un interruptor diferencial bipolar i un interruptor d'interconnexió. Els fusibles tindran una intensitat nominal de 35 A i una tensió assignada de 500 V, l'interruptor automàtic de control de potència bipolar (ICP-M) tindrà una intensitat nominal de 30 A i poder de tall de 6000 A, l'interruptor diferencial bipolar tindrà una intensitat nominal de 40 A i sensibilitat de 30 mA i un interruptor d'interconnexió de control de tensió i de fases.

1.10.2. Components de la instal·lació

Descripció dels mòduls fotovoltaics

S'han escollit els mòduls fotovoltaics Solarworld SW-220 com l'alternativa més adequada tenint en compte la millor relació qualitat-preu que ofereixen. Aquests han estat comparats amb altres mòduls de la mateixa marca i amb models de les marques Isofotón, Bp i Conergy.

La captació solar fotovoltaica es realitza mitjançant 24 panells Solarworld SW-220, de característiques especificades en la Taula 1-3, extretes del catàleg del fabricant situat en l'apartat 2.2.6. La potència total instal·lada en el camp de captació solar és de 5200 Wp.

La producció energètica de la instal·lació solar fotovoltaica es divideix amb dos línies fotovoltaïques independents, que permeten en cas d'avaría en una d'elles, seguir produint energia elèctrica sense necessitat de parar tota la instal·lació. Cada línia disposarà de 12 mòduls Solarworld SW-220 connectats en sèrie entre si amb una potència individual de 220 Wp. La superfície de captació total serà de 40,08 m². Cada línia fotovoltaica generarà una tensió màxima de 357,6 V en corrent continu. La intensitat màxima de generació de cada línia serà de 7,4 A. La potència pic subministrada per cada grup de 12 mòduls serà de 2640 Wp. D'aquesta manera s'estableix una potència elèctrica màxima fotovoltaica en corrent continu de 5200 W en condicions ideals de radiació solar corresponent a 1000 W/m² i una temperatura de 25 °C en els mòduls fotovoltaics (segons dades del fabricant).

El conjunt dels 2 subcamps de panells fotovoltaics agrupats amb dos línies, subministrarà l'electricitat amb corrent continu a dos inversors DC/AC connectats en sèrie amb les línies fotovoltaïques i amb paral·lel entre ells, entregant tota la potència a una única línia repartidora, la qual es connectarà a una sola fase de la xarxa de baixa tensió.

El sobredimensionat de potència de captació del camp fotovoltaic es realitzarà en previsió de que les condicions ideals de captació no es donen en realitat, amb el que el rendiment de captació solar i conversió elèctrica sempre serà inferior a la màxima teòrica. Destacar que un mòdul fotovoltaic en condicions reals pot treballar 30 °C per sobre de la temperatura ambient, amb lo que el rendiment de conversió elèctrica disminueix notablement, aproximadament es perd un 0,5% de potència per cada grau de temperatura per damunt dels 25 °C (Font: Instituto de Estudios Medioambientales).

| Mòduls fotovoltaics Solarworld SW-220 | | |
|--|----------------|--------------|
| Característiques | Unitats | Dades |
| Potència màxima ($P_{m\grave{a}x}$) | W | 220 |
| Tensió nominal (V_n) | V | 24 |
| Corrent de curtcircuit (I_{sc}) | A | 8 |
| Tensió de circuit obert (V_{oc}) | V | 36,6 |
| Corrent de màxima potència ($I_{m\grave{a}x}$) | A | 7,4 |
| Tensió de màxima potència ($V_{m\grave{a}x}$) | V | 29,8 |
| Alçada | mm | 1675 |
| Amplada | mm | 1001 |
| Gruix | mm | 34 |
| Pes | kg | 22 |
| Cèl·lules per mòdul | - | 60 |
| TONC | °C | 46 |

Taula 1-3. Taula de les característiques dels mòduls fotovoltaics Solarworld SW-220.

Descripció dels seguidors solars de doble eix

Els panells fotovoltaics es col·loquen sobre 2 seguidors solars automàtics de doble eix del tipus mecànic de la marca ERG i model Eclíptica, les característiques del qual es poden observar en la Taula 1-4. En cada seguidor s'hi col·locaran 12 mòduls fotovoltaics i de cada seguidor sortirà una línia fotovoltaica.

A l'hora d'instal·lar els seguidors s'ha de procurar que no existeixin objectes al seu voltant que puguin produir ombres i que la base tingui una bona fixació amb el terra. Per tal d'evitar les ombres s'han d'evitar obstacles més alts

que els seguidors (5 metres) en direcció Sud a una distància menor a 10 metres. En les direccions Est, Oest, Sud-Est i Sud-oest, la distància mínima serà de 20 metres.

Els seguidors solars estaran situats a la dreta de la nau industrial a una distància de la paret de 60 metres, i alineats un al costat de l'altre, separats entre ells una distància de 20 metres, per evitar que es facin ombra entre ells. Els panells s'han d'instal·lar en els seguidors amb una separació de 4 o 5 cm entre panells, el que permet que el vent passi pels espais i no ofereixi tanta resistència.

| Sistema seguiment ERC Eclíptica | | |
|---|----------------|--------------|
| Característiques | Unitats | Dades |
| Tensió d'alimentació (corrent continu) | V | 24±25% |
| Intensitat (condicions normals/forts vents) | A | 0,6/4 |
| Consum diari | W | 20 |
| Nombre motors | - | 2 |
| Nombre mòduls suportats | - | 12 |

Taula 1-4. Taula de les característiques del sistema de seguiment solar ERG Eclíptica.

Descripció dels inversors

La corrent continua generada per els mòduls fotovoltaics s'ha de transformar en corrent alterna a 50 Hz i 230 V per a poder ser injectada a la xarxa general de distribució. De realitzar aquesta funció s'encarreguen els inversors DC/AC especials per a instal·lacions de connexió a la xarxa de baixa tensió. Aquests components són els més importants de tota la instal·lació degut a que s'encarreguen d'injectar la corrent a la xarxa de distribució en unes condicions determinades i molt estrictes per evitar possibles alteracions o mal funcionament en la xarxa de subministrament elèctric.

Actualment existeixen en el mercat tres tipus d'inversors de corrent atenent la forma i característiques de l'ona produïda:

- Inversor d'ona quadrada: aquests inversors són els més barats del mercat, a més són els menys eficients i la seva potència no acostuma a sobrepassar els 500 W. Aquests inversors no són aptes per a instal·lacions de connexió de xarxa.
- Inversor d'ona senoidal modificada: són més sofisticats que els anteriors però no proporcionen la qualitat d'ona exigida en la connexió de xarxa, amb el que no és aconsellable el seu ús en aquest tipus d'instal·lacions.

- Inversor d'ona senoidal pura: aquest és l'inversor més sofisticat i car que hi ha actualment. Estan controlats per un microprocessador que proporciona una gran qualitat d'ona amb mínimes distorsions i grans rendiments de fins al 96% que els fa adequats per a injectar corrent a la xarxa general de distribució elèctrica.

S'instal·laran 2 inversors monofàsics en paral·lel entre ells i en sèrie amb els seus respectius camps. Per aquesta instal·lació solar fotovoltaica s'han seleccionat els inversors de les marques i models següents: Fronius IG 30, Ingecon Sun 2.5, Xantrex GT 3.0E i Sunnyboy SB2800.

Finalment s'ha escollit per a la instal·lació l'inversor Fronius IG 30 com l'alternativa més adequada. Tenint en compte que tots els models elegits son d'ona senoidal pura, tenen un voltatge i una potència nominal de sortida igual i les eficiències màximes son similars, s'ha elegit el model amb el criteri del més econòmic. Les característiques de l'inversor escollit es poden observar en la Taula 1-5.

Els inversors tindran que complir tota la normativa vigent i tindran que estar homologats. Aquests tipus d'inversors permeten un rang de tensions d'entrada en continua, entre 150 i 400 V, amb lo que s'adapta perfectament a les característiques del camp fotovoltaic definit anteriorment. Treballar amb tensions elevades permet disminuir les intensitats i així minimitzar les pèrdues de potència en les línies. La potència màxima total de subministrament en corrent alterna dels dos inversors, serà de 5200 W, corresponent a una potència nominal d'injecció a la xarxa de 5000 W, segons dades del fabricant. Aquests inversors, a de més injecten corrent a gran qualitat complint les condicions exigides per qualsevol companyia elèctrica.

S'han dissenyat dos línies derivades amb els seus corresponents inversors deguts a tres motius fonamentals:

- Dos línies permeten seguir produint encara que hi hagués una avaria en una d'elles.
- La potència i característiques elèctriques dels inversors escollits s'adapten perfectament a les característiques de producció en aquest sistema de dos línies.
- Col·locar més línies de producció implica un major nombre d'inversors de menor potència però de major cost econòmic en conjunt.

| Inversor Fronius IG 30 | | |
|--------------------------------------|----------------|---------------|
| Característiques | Unitats | Dades |
| Forma de l'ona | - | Senoidal pura |
| Voltatge nominal de sortida (AC) | V | 230 |
| Freqüència nominal de sortida | Hz | 50 |
| Voltatge màxim d'entrada (DC) | V | 500 |
| Rangs de tensions d'entrada | V | 150 - 400 |
| Potència nominal | W | 2500 |
| Distorsió harmònica mitjana | % | <3,5 |
| Rang temperatura de treball | °C | -20...50 |
| Rendiment màxim | % | 94,5 |
| Consum mínim en stand-by | W | 0,03 |
| Humitat relativa (sense condensació) | % | 0...100 |
| Amplada | mm | 366 |
| Alçada | mm | 338 |
| Profunditat | mm | 220 |
| Pes | Kg | 9 |

Taula 1-5. Taula de les característiques dels inversors Fronius IG 30.

1.11. Planificació

En aquest apartat es realitza una aproximació dels temps necessaris per la instal·lació i muntatge de la instal·lació elèctrica de la nau industrial i de la instal·lació solar fotovoltaica, tot i no ser objecte d'aquest projecte la implantació de cap de les dos instal·lacions.

Es realitza un diagrama de Gant de les diferents tasques a desenvolupar per l'execució de cadascuna de les instal·lacions amb el temps assignat per a cada tasca (Taula 1-6 i 1-7). Les tasques, ordenades cronològicament, per a cada instal·lació son les següents:

Instal·lació elèctrica de la nau industrial:

- Instal·lació i connexió de la Línia 1. Temps assignat: 1 dia.
- Instal·lació i connexió de la Línia 2. Temps assignat: 1 dia.
- Instal·lació i connexió de la Línia 3. Temps assignat: 1 dia.
- Instal·lació i connexió de les Línies 4 i 5. Temps assignat: 1 dia.
- Instal·lació i connexió de la Línia 6. Temps assignat: 1 dia.
- Instal·lació i connexió de la Línia 7. Temps assignat: 2 dies.

- Instal·lació i connexió de les Línies 8, 9 i 10. Temps assignat: 2 dies.
- Instal·lació i connexió de les Línies 11, 12,13 i 14. Temps assignat: 1 dia.
- Instal·lació i connexió dels elements de protecció en el quadre de distribució. Temps assignat: 1 dia.
- Instal·lació i connexió a la presa de terra. Temps assignat: 1 dia.
- Posta en marxa i verificació de la instal·lació. Temps assignat: 1 dia.

Instal·lació solar fotovoltaica:

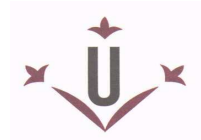
- Instal·lació dels seguidors solars. Temps assignat: 2 dies.
- Instal·lació i connexió dels mòduls fotovoltaics. Temps assignat: 3 dies.
- Instal·lació i connexió de les línies fotovoltaiques (LF1 i LF2). Temps assignat: 2 dies.
- Instal·lació i connexió dels inversors. Temps assignat: 1 dia.
- Instal·lació i connexió de les línies derivades (LD1 i LD2) i de la línia repartidora (LR). Temps assignat: 1 dia.
- Instal·lació i connexió dels elements de protecció, control i mesura per a cadascun dels quadres de distribució. Temps assignat: 1 dia.
- Connexió a la presa de terra. Temps assignat: 1 dia.
- Posta en marxa i verificació de la instal·lació. Temps assignat: 1 dia.



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



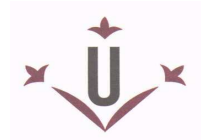
Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida

1.12. Conclusions

En el present projecte s'ha realitzat el disseny d'una nova instal·lació elèctrica en una nau industrial i el disseny d'una instal·lació solar fotovoltaica de 5 kW de potència nominal, connectada a la xarxa elèctrica de baixa tensió.

Actualment, la nau industrial ja disposa d'una xarxa elèctrica però s'ha quedat obsoleta amb la instal·lació de noves màquines, i s'ha tingut que redissenyar la instal·lació elèctrica, que s'ha dividit en 14 línies elèctriques.

Per a la instal·lació de la nova xarxa elèctrica s'ha aprofitat tot l'enllumenat, els endolls i els interruptors existents en la nau, i el càlcul i la instal·lació s'han realitzat traient tota la xarxa elèctrica vella existent per instal·lar una nova xarxa elèctrica, dissenyada i calculada amb la distribució de les noves i velles màquines i amb la distribució de l'enllumenat, endolls i interruptors existents.

Per realitzar la captació fotovoltaica s'ha escollit un grup de 24 mòduls Solarworld SW-220, pel seu bon rendiment, qualitat i relació producció elèctrica-preu. Els mòduls fotovoltaics s'instal·len sobre dos seguidors solars automàtics de doble eix, ERG Eclíptica, que permeten una major captació energètica, enfront dels altres sistemes de captació solar. Per transformar el corrent continu de la instal·lació solar al corrent altern apte per a poder injectar l'electricitat produïda a la xarxa de baixa tensió, s'instal·len dos inversors Fronius IG 30.

En aquest projecte s'han realitzat els càlculs de les línies elèctriques i de les proteccions dels diferents quadres de distribució corresponents a les dues instal·lacions que s'han dissenyat.

La inversió total per realitzar les dues instal·lacions és de 66042,64 €. Si s'inclou la possible subvenció de 3,7 €/W instal·lat de la instal·lació solar fotovoltaica, la inversió a realitzar passa a ser de 46506,64 €. Segons l'estudi econòmic, en el que s'ha comparat el període de retorn de la instal·lació solar fotovoltaica amb i sense subvenció, la inversió s'amortitza dins el període de 25 anys de vida útil que tindrà la instal·lació solar fotovoltaica.



2. ANNEXES

ÍNDEX ANNEXES

| | |
|--|-----------|
| 2.1. Annex nº1: Instal·lació elèctrica de baixa tensió | 4 |
| 2.1.1. Introducció | 4 |
| 2.1.2. Previsió de potència actual instal·lada | 4 |
| 2.1.3. Comptador | 7 |
| 2.1.4. Característiques de la instal·lació elèctrica actual | 7 |
| 2.1.5. Sistema de distribució | 9 |
| 2.1.6. Característiques dels conductors | 11 |
| 2.1.7. Càlcul de les línies elèctriques de la instal·lació elèctrica | 12 |
| 2.1.7.1. Característiques de les línies elèctriques | 12 |
| 2.1.7.2. Càlcul de les intensitats de les línies elèctriques | 16 |
| 2.1.7.3. Càlcul de les seccions dels conductors | 17 |
| – Dimensionat dels conductors segons intensitat nominal | 17 |
| – Dimensionat dels conductors segons caiguda de tensió .. | 18 |
| 2.1.8. Càlcul de les proteccions del sistema elèctric | 21 |
| 2.1.8.1. Interruptor general automàtic | 22 |
| 2.1.8.2. Interruptors diferencials | 23 |
| 2.1.8.3. Interruptors automàtics | 23 |
| 2.1.8.4. Fusibles | 23 |
| 2.1.8.5. Instal·lació de posta a terra | 24 |
| – Presa de terra | 25 |
| – Conductors de protecció | 26 |
| 2.1.8.6. Proteccions a instal·lar en cada línia de la instal·lació | 27 |
| 2.1.9. Tubs protectors | 29 |
| 2.1.10. Informació comercial i tècnica | 32 |
| 2.2. Annex nº2: Instal·lació solar fotovoltaica | 45 |
| 2.2.1. Càlculs de la captació solar | 45 |
| 2.2.1.1. Introducció | 45 |
| 2.2.1.2. Captació fixa | 47 |
| 2.2.1.3. Captació mòbil per seguiment | 51 |
| 2.2.1.3.1. Seguiment en un sol eix (seguiment diari) | 54 |
| 2.2.1.3.2. Seguiment en un sol eix (seguiment estacional) | 57 |
| 2.2.1.3.3. Seguiment en dos eixos (seguiment doble) | 58 |
| 2.2.1.4. Comparativa de resultats obtinguts | 59 |
| 2.2.2. Instal·lació solar fotovoltaica | 61 |
| 2.2.2.1. Introducció | 61 |
| 2.2.2.2. Mòduls fotovoltaics | 62 |
| 2.2.2.3. Inversors | 65 |
| 2.2.2.4. Estimació econòmica de la instal·lació solar | 66 |
| 2.2.2.5. Càlcul de la potència generada amb corrent continu | 66 |
| 2.2.2.6. Càlcul de la superfície de captació solar | 67 |

| | |
|---|----|
| 2.2.2.7. Càlcul de la producció elèctrica anual | 68 |
| 2.2.3. Càlcul de les línies elèctriques de la instal·lació solar fotovoltaica ... | 69 |
| 2.2.3.1. Càlcul de la potència de subministrament | 69 |
| 2.2.3.2. Característiques de les línies elèctriques | 69 |
| 2.2.3.3. Càlcul de les intensitats de les línies elèctriques | 71 |
| 2.2.3.4. Càlcul de les seccions dels conductors | 72 |
| – Dimensionat dels conductors segons intensitat nominal | 72 |
| – Dimensionat dels conductors segons caiguda de tensió .. | 73 |
| 2.2.4. Càlcul de les proteccions del sistema elèctric | 76 |
| 2.2.4.1. Interruptor automàtic de control de potència (ICP-M) | 77 |
| 2.2.4.2. Interruptor diferencial | 77 |
| 2.2.4.3. Relés de control | 77 |
| 2.2.4.4. Interruptors automàtics | 78 |
| 2.2.4.5. Interruptors manuals | 78 |
| 2.2.4.6. Fusibles | 78 |
| 2.2.4.7. Instal·lació de posta a terra | 79 |
| – Conductors de protecció | 79 |
| 2.2.4.8. Proteccions a instal·lar en cada línia de la instal·lació | 80 |
| 2.2.5. Tubs protectors | 81 |
| 2.2.6. Informació comercial i tècnica | 84 |

2.1. Annex nº1: Instal·lació elèctrica de baixa tensió

2.1.1. Introducció

L'objectiu del present annex és el de servir de base per l'execució de les obres d'instal·lació elèctrica en baixa tensió de les diferents zones de la nau industrial. Tant en la redacció del projecte com en la posterior realització de l'obra, es tindrà en compte les prescripcions contingudes en el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió aprovat el 2 d'agost del 2002 en el Real Decret 842/2002, ja que la tensió d'alimentació prevista en corrent alterna no supera els 1000 volts.

2.1.2. Previsió de potència actual instal·lada

La potència actual instal·lada a cada zona de la nau industrial (veure el plànol 3), es mostra detalladament de la Taula 2-1 a la Taula 2-11. En totes les zones de la nau industrial la tensió d'alimentació serà monofàsica a 230 V; a excepció del taller 1 i del taller 2, on la tensió d'alimentació de les màquines serà trifàsica a 400 V.

Les potències de cada un dels endolls s'estableixen escollint un valor mitjà orientatiu segons les previsions de consum dels equips que es puguin endollar. D'altra banda, és important veure que les llums de descàrrega, tal com s'indica en la ITC-BT-44, tenen un factor multiplicador de 1,8 per a la potència. Aquest factor afectarà al càlcul de seccions però no al de la potència a contractar, doncs comptabilitza el fet puntual que, en l'encèn, les llums de descàrrega requereixen una elevada intensitat per a poder crear l'arc elèctric que les encén.

| Despatx 1 | | | |
|------------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Element de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
| Pantalla fluorescent doble | 5 | 72 | 360 |
| Pantalla fluorescent | 1 | 36 | 36 |
| Endoll | 4 | 1500 | 6000 |
| Bomba de calor | 1 | 4000 | 4000 |
| Ordinador (cpu+monitor) | 1 | 150 | 150 |
| Impressora/fax/fotocopiadora | 1 | 25 | 25 |
| Fotocopiadora | 1 | 1300 | 1300 |
| TOTAL | | | 11871 |

Taula 2-1. Potència instal·lada en el despatx 1.

| Despatx 2 | | | |
|----------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Element de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
| Pantalla fluorescent doble | 2 | 72 | 144 |
| Endoll | 2 | 1500 | 3000 |
| Ordinador (cpu+monitor) | 1 | 150 | 150 |
| Aire condicionat | 1 | 2500 | 2500 |
| TOTAL | | | 5794 |

Taula 2-2. Potència instal·lada en el despatx 2.

| Oficina | | | |
|----------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Element de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
| Pantalla fluorescent doble | 6 | 72 | 432 |
| Endoll | 4 | 1500 | 6000 |
| Bomba de calor | 1 | 4000 | 4000 |
| TOTAL | | | 10432 |

Taula 2-3. Potència instal·lada en l'oficina.

| Taller 1 | | | |
|----------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Element de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
| Pantalla fluorescent doble | 6 | 72 | 432 |
| Torn | 1 | 7360 | 7360 |
| Taladre fix | 1 | 1472 | 1472 |
| Serra esmoladora | 1 | 1472 | 1472 |
| Llimadora | 1 | 2000 | 2000 |
| TOTAL | | | 12736 |

Taula 2-4. Potència instal·lada en el taller 1.

| Taller 2 | | | |
|----------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Element de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
| Pantalla fluorescent doble | 7 | 72 | 504 |
| V.M.C.A | 2 | 250 | 500 |
| Endoll | 6 | 2000 | 12000 |
| Soldadura mòbil | 1 | 4000 | 4000 |
| Generador d'aire calent | 1 | 1472 | 1472 |
| Pont grua | 1 | 12512 | 12512 |
| Extractor | 1 | 1104 | 1104 |
| TOTAL | | | 32092 |

Taula 2-5. Potència instal·lada en el taller 2.

| Recanvis 1 | | | |
|--------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Element de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
| Incandescència | 6 | 100 | 600 |
| TOTAL | | | 600 |

Taula 2-6. Potència instal·lada en els recanvis 1.

| Recanvis 2 | | | |
|----------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Element de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
| Pantalla fluorescent doble | 2 | 72 | 144 |
| Pantalla fluorescent | 1 | 36 | 36 |
| TOTAL | | | 180 |

Taula 2-7. Potència instal·lada en els recanvis 2.

| Electricitat | | | |
|----------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Element de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
| Pantalla fluorescent doble | 3 | 72 | 216 |
| Endoll | 2 | 2000 | 4000 |
| TOTAL | | | 4216 |

Taula 2-8. Potència instal·lada en el taller d'electricitat.

| Pintura | | | |
|--------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Element de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
| Pantalla fluorescent | 1 | 36 | 36 |
| TOTAL | | | 36 |

Taula 2-9. Potència instal·lada en el taller de pintura.

| Mecànica | | | |
|--------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Element de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
| Pantalla fluorescent | 3 | 36 | 108 |
| Endoll | 2 | 2000 | 4000 |
| TOTAL | | | 4108 |

Taula 2-10. Potència instal·lada en el taller de mecànica.

| Cobert | | | |
|--------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Element de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
| Endoll | 4 | 2000 | 8000 |
| TOTAL | | | 8000 |

Taula 2-11. Potència instal·lada en el cobert.

Sumant les potències totals de cada una de les zones, resulta que la previsió de potència total instal·lada en la nau industrial és de 90065 W. Llavors, en previsió a possibles ampliacions de la nova instal·lació elèctrica, la potència a contractar serà de 100 kW.

2.1.3. Comptador

El comptador que hi ha actualment instal·lat, es responsabilitat de l'empresa encarregada de la distribució elèctrica a la qual se li comunicarà que s'ha realitzat un projecte per augmentar la potència que hi ha actualment contractada, degut a la major demanda d'electricitat que s'ha ocasionat al instal·lar noves màquines que consumeixen més potència i que la potència que volem contractar en aquest moments és de 100 kW i la pròpia empresa elèctrica s'encarregarà del canvi del comptador i de la seva instal·lació.






2.1.4. Característiques de la instal·lació elèctrica actual

La primera de les característiques de la instal·lació és que la seva tensió d'utilització serà de corrent alterna monofàsica a 230 V en totes les seves parts, a excepció de l'alimentació de les màquines del taller 1 i del taller 2, en que la seva tensió d'utilització serà de corrent alterna trifàsica a 400 V.

Un altre aspecte a considerar és la tipologia dels conductors, els quals seran flexibles i de coure, amb tensió nominal de 1 kV (el mínim permès per la legislació vigent és 750 V). En quant a la seva secció, es detalla en l'apartat 2.7.3 d'aquest mateix annex. Els conductors de protecció, també seran de coure i amb el mateix nivell d'aïllament que els conductors actius. Per dintre dels tubs protectors s'instal·laran els diferents conductors (fase o fases, neutre i terra).

La identificació dels conductors es farà mitjançant un codi de colors seguint l'establert en el Reglament de Baixa Tensió. D'aquesta manera, si la corrent és monofàsica el conductor de protecció serà de color groc i verd, el de

fase de color negre o marró i el neutre de color blau; pel contrari, si la corrent és trifàsica el conductor de protecció i el neutre tindran el mateix color que l'indicat per a la tensió monofàsica i els de fase seran de color marró, negre i gris respectivament. De forma gràfica, la codificació cromàtica dels conductors està en la Taula 2-12.

| <i>conductor</i> | <i>coloración</i> | | |
|--|--|--|---|
| <i>neutro</i> <i>(o previsión de que un conductor de fase pase posteriormente a neutro)</i> | <i>azul</i>  | | |
| <i>protección</i> | <i>verde-amarillo</i>  | | |
| <i>fase</i> | <i>marrón</i>  | <i>negro</i>  | <i>gris</i>  |

Taula 2-12. Codificació cromàtica dels conductors.

La unió dels conductors es realitzarà dintre de les caixes de connexions (caixes destinades per a la unió dels conductors) i no a l'interior dels tubs. Per a realitzar la unió s'utilitzaran borns o regletes de connexió de la secció que correspongui amb la dels conductors a unir, segons es mostra en les Figures 2-1 i 2-2.

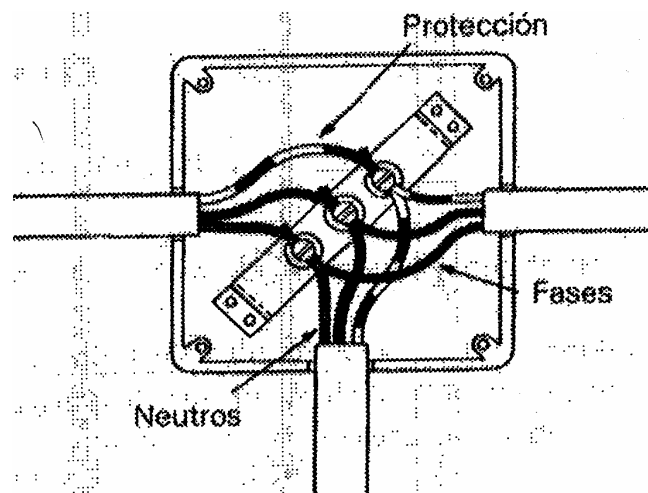


Figura 2-1. Unió mitjançant regletes de connexió.

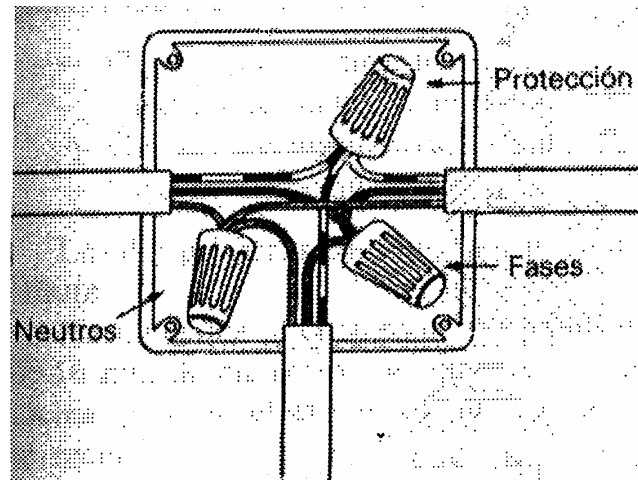


Figura 2-2. Unió mitjançant borns o terminals.

Finalment la realització de la instal·lació interior serà amb conductors aïllats sota el tub protector muntat superficialment. Amb aquesta solució s'aconsegueix tenir una instal·lació amb accés i manteniment senzill, així com facilitar les possibles ampliacions o modificacions. El dimensionament dels tubs protectors es realitzarà en l'apartat 2.1.9.

2.1.5. Sistema de distribució

La instal·lació interior tindrà un sistema de distribució del tipus TT, segons s'estableix en la ITC-BT-08. Les característiques d'aquest tipus de connexió es que tenen un punt d'alimentació, que generalment és el neutre o compensador, connectat directament a terra, i que les masses de la instal·lació receptora estan connectades a una toma de terra separada de la toma de terra d'alimentació, segons es mostra en la Figura 2-3.

En aquest esquema les intensitats de defecte fase-massa o fase-terra poden tenir valors inferiors als de curtcircuit, però poden ser suficients per provocar l'aparició de tensions perilloses. En general, el bucle de defecte inclou resistència de pas a terra en algunes parts del circuit de defecte, lo que no exclou la possibilitat de connexions elèctriques, voluntàries o no, entre la zona de la toma de terra de les masses de la instal·lació i la de l'alimentació.

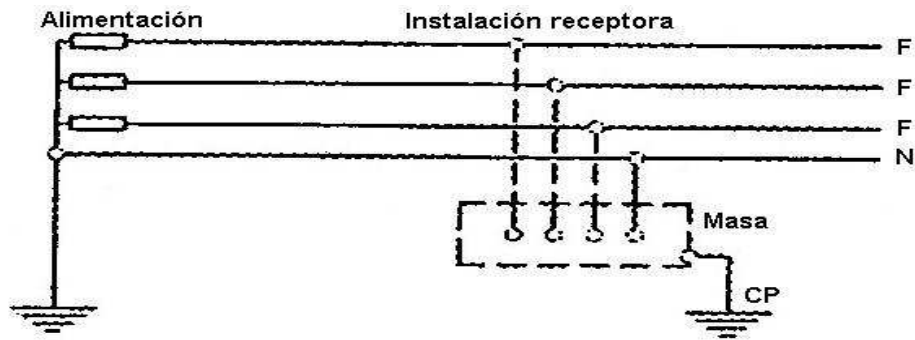


Figura 2-3. Esquema d'alimentació mitjançant un sistema TT.

L'esquema de la instal·lació d'enllaç entre la instal·lació interior i l'escomesa, es mostra en la Figura 2-4. Segons el segon punt de la ITC-BT-13, la caixa general de protecció que inclou el comptador i el fusible de seguretat, es denomina caixa de protecció i mesura (CPM).

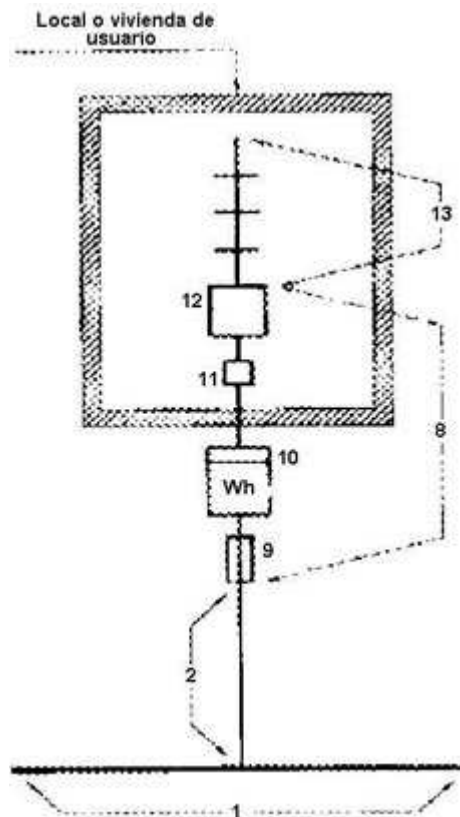


Figura 2-4. Esquema de la instal·lació d'enllaç.

On:

1. Ret de distribució
2. Escomesa
8. Derivació individual
9. Fusible de seguretat
10. Comptador
11. Caixa per interruptor de control de potència (si fos necessari).
12. Dispositius generals de control i protecció
13. Instal·lació interior

2.1.6. Característiques dels conductors

Per a l'elecció del tipus de conductors, s'han de tenir en compte els següents factors:

- Tipus d'aïllament
- Nivell d'aïllament o tensió nominal
- Intensitat a transportar
- Caiguda de tensió màxima
- Sistema d'instal·lació
- Condicions ambientals

L'aïllament dels conductors pot ser del tipus elastomèric o termoplàstic, quedant regulats per les UNE 21.027-9 els primers i per la UNE 21002 els segons. Els de tipus elastomèric pot ser d'etilè propilè i de propilè reticulat, que s'utilitza quan el nivell d'aïllament requerit és de 0,6/1 kV. Els de tipus termoplàstic queden limitats al policlorur de vinil, en les seves variants de no propagador d'incendis i de reduïda toxicitat, que s'utilitza quan la tensió nominal és de 450-750 V o inferior.

Alhora de realitzar la instal·lació, s'utilitzaran conductors que assegurin el bon funcionament de la xarxa elèctrica d'acord amb la intensitat prevista que pugui arribar a circular. Els conductors que s'utilitzaran són els indicats en la Taula 2-17 mostrada en l'apartat 2.1.7.3 (dimensionat dels conductors segons caiguda de tensió).

El model seleccionat és el Pirelli IrisTech, que té unes característiques que s'adapten a totes les parts de la instal·lació i a les seves aplicacions. Aquest conductor és de coure electrolític amb una flexibilitat de classe 5 segons UNE 21022 i té un aïllament fet amb barreja especial de polietilè reticulat de tipus DIX3 (XLPE), sent la seva tensió nominal de 0,6/1 kV. Les seccions dels conductors estan indicades en la taula citada anteriorment. El catàleg del model Pirelli IrisTech es mostra en l'apartat 2.1.10.

2.1.7. Càlcul de les línies elèctriques de la instal·lació elèctrica

2.1.7.1. Característiques de les línies elèctriques

La instal·lació elèctrica actual disposarà de 14 línies diferenciades en funció de les característiques elèctriques de cadascuna (veure el plànol 5 corresponent a l'esquema unifilar de la instal·lació elèctrica actual de la nau industrial). Aquestes línies consistiran en: una línia repartidora general (Línia 11) des de la caixa general de protecció fins al punt de derivació (quadre de distribució) del qual deriven 7 línies; 4 línies derivades (Línia 1, Línia 2, Línia 4 i Línia 5) d'unió entre el punt de derivació i les diferents màquines fixes que estan distribuïdes per les diferents zones de la nau industrial i 3 línies derivades de distribució (Línia 12, Línia 13 i Línia 14) d'unió entre el punt de derivació de la línia repartidora general amb un punt de derivació de dos línies d'endolls (Línia 3 i Línia 8), un altre punt de derivació de dos línies d'endolls (Línia 9 i Línia 10) i un últim punt de derivació de dos línies d'enllumenat de la nau industrial (Línia 6 i Línia 7). En la Taula 2-13 es mostren detalladament els elements de consum i les potències de cada línia.

| Línies | Elements de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
|----------------|------------------------------|---------|-----------------------|--------------------|
| Línia 1 | Ordinador | 2 | 150 | 300 |
| | Impressora/fax/fotocopiadora | 1 | 25 | 25 |
| | Bomba de calor | 2 | 4000 | 8000 |
| | Fotocopiadora | 1 | 1300 | 1300 |
| | Aire condicionat | 1 | 2500 | 2500 |
| | TOTAL | | | 12125 |
| Línia 2 | Taladre fix | 1 | 1472 | 1472 |
| | Serra esmoladora | 1 | 1472 | 1472 |
| | Llimadora | 1 | 2000 | 2000 |
| | Generadora d'aire calent | 1 | 1472 | 1472 |
| | Extractor | 1 | 1104 | 1104 |
| | Soldadora mòbil | 1 | 4000 | 4000 |
| TOTAL | | | 11520 | |
| Línia 3 | Endoll | 10 | 1500 | 15000 |
| TOTAL | | | 15000 | |
| Línia 4 | Torn | 1 | 7360 | 7360 |
| TOTAL | | | 7360 | |
| Línia 5 | Pont grua | 1 | 12512 | 12512 |
| TOTAL | | | 12512 | |
| Línia 6 | Pantalla fluorescent doble | 15 | 72 | 1944 |
| TOTAL | | | 1944 | |

| Línies | Elements de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
|-----------------|---------------------------------|---------|-----------------------|--------------------|
| Línia 7 | Pantalla fluorescent doble | 16 | 72 | 2073,6 |
| | Pantalla fluorescent | 6 | 36 | 388,8 |
| | Incandescència | 6 | 100 | 600 |
| | V.M.C.A. | 2 | 250 | 500 |
| | | | TOTAL | 3562,4 |
| Línia 8 | Endoll | 4 | 2000 | 8000 |
| | | | | TOTAL |
| Línia 9 | Endoll | 4 | 2000 | 8000 |
| | | | | TOTAL |
| Línia 10 | Endoll | 6 | 2000 | 12000 |
| | | | | TOTAL |
| Línia 11 | Línia general | --- | --- | 92023,4 |
| | | | | TOTAL |
| Línia 12 | Uneix línia 3 i 8 amb línia 11 | --- | --- | 23000 |
| | | | | TOTAL |
| Línia 13 | Uneix línia 9 i 10 amb línia 11 | --- | --- | 20000 |
| | | | | TOTAL |
| Línia 14 | Uneix línia 6 i 7 amb línia 11 | --- | --- | 5506,4 |
| | | | | TOTAL |

Taula 2-13. Potència de cada una de les línies elèctriques.

A continuació, es descriuen les característiques elèctriques per cada una de les línies que formen la instal·lació elèctrica actual de la nau industrial:

Línia repartidora general (Línia 11)

- Circuit trifàsic
- Potència : 92023,4 W
- Tensió: 400 V (AC)
- Longitud : 12,5 m
- Caiguda de tensió admissible: 1%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia derivada (Línia 1)

- Circuit monofàsic
- Potència : 12125 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud : 25,18 m
- Caiguda de tensió admissible: 5%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia derivada (Línia 2)

- Circuit trifàsic
- Potència : 11520 W
- Tensió: 400 V (AC)
- Longitud : 79,91 m
- Caiguda de tensió admissible: 5%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia derivada (Línia 4)

- Circuit trifàsic
- Potència : 7360 W
- Tensió: 400 V (AC)
- Longitud : 5,51 m
- Caiguda de tensió admissible: 5%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia derivada (Línia 5)

- Circuit trifàsic
- Potència : 12512 W
- Tensió: 400 V (AC)
- Longitud : 31,31 m
- Caiguda de tensió admissible: 5%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia derivada de distribució (Línia 12)

- Circuit monofàsic
- Potència : 23000 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud : 0,10 m
- Caiguda de tensió admissible: 1%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia derivada de distribució (Línia 13)

- Circuit monofàsic
- Potència : 20000 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud : 0,10 m
- Caiguda de tensió admissible: 1%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia derivada de distribució (Línia 14)

- Circuit monofàsic
- Potència : 5506,4 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud : 0,10 m
- Caiguda de tensió admissible: 1%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia d'endolls (Línia 3)

- Circuit monofàsic
- Potència : 15000 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud : 32,06 m
- Caiguda de tensió admissible: 5%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia d'endolls (Línia 8)

- Circuit monofàsic
- Potència : 8000 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud : 23,83 m
- Caiguda de tensió admissible: 5%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia d'endolls (Línia 9)

- Circuit monofàsic
- Potència : 8000 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud : 43,86 m
- Caiguda de tensió admissible: 5%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia d'endolls (Línia 10)

- Circuit monofàsic
- Potència : 12000 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud : 52,15 m
- Caiguda de tensió admissible: 5%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia d'enllumenat (Línia 6)

- Circuit monofàsic
- Potència : 1944 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud : 60,52 m
- Caiguda de tensió admissible: 3%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia d'enllumenat (Línia 7)

- Circuit monofàsic
- Potència : 3562,4 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud : 135,90 m
- Caiguda de tensió admissible: 3%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

2.1.7.2. Càlcul de les intensitats de les línies elèctriques

El càlcul de les intensitats s'ha realitzat després de conèixer la potència, la tensió i el factor de potència de cada una de les línies.

Aquests valors s'han obtingut de les característiques elèctriques que es descriuen en l'apartat anterior per a cada una de les línies de la instal·lació elèctrica. Per a realitzar el càlcul de les intensitats s'utilitzen diferents equacions, segons el tipus de corrent:

- Per línies de corrent monofàsic:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} \quad \text{Equació 2-1}$$

- Per línies de corrent trifàsic:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \quad \text{Equació 2-2}$$

On:

I : és la intensitat de càlcul de la línia, en A.

P : és la potència de la càrrega connectada a la línia, en W.

V : és la tensió de la línia, en V.
 $\cos \varphi$: és el factor de potència.

Els resultats dels càlculs de la intensitat així com els valors que s'han utilitzat en les equacions per cada línia de la instal·lació, es mostren en la Taula 2-14:

| Línies | Circuit | Potència - P (W) | Tensió - V (V) | Fact. potència - $\cos \varphi$ | Longitud - L (m) | Intensitat de càlcul - I (A) |
|----------|-----------|------------------|----------------|---------------------------------|------------------|------------------------------|
| Línia 1 | Monofàsic | 12125 | 230 | 0,8 | 25,18 | 65,90 |
| Línia 2 | Trifàsic | 11520 | 400 | 0,8 | 79,91 | 20,78 |
| Línia 3 | Monofàsic | 15000 | 230 | 0,8 | 32,06 | 81,52 |
| Línia 4 | Trifàsic | 7360 | 400 | 0,8 | 5,51 | 16,60 |
| Línia 5 | Trifàsic | 12512 | 400 | 0,8 | 31,31 | 28,22 |
| Línia 6 | Monofàsic | 1944 | 230 | 0,8 | 60,52 | 10,57 |
| Línia 7 | Monofàsic | 3562,4 | 230 | 0,8 | 135,90 | 19,36 |
| Línia 8 | Monofàsic | 8000 | 230 | 0,8 | 23,83 | 43,48 |
| Línia 9 | Monofàsic | 8000 | 230 | 0,8 | 43,86 | 43,48 |
| Línia 10 | Monofàsic | 12000 | 230 | 0,8 | 52,15 | 65,22 |
| Línia 11 | Trifàsic | 92023,4 | 400 | 0,8 | 12,50 | 166,03 |
| Línia 12 | Monofàsic | 23000 | 230 | 0,8 | 0,10 | 125,00 |
| Línia 13 | Monofàsic | 20000 | 230 | 0,8 | 0,10 | 108,70 |
| Línia 14 | Monofàsic | 5506,4 | 230 | 0,8 | 0,10 | 29,93 |

Taula 2-14. Valors de les intensitats de càlcul de les línies elèctriques.

2.1.7.3. Càlcul de les seccions dels conductors

El càlcul de les seccions s'ha realitzat segons la intensitat màxima admissible dels conductors i segons la caiguda de tensió admissible, tal com indica el RBT (Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió) en les seves corresponents instruccions tècniques complementàries (ITC-BT-15 i ITC-BT-19). Les seccions escollides seran les que compleixen les condicions més restrictives segons intensitat admissible o caiguda de tensió admissibles.

– Dimensionat dels conductors segons intensitat nominal

El dimensionat de la secció dels conductors en funció de la intensitat nominal que circula pels conductors de la instal·lació consisteix en definir la secció d'aquests, en mm², per tal de que permetin el pas de tota la intensitat

que hi circula en condicions normals de servei. S'ha de tenir en compte que quan circula corrent per un conductor es produeix un escalfament d'aquest, degut a pèrdues d'energia en forma de calor per efecte Joule, fins que s'arriba a l'equilibri tèrmic, és a dir, quan tota la calor que es produeix és cedida a l'exterior. La temperatura d'equilibri es troba en funció del volum del conductor, del seu aïllant i de les condicions ambientals a les que es troba el conductor.

Tots els conductors de les diferents línies que formen la nova xarxa elèctrica, s'instal·laran dins de tubs protectors directament grapejats sobre les parets de la nau industrial.

Les seccions dels conductors de les diferents línies s'escolliran a partir de la taula d'intensitats màximes admissibles que es troba en la ITC-BT-19. Per a trobar els valors de les seccions dels conductors (S_1) en aquesta taula, primer s'ha d'escollir la tipologia de la instal·lació elèctrica, que en aquest cas és de tipus B (conductors aïllats en tubs en muntatge superficial o encastrat en obra), després s'ha d'escollir el tipus d'aïllament del conductor de coure, que en aquest cas és XLPE (3x per a línies de corrent trifàsic i 2x per a línies de corrent monofàsic) i per últim s'ha de seleccionar el valor de la intensitat admissible de cada línia i trobarem els valors de les seccions dels conductors (S_1) de les diferents línies. Aquest valors es mostren en la Taula 2-16.

– Dimensionat dels conductors segons caiguda de tensió

El càlcul de la caiguda de tensió (c.d.t.) es realitza per comprovar si la secció del conductor, dimensionat prèviament segons la intensitat de càlcul, no provoca una c.d.t. molt important. La c.d.t. d'una línia es funció de la secció i la longitud d'aquesta. La c.d.t. augmenta com més longitud tingui la línia i menor sigui la seva secció.

La secció dels conductors s'haurà d'eleger de manera que la seva caiguda de tensió sigui com a màxim els valors de la Taula 2-15, segons el tipus de línia.

| Tipus de línia | Caiguda de tensió (c.d.t.) |
|-----------------------|----------------------------|
| Línies de distribució | $\leq 1\%$ |
| Línies d'il·luminació | $\leq 3\%$ |
| Línies de força | $\leq 5\%$ |

Taula 2-15. Valors límits de la caiguda de tensió segons els tipus de línies.

De les línies que es dimensionen en la instal·lació elèctrica, les Línies 11, 12, 13 i 14 son de distribució, les Línies 6 i 7 son d'il·luminació i les altres línies son de força. La c.d.t. ve definida per diferents equacions, segons el tipus de corrent.

- Per línies de corrent monofàsic:

$$cdt = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{S_1 \cdot c} \quad \text{Equació 2-3}$$

- Per línies de corrent trifàsic:

$$cdt = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{S_1 \cdot c} \quad \text{Equació 2-4}$$

On:

S_1 : és la secció del conductor escollida segons intensitat de càlcul, en mm².

L : és la longitud de la línia, en m.

I : és la intensitat de càlcul de la línia, segons la Taula 2-14, en A.

cdt : és la caiguda de tensió màxima permesa, en V.

$\cos \varphi$: és el factor de potència.

c : és la conductivitat del conductor, en m/Ω·mm² (de valor 56 pel coure).

En el cas de que la caiguda de tensió resultant d'aplicar les Equacions 2-3 i 2-4, superi els valors límits, s'ha d'augmentar la secció del conductor (S_1) fins que la caiguda de tensió sigui inferior o igual als valors límits. Quan les seccions dels conductors (S_1) son definitives, es torna a calcular la secció dels conductors (S_2) utilitzant les Equacions 2-5 i 2-6 segons el tipus de corrent i tenint en compte que la caiguda de tensió és la màxima permesa de cada línia.

- Per línies de corrent monofàsic:

$$S_2 = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{cdt \cdot c} \quad \text{Equació 2-5}$$

- Per línies de corrent trifàsic:

$$S_2 = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{cdt \cdot c}$$

Equació 2-6

On:

S_2 : és la secció del conductor, en mm².

L : és la longitud de la línia, en m.

I : és la intensitat de càlcul de la línia, segons la Taula 2-14, en A.

cdt : és la caiguda de tensió màxima permesa de cada línia, en V.

$\cos \varphi$: és el factor de potència.

c : és la conductivitat del conductor, en m/Ω·mm² (de valor 56 pel coure).

Després d'obtenir els valors de les seccions dels conductors (S_2) s'escull la secció final (S_{final}), que consisteix en comparar els valors de les seccions dels conductors S_1 i S_2 i escollir la secció de major valor.

Els valors de les seccions dels conductors (S_1), els resultats dels càlculs de la caiguda de tensió i dels càlculs de les seccions dels conductors (S_2) així com la secció final escollida per cada línia de la instal·lació, es mostren en la Taula 2-16:

| Línies | Intensitat de càlcul - I (A) | Secció - S1 (mm ²) | Longitud - L (m) | c.d.t. (V) | c.d.t. (%) | Secció - S2 (mm ²) | Secció final - Sfinal (mm ²) |
|----------|------------------------------|--------------------------------|------------------|------------|------------|--------------------------------|--|
| Línia 1 | 65,90 | 10 | 25,18 | 4,74 | 2,06 | 4,1 | 10 |
| Línia 2 | 20,78 | 2,5 | 79,91 | 16,44 | 4,11 | 2,4 | 2,5 |
| Línia 3 | 81,52 | 16 | 32,06 | 4,67 | 2,03 | 6,5 | 16 |
| Línia 4 | 16,60 | 1,5 | 5,51 | 1,51 | 0,38 | 0,1 | 1,5 |
| Línia 5 | 28,22 | 4 | 31,31 | 5,47 | 1,37 | 1,3 | 4 |
| Línia 6 | 10,57 | 4 | 60,52 | 4,57 | 1,99 | 2,6 | 4 |
| Línia 7 | 19,36 | 16 | 135,90 | 4,70 | 2,04 | 10,9 | 16 |
| Línia 8 | 43,48 | 6 | 23,83 | 4,93 | 2,14 | 2,6 | 6 |
| Línia 9 | 43,48 | 6 | 43,86 | 9,08 | 3,95 | 4,7 | 6 |
| Línia 10 | 65,22 | 10 | 52,15 | 9,72 | 4,23 | 8,5 | 10 |
| Línia 11 | 166,03 | 70 | 12,50 | 0,73 | 0,18 | 14,82 | 70 |
| Línia 12 | 125,00 | 35 | 0,10 | 0,010 | 0,004 | 0,16 | 35 |
| Línia 13 | 108,70 | 25 | 0,10 | 0,012 | 0,005 | 0,14 | 25 |
| Línia 14 | 29,93 | 4 | 0,10 | 0,021 | 0,009 | 0,04 | 4 |

Taula 2-16. Taula per obtenir els valors de les seccions finals escollides, de les línies de la instal·lació.

Després d'escollir les seccions finals de les línies de la instal·lació s'ha elaborat una taula resum on trobem la secció final escollida, el número de conductors i la secció dels conductors per cada una de les línies de la instal·lació.

El número de conductors que formen cada línia, canvia depenent si és una línia monofàsica tindrà 3 conductors (fase, neutre i terra) i si és una línia trifàsica tindrà 5 conductors (3 fases, neutre i terra). La secció de cadascun d'aquests conductors variarà per què els conductors de les fases tindran la mateixa secció que el valor de la secció final. Pel que fa referència al conductor neutre tindrà una secció, com a mínim, igual a la de les fases. Per últim, el conductor de protecció (terra) tindrà una secció, que s'ha obtingut a partir de l'apartat 2.1.8.5 d'aquest mateix annex (conductors de protecció).

Els valors de les seccions finals, el número de conductors i les seccions dels conductors de les línies de la instal·lació es mostren en la Taula 2-17:

| Línies | Secció final - S_{final} (mm ²) | Nº de conductors de cada línia | Seccions dels conductors (mm ²) |
|----------|---|--------------------------------|---|
| Línia 1 | 10 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x10+1x10 |
| Línia 2 | 2,5 | 5 (3 fases, neutre i terra) | 4x2,5+1x2,5 |
| Línia 3 | 16 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x16+1x16 |
| Línia 4 | 1,5 | 5 (3 fases, neutre i terra) | 4x1,5+1x1,5 |
| Línia 5 | 4 | 5 (3 fases, neutre i terra) | 4x4+1x4 |
| Línia 6 | 4 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x4+1x4 |
| Línia 7 | 16 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x16+1x16 |
| Línia 8 | 6 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x6+1x6 |
| Línia 9 | 6 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x6+1x6 |
| Línia 10 | 10 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x10+1x10 |
| Línia 11 | 70 | 5 (3 fases, neutre i terra) | 4x70+1x35 |
| Línia 12 | 35 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x35+1x16 |
| Línia 13 | 25 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x25+1x16 |
| Línia 14 | 4 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x4+1x4 |

Taula 2-17. Número de conductors i seccions dels conductors que formen cada una de les línies de la instal·lació.

2.1.8. Càlcul de les proteccions del sistema elèctric

Per a protegir les línies de la instal·lació de possibles sobrecàrregues o curtcircuits, es disposa d'elements com magnetotèrmics (interruptors automàtics),

interruptors de control de potència, fusibles, etc., mentre que per a salvaguardar als usuaris de contactes directes o indirectes s'utilitzen els diferencials, que actuen quan detecten que en la línia hi ha una fuga a terra. Els dispositius generals i individuals de comandament i protecció mínims a instal·lar vénen donats pel Reglament de Baixa Tensió (RBT). A nivell general, són:

- Un interruptor general automàtic (IGA) de tall omnipolar, que permeti el seu accionament manual i que estigui dotat d'elements de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits.
- Uns interruptors diferencials (ID), destinats a la protecció de cada una de les línies o grup de línies contra contactes indirectes.
- Uns interruptors automàtics (IA) de tall omnipolar, destinats a la protecció de cada una de les línies contra sobrecàrregues i curtcircuits.

En la instal·lació elèctrica d'aquest projecte, es disposa d'una caixa de protecció i mesura situada a l'exterior de la nau industrial, on s'han instal·lat el comptador i un fusible. També es disposa d'un quadre separat anomenat quadre de distribució situat a l'interior de la nau industrial en la zona anomenada taller 1, on s'han instal·lat un dispositiu general de protecció (interruptor general automàtic) i uns dispositius individuals de protecció (interruptors automàtics e interruptors diferencials).

La caixa de protecció i mesura (CPM) i el quadre de distribució a utilitzar correspondran a un dels tipus recollits en les especificacions tècniques de l'empresa subministradora que hagin estat aprovades per l'Administració pública competent, en funció del nombre i naturalesa del subministrament. Aquestes caixes seran de Classe II (doble aïllament) però la caixa de protecció i mesura està situada a l'exterior de la nau industrial amb un grau de protecció IP 55, en canvi, el quadre de distribució està situat a l'interior de la nau industrial amb un grau de protecció IP 40.

De cada interruptor automàtic instal·lat en el quadre de distribució per a protegir les parts amb subministrament monofàsic, surt un circuit independent format per dos conductors actius (fase i neutre) i un tercer conductor (que no passa pel magnetotèrmic), el de protecció (terra). Per a les parts amb corrent trifàsica, els interruptors automàtics disposen de tres conductors a part del neutre; a més, la línia a la qual protegeixen tindrà un conductor de protecció (terra).

En els apartats que segueixen es detallen les funcions de cada element en particular, per a posteriorment detallar els elements a instal·lar en la nostra instal·lació.

2.1.8.1. Interruptor general automàtic

La seva funció principal és la de protegir tota la instal·lació elèctrica de la nau contra sobrecàrregues i curtcircuits, pel que la seva capacitat de tall serà suficient perquè sigui capaç d'actuar davant una intensitat de curtcircuit que pugui produir-se en algun punt de la instal·lació de 4500 A com a mínim.

El seu calibre s'efectua per a la màxima capacitat de la instal·lació interior de la nau. En la instal·lació elèctrica de la nau industrial, la màxima capacitat és d'uns 166,03 A, el que condueix a la instal·lació d'un IGA de 250 A.

2.1.8.2. Interruptors diferencials

Els ID s'encarreguen de protegir a les persones contra contactes indirectes. Estan dissenyats de tal forma que no permeten el pas d'intensitats de defecte que puguin ser perjudicials per a les persones. En el nostre cas, s'instal·laran ID d'alta sensibilitat, aquesta sensibilitat màxima serà de 30 mA. amb un temps de resposta de 50 mil·lisegons en cada línia. Alhora, aporten una protecció molt eficaç contra incendis, al limitar a potències molt baixes a les eventuais fugues d'energia elèctrica per defecte d'aïllament. A més, es requerirà que els seus pols estiguin protegits (els corresponents a la fase al neutre en el subministrament monofàsic i a les tres fases i al neutre en el trifàsic).

2.1.8.3. Interruptors automàtics

La missió dels interruptors automàtics o magnetotèrmics és protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits als conductors que formen les diferents línies elèctriques i, alhora, als receptors connectats a elles. S'instal·larà un interruptor automàtic per a cada línia i la seva capacitat de tall serà de 4500 A com a mínim.

2.1.8.4. Fusibles

Els fusibles són elements de protecció de conductors, aparells i instal·lacions contra sobreintensitats, que desconnecten amb seguretat corrents de curtcircuit molt elevades. Per tant, la seva missió és anàloga a la dels interruptors automàtics.

Precisament per aquesta igualtat en la finalitat amb els interruptors automàtics, en la instal·lació elèctrica del projecte no es van a instal·lar fusibles que protegeixin als conductors en tot el que és la xarxa interior. Únicament s'instal·larà un fusible abans del comptador, tal i com exigeix el Reglament de Baixa Tensió en la ITC-BT-12. No obstant, és convenient que cada màquina o element connectat a la xarxa disposi del seu fusible de protecció.

El tipus de fusible a instal·lar en l'inici de la xarxa serà de tipus INF250 (veure l'apartat 2.10.) amb una intensitat nominal de 250 A i una tensió de 500 V.

2.1.8.5. Instal·lació de posta a terra

La posta a terra és la unió elèctrica directa, sense fusibles ni protecció alguna, per una part del circuit elèctric o per una part conductora no pertanyent al mateix mitjançant una presa de terra amb un elèctrode o grup d'elèctrodes enterrats al terra.

Mitjançant la instal·lació de posta a terra s'aconseguirà que en el conjunt de la nau industrial no apareguin diferències de potencial perilloses, permetent al mateix temps el pas a terra dels corrents de defecte o les descàrregues de tipus atmosfèriques (llamps). D'aquí es desprèn que l'objecte d'aquesta part de la instal·lació elèctrica és limitar la tensió que, pel que fa a terra, puguin presentar en un moment donat les masses metàl·liques, assegurar l'actuació de les proteccions i eliminar o disminuir el risc que suposa una avaria en els materials elèctrics utilitzats.

Una característica a destacà és que no es disposarà de parallamps, doncs no es tracta d'un edifici de més de 43 metres d'altura, no està destinat a substàncies tòxiques, radioactives, explosives o de materials inflamables, i tampoc és un local de risc elevat, característiques que segons la Norma Tecnològica són motius d'instal·lació d'aquest element.

L'esquema de la instal·lació de posta a terra és el mostrat en la Figura 2-5:

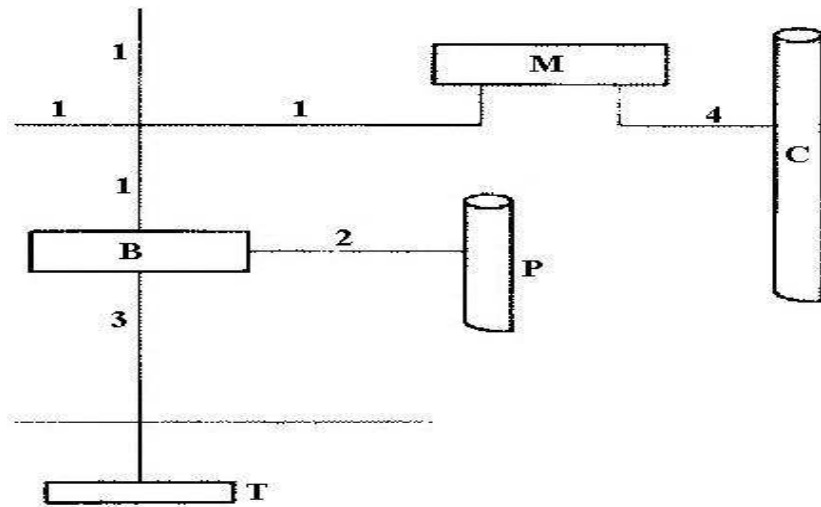


Figura 2-5. Representació esquemàtica d'un circuit de posta a terra.

Els elements que s'indiquen són:

- 1: Conductor de protecció
- 2: Conductor d'unió equipotencial principal
- 3: Conductor de terra o línia d'enllaç amb l'elèctrode de posta a terra
- 4: Conductor de equipotencialitat suplementària
- B: Born principal de terra o punt de posta a terra
- M: Massa
- C: Element conductor
- P: Canalització metàl·lica principal d'aigua
- T: Presa de terra.

– Presa de terra

Per a l'execució de la presa de terra existeixen tres alternatives: les piques, les plaques i els conductors enterrats. D'aquestes, la d'ús més estès i la qual es disposarà en l'obra de la nau industrial serà la primera. En quant al seu material, serà d'acer amb un recobriment de coure de 2 mm. i amb un diàmetre de 19 mm. Sent la seva longitud d'almenys 2 metres.

La seva resistència es calcula en funció de la resistivitat del terreny i la seva longitud mitjançant l'Equació 2-7. El valor d'aquesta resistivitat depèn del tipus de terreny, que tractant-se d'una zona de terrenys cultivables i fèrtils i segons l'establert en la ITC-BT-18, s'estima en $50 \Omega/m$. En aquest aspecte, cal destacar que aquest valor pot oscil·lar notablement en funció de

la humitat, temperatura, variacions estacionals, etc., i en el càlcul de la resistència que passa a terra una pica es buscarà que aquest valor sigui el més petit possible dintre dels limitis raonables. En quant a la longitud, s'opta per utilitzar piques de 2 metres.

$$R = \frac{\rho}{L}$$

Equació 2-7

On:

R: és la resistència que passa a terra una pica, en Ω .

ρ : és la resistivitat del terreny, en Ω/m .

L: és la longitud de la pica, en m.

A partir del valor de la resistència d'una pica de la longitud establerta, es busca el nombre de piques a instal·lar a partir de l'Equació 2-8. La instal·lació del conjunt de piques serà en paral·lel i unides entre si amb cable de coure de 35 mm², sense recobriment, i soldat a les piques amb soldadura aluminotèrmica o grapes de pressió inoxidable, complint-se en tot cas que la separació entre piques és major al doble de la seva altura.

En quant al valor de resistència a terra màxim permès, es considera de 80 Ω , valor establert per la Norma Tecnològica per a edificis sense parallamps i sense instal·lacions especials. La profunditat de la seva col·locació serà 80 cm. per sota del nivell del terra.

$$N = \frac{R}{R_{m\grave{a}x}}$$

Equació 2-8

On:

N: és el nombre de piques a instal·lar.

R: és el valor de la resistència a terra d'una pica, en Ω .

$R_{m\grave{a}x}$: és el valor de resistència màxima permès, en Ω .

Després de realitzar els càlculs, es determina que la presa de terra està formada per 1 pica de 2 metres de longitud.

– Conductors de protecció

Els conductors de protecció són els que uneixen elèctricament les masses de la instal·lació amb el conductor de terra a fi d'assegurar la protecció contra contactes indirectes.

La secció dels conductors de protecció serà la indicada en la Taula 2-18, entenent-se que si l'aplicació de la fórmula dona lloc a seccions normalitzades, es pren el valor immediatament superior.

| Seccions dels conductors de fase - S (mm ²) | Seccions mínimes dels conductors de protecció – Sp (mm ²) |
|---|---|
| $S \leq 16$ | S |
| $16 < S \leq 35$ | 16 |
| $S > 35$ | S/2 |

Taula 2-18. Relació entre les seccions dels conductors de protecció i els de fase.

Per lo tant, les seccions dels conductors de protecció de les línies de la instal·lació son les obtingudes en la Taula 2-19:

| Línies | Secció final - Sfinal (mm ²) | Secció protector - Sp (mm ²) |
|----------|--|--|
| Línia 1 | 10 | 10 |
| Línia 2 | 2,5 | 2,5 |
| Línia 3 | 16 | 16 |
| Línia 4 | 1,5 | 1,5 |
| Línia 5 | 4 | 4 |
| Línia 6 | 4 | 4 |
| Línia 7 | 16 | 16 |
| Línia 8 | 6 | 6 |
| Línia 9 | 6 | 6 |
| Línia 10 | 10 | 10 |
| Línia 11 | 70 | 35 |
| Línia 12 | 35 | 16 |
| Línia 13 | 25 | 16 |
| Línia 14 | 4 | 4 |

Taula 2-19. Seccions dels conductors de protecció.

2.1.8.6. Proteccions a instal·lar en cada línia de la instal·lació

Els elements de protecció a instal·lar en el quadre de distribució i en la CPM (caixa de protecció i mesura) per a protegir a les distintes línies de la xarxa elèctrica de la nau industrial, s'especifiquen en la Taula 2-20:

| Línies | Elements de protecció | Designació en l'esquema |
|----------|---|-------------------------|
| Línia 1 | Interruptor automàtic de 2 pols d'intensitat nominal de 80 A i 10000 A de poder de tall. | IA-1 |
| | Interruptor diferencial de 2 pols de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 125 A. | ID-1 |
| Línia 2 | Interruptor automàtic de 4 pols d'intensitat nominal de 25 A i 6000 A de poder de tall. | IA-2 |
| | Interruptor diferencial de 4 pols de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 25 A. | ID-2 |
| Línia 3 | Interruptor automàtic de 2 pols d'intensitat nominal de 100 A i 10000 A de poder de tall. | IA-3 |
| Línia 4 | Interruptor automàtic de 4 pols d'intensitat nominal de 20 A i 6000 A de poder de tall. | IA-4 |
| | Interruptor diferencial de 4 pols de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 25 A. | ID-4 |
| Línia 5 | Interruptor automàtic de 4 pols d'intensitat nominal de 32 A i 6000 A de poder de tall. | IA-5 |
| | Interruptor diferencial de 4 pols de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 40 A. | ID-5 |
| Línia 6 | Interruptor automàtic de 2 pols d'intensitat nominal de 16 A i 6000 A de poder de tall. | IA-6 |
| Línia 7 | Interruptor automàtic de 2 pols d'intensitat nominal de 20 A i 6000 A de poder de tall. | IA-7 |
| Línia 8 | Interruptor automàtic de 2 pols d'intensitat nominal de 50 A i 6000 A de poder de tall. | IA-8 |
| Línia 9 | Interruptor automàtic de 2 pols d'intensitat nominal de 50 A i 6000 A de poder de tall. | IA-9 |
| Línia 10 | Interruptor automàtic de 2 pols d'intensitat nominal de 80 A i 10000 A de poder de tall. | IA-10 |
| Línia 11 | Interruptor general automàtic de 4 pols d'intensitat nominal de 250 A i 36000 A de poder de tall. | IGA |
| | Fusible de tipus INF de 4 pols d'intensitat nominal de 250 A i una tensió de 500 V. | FUS |
| Línia 12 | Interruptor diferencial de 2 pols de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 125 A. | ID-12 |
| Línia 13 | Interruptor diferencial de 2 pols de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 125 A. | ID-13 |
| Línia 14 | Interruptor diferencial de 2 pols de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal de 40 A. | ID-14 |

Taula 2-20. Elements de protecció a instal·lar per a cada línia de la instal·lació.

A continuació es classifiquen i es descriuen els models seleccionats per a instal·lar, encara que es podran utilitzar altres models sempre i quan les seves característiques siguin idèntiques:

- Interruptors automàtics o magnetotèrmics:

- De 2 pols (corrent monofàsica):
 - Intensitat nominal de 100 A i poder de tall de 10000 A: C120N (corba C).
 - Intensitat nominal de 80 A i poder de tall de 10000 A: C120N (corba C).
 - Intensitat nominal de 50 A i poder de tall de 6000 A: C60N (corba C).
 - Intensitat nominal de 20 A i poder de tall de 6000 A: C60N (corba C).
 - Intensitat nominal de 16 A i poder de tall de 6000 A: C60N (corba C).
- De 4 pols (corrent trifàsica):
 - Intensitat nominal de 250 A i poder de tall de 36000 A: NS250N.
 - Intensitat nominal de 32 A i poder de tall de 6000 A: C60N (corba C).
 - Intensitat nominal de 25 A i poder de tall de 6000 A: C60N (corba C).
 - Intensitat nominal de 20 A i poder de tall de 6000 A: C60N (corba C).
- Interruptors diferencials:
 - De 2 pols (corrent monofàsica):
 - Intensitat nominal ≤ 125 A i sensibilitat de 30 mA: Vigi C120 classe AC.
 - Intensitat nominal de 40 A i sensibilitat de 30 mA: ID classe AC.
 - De 4 pols (corrent trifàsica):
 - Intensitat nominal ≤ 40 A i sensibilitat de 30 mA: Vigi C60 classe AC.
 - Intensitat nominal ≤ 25 A i sensibilitat de 30 mA: Vigi C60 classe AC.
- Fusible: Fusible de tipus INF250, de 4 pols d'intensitat nominal de 250 A i una tensió de 500 V.
- Quadre de distribució: Pragma D superfície de 4 files amb porta no transparent.

2.1.9. Tubs protectors

Les línies de la instal·lació elèctrica de la nau industrial, com s'ha comentat en l'apartat de característiques de la instal·lació elèctrica actual, s'instal·laran

dintre de tubs protectors. Tots els tubs protectors de la instal·lació que es muntaran, seran tubs en canalitzacions fixes en superfície. En el muntatge dels tubs superficials, els tubs es fixaran a les parets o sostres mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

Per al cas particular de les Línies 12, 13 i 14, no s'instal·laran dintre de tubs protectors, perquè en el quadre de distribució en el qual es van a allotjar ja queden suficientment protegides amb el propi aïllament dels conductors.

En les canalitzacions fixes en superfície, els tubs seran rígids i, en punts especials, corbables, sent les seves característiques mínimes les indicades en la ITC-BT-21 i recollides en la Taula 2-21. El compliment d'aquestes característiques es realitzarà segons els assajos indicats en les normes UNE-EN-50.086-2-1 per a tubs rígids i UNE-EN-50.086-2-2 per a tubs corbables. En quant al seu diàmetre, serà aquell que permeti un fàcil allotjament i extracció dels cables o conductors aïllats, recollint-se els seus diàmetres exteriors mínims en funció del nombre i secció dels conductors o cables a conduir en la Taula 2-22. Per raons de comoditat i facilitat de manteniment, s'opta per utilitzar un tub protector per a cada línia, sent els seus diàmetres recollits en la Taula 2-23.

| Característica | Codi | Grau |
|--|------|--|
| Resistència a la compressió | 4 | Forta |
| Resistència a l'impacte | 3 | Mitja |
| Temperatura mínima d'instal·lació servei | 2 | - 5 °C |
| Temperatura màxima d'instal·lació servei | 1 | + 60 °C |
| Resistència al corbat | 1-2 | Rígid/corbable |
| Propietats elèctriques | 1-2 | Continuïtat elèctrica/aïllant |
| Resistència a la penetració d'objectes sòlids | 4 | Contra objectes $D \geq 1\text{mm}$ |
| Resistència a la penetració de l'aigua | 2 | Contra gotes d'aigua caient verticalment quan el sistema de tubs està inclinat 15° |
| Resistència a la corrosió de tubs metàl·lics i compostos | 2 | Protecció interior i exterior mitja |
| Resistència a la tracció | 0 | No declarada |
| Resistència a la propagació de la flama | 1 | No propagador |
| Resistència a les cargues suspeses | 0 | No declarada |

Taula 2-21. Característiques mínimes dels tubs per a canalitzacions fixes en superfície.

| Secció nominal dels conductors unipolars (mm ²) | Diàmetre exterior dels tubs (mm) | | | | |
|---|----------------------------------|----|----|----|----|
| | Número de conductors | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,5 | 12 | 12 | 16 | 16 | 16 |
| 2,5 | 12 | 12 | 16 | 16 | 20 |
| 4 | 12 | 16 | 20 | 20 | 20 |
| 6 | 12 | 16 | 20 | 20 | 25 |
| 10 | 16 | 20 | 25 | 32 | 32 |
| 16 | 16 | 25 | 32 | 32 | 32 |
| 25 | 20 | 32 | 32 | 40 | 40 |
| 35 | 25 | 32 | 40 | 40 | 50 |
| 50 | 25 | 40 | 50 | 50 | 50 |
| 70 | 32 | 40 | 50 | 63 | 63 |
| 95 | 32 | 50 | 63 | 63 | 75 |
| 120 | 40 | 50 | 63 | 75 | 75 |
| 150 | 40 | 63 | 75 | 75 | -- |
| 185 | 50 | 63 | 75 | -- | -- |
| 240 | 50 | 75 | -- | -- | -- |

Taula 2-22. Diàmetre mínim dels tubs per a canalitzacions fixes en superfície.

| Línies | Secció nominal conductors (mm ²) | Nº de conductors de cada línia | Diàmetre exterior del tub (mm) |
|----------|--|--------------------------------|--------------------------------|
| Línia 1 | 10 | 3 (fase, neutre i terra) | 25 |
| Línia 2 | 2,5 | 5 (3 fases, neutre i terra) | 20 |
| Línia 3 | 16 | 3 (fase, neutre i terra) | 32 |
| Línia 4 | 1,5 | 5 (3 fases, neutre i terra) | 16 |
| Línia 5 | 4 | 5 (3 fases, neutre i terra) | 20 |
| Línia 6 | 4 | 3 (fase, neutre i terra) | 20 |
| Línia 7 | 16 | 3 (fase, neutre i terra) | 32 |
| Línia 8 | 6 | 3 (fase, neutre i terra) | 20 |
| Línia 9 | 6 | 3 (fase, neutre i terra) | 20 |
| Línia 10 | 10 | 3 (fase, neutre i terra) | 25 |
| Línia 11 | 70 | 5 (3 fases, neutre i terra) | 63 |

Taula 2-23. Diàmetre dels tubs de protecció per a canalitzacions fixes en superfície.

2.1.10. Informació comercial i tècnica

- Relació de la informació comercial i tècnica adjuntada en el present apartat
 - Interruptors automàtics Merlin Gerin
 - Interruptors diferencials Merlin Gerin
 - Fusible Merlin Gerin
 - Quadre de distribució Merlin Gerin
 - Conductors unipolars Pirelli
 - Taula d'intensitats màximes admissibles que es troba en la ITC-BT-19 a partir de la qual s'escolliran les seccions dels conductors de les diferents línies de la instal·lació
 - Taula de la resistivitat del terreny que es troba en la ITC-BT-18 pel càlcul de la presa de terra



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



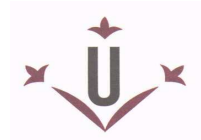
Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



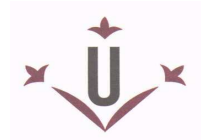
Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida

2.2. Annex nº2: Instal·lació solar fotovoltaica

2.2.1. Càlculs de la captació solar

2.2.1.1. Introducció

En aquest apartat es realitzen els càlculs de l'energia solar que podran arribar a rebre els panells solars de la instal·lació segons les diferents maneres de projectar aquesta. Aquests mètodes de càlcul donaran com a resultat final l'energia en forma de radiació solar que es captada cada any per unitat de superfície en aquesta instal·lació.

Abans d'entrar en el càlcul de la radiació solar que incideix sobre la zona on està ubicada la instal·lació, és necessari conèixer alguns termes així com les corresponents definicions, en quant a radiacions solars i als principals paràmetres de posició Terra-Sol:

- Radiació solar global (H) [W/m^2]: és la resultant de la suma de les radiacions directa, difusa i reflectida.
- Radiació directa [W/m^2]: és la fracció de la radiació solar global o total que arriba sobre la superfície terrestre atenuada per l'atmosfera però sense cap canvi de direcció.
- Radiació difusa (H_d) [W/m^2]: és la radiació que arriba a un pla horitzontal de la superfície terrestre, integrada per la radiació que es desviada per molècules i partícules en suspensió i per la reflexió deguda a la interacció de la radiació directa i els núvols.
- Radiació reflectida [W/m^2]: és la que procedeix de la reflexió de la radiació en el terra, edificis, etc., i que acaba incidint en una superfície inclinada. Aquesta component de la radiació total no apareix en el cas d'una superfície totalment horitzontal, però és considerable en el cas de superfícies de captació inclinada. Per aquesta raó és important els tipus de materials o terres que hi hauran al voltant de la zona de captació, aquests materials si tenen un índex de reflectància (ρ) elevat, poden millor la captació solar.
- Constant solar (G_{sc}) [W/m^2]: és l'energia del Sol, per unitat de temps i de superfície, rebuda fora de l'atmosfera terrestre, en una superfície perpendicular a la direcció de la propagació de la radiació, a la distància mitja entre la Terra i el Sol. El valor conegut més exacte d'aquesta és $1353 W/m^2$.

- Irradiància extraterrestre (G_{on}) [W/m^2]: és l'energia per unitat de temps i de superfície, que rep un pla horitzontal i paral·lel a la superfície de la Terra, situat a la part exterior de l'atmosfera.
- Declinació (δ): és l'angle que forma el pla orbital marcat per la línia Terra-Sol i l'equador terrestre. El valor d'aquest angle varia durant tot l'any entre $\pm 23,45^\circ$, degut a la inclinació de l'eix polar (eix de rotació de la Terra), respecte a l'eix normal al pla orbital. Les declinacions són positives al nord de l'equador i negatives al sud.
- Latitud (Φ): és l'angle que forma la vertical del punt geogràfic de la superfície terrestre i el pla de l'equador. Les altituds positives es troben al nord de l'equador i les negatives al sud, mentre que la latitud zero correspon a l'equador.
- Altitud solar (α_s): és l'angle format entre la línia que passa pel punt geogràfic i el Sol, i la línia que passa pel punt geogràfic i és tangent a la superfície terrestre.
- Azimut solar (γ_s): és l'angle format entre la línia que passa pel punt geogràfic i és tangent a la superfície terrestre, i la línia coincident amb el meridià local, en la direcció Nord-Sud terrestre. L'azimut solar té valor igual a zero per una superfície orientada perfectament al sud, és positiu cap a l'est i negatiu mesurat cap a l'oest, en ambdós hemisferis. La seva variabilitat és de -180° a 180° .

Quan es parla de captadors solars, l'azimut es pren com l'angle que formen la projecció horitzontal de la línia perpendicular a la superfície captadora, i la línia que passa pel captador i el Sud terrestre. L'altitud i l'azimut solar constitueixen les coordenades solars planes i permeten situar el Sol i descriure el seu moviment al llarg de l'any, prenent com a referència el punt d'observació de la Terra.

- Inclinació (β): és l'angle que forma el pla de la superfície captadora i l'horitzontal del punt terrestre que es consideri.
- Angle horari (ω_s): és el paràmetre que relaciona el temps solar veritable amb la posició celeste del Sol. És el resultat de dividir el temps solar veritable (T.S.V.) en hores per 360° , d'aquesta manera, cada hora equival a 15° . Es pren per conveni el valor de 0° en el moment del migdia solar, i augmenta 15° cada hora que resta per arribar al migdia solar, i disminueix 15° per cada hora que passa del migdia local a tots dos hemisferis.

A partir de les anteriors definicions, representades en la Figura 2-6, la posició del Sol al cel és funció de:

1. La posició geogràfica del punt de la Terra, que ve determinada per la latitud (Φ).
2. L'època de l'any, determinada per la declinació solar (δ).
3. El moment del dia, determinat per l'angle horari (ω).

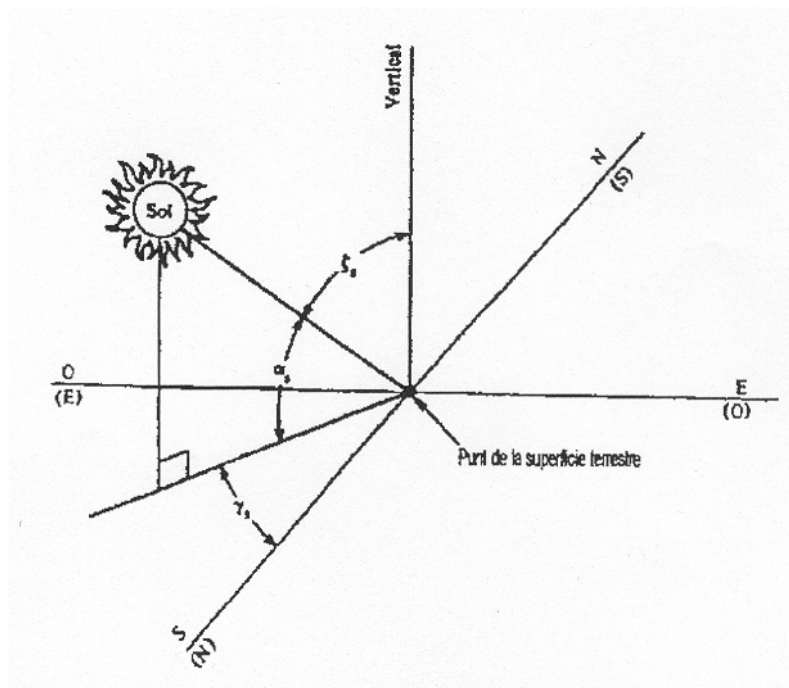


Figura 2-6. Representació de la posició del Sol i els diferents angles que la defineixen.

2.2.1.2. Captació fixa

Aquesta és la primera de les alternatives que s'ha tingut en compte pel disseny del sistema de captació solar. En la captació fixa els mòduls es col·loquen en una estructura que els manté en la mateixa posició durant tot l'any, el sistema es caracteritza per la seva facilitat, simplicitat i baix cost de la instal·lació, respecte a altres sistemes de captació que realitzin un seguiment solar. Però té l'inconvenient de tenir una baixa eficiència de captació, degut a no seguir el moviment relatiu del Sol respecte a la Terra.

Aquest moviment relatiu, tant diari com estacional, provoca que els raigs solars no incideixen tot el temps perpendicularment sobre la superfície de captació i, per tant, no s'aconsegueixen els nivells de radiació òptims.

Per tal d'aprofitar al màxim la radiació solar disponible, s'ha de determinar l'orientació i la inclinació dels mòduls fotovoltaics i així, poder aconseguir la mitjana anual màxima d'energia solar captada.

A partir de les dades que obtenen les diferents estacions meteorològiques que recullen les dades de radiació solar sobre una superfície inclinada, amb l'angle d'inclinació variable, i també, amb orientació variable (azimut 0°, 30°, 60°, 90°), es pot determinar amb exactitud la posició en la qual es pot aconseguir una captació anual màxima d'energia solar.

L'estació meteorològica més propera a la localitat de Vilanova la Barca, és la situada en el municipi de Lleida-Raimat. En la Taula 2-24 es mostren les coordenades UTM d'aquesta estació, en la qual es recullen dades de radiació solar global mitjana diària per cada mes i per unitat de superfície.

| Municipi | Xarxa | X UTM | Y UTM | Altitud (m) | Latitud (°) |
|---------------|-------|--------|---------|-------------|-------------|
| Lleida-Raimat | XMET | 288750 | 4617950 | 290 | 41,62 N |

Taula 2-24. Característiques de l'estació meteorològica de Raimat.

En la Taula 2-25 es mostren les dades de radiació solar per unitat de superfície i de temps recollides en l'estació de Lleida-Raimat (facilitades pel Servei Meteorològic de Catalunya), per una superfície amb diferents graus d'inclinació i amb la posició azimutal de 0° (orientació Sud), ja que és la taula que conté els màxims valors de major radiació.

A continuació en la Taula 2-25, s'han destacat els valors que donen una captació anual d'energia solar major, essent la inclinació de 30° respecte el pla horitzontal la que proporciona aquesta major radiació anual.

Per una millor observació de les dades s'ha realitzat la Taula 2-26, en la que es pot veure un resum de la captació d'energia solar que s'obté amb l'azimut 0° i amb una inclinació de 30°, segons les dades de l'estació meteorològica situada a la població de Lleida-Raimat, l'estació que disposa d'equips per mesurar la radiació solar, més propera al nucli de Vilanova la Barca.



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida

| Radiació mitjana a 30° | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Mes | MJ/m ² .dia | MJ/m ² .mes | kWh/m ² .mes |
| Gener | 7,39 | 229,09 | 61,85 |
| Febrer | 11,56 | 323,68 | 87,39 |
| Març | 16,63 | 515,53 | 139,19 |
| Abril | 20,71 | 621,30 | 167,75 |
| Maig | 23,05 | 714,55 | 192,93 |
| Juny | 23,92 | 717,60 | 193,75 |
| Juliol | 23,65 | 733,15 | 197,95 |
| Agost | 22,01 | 682,31 | 184,22 |
| Setembre | 18,63 | 558,90 | 150,90 |
| Octubre | 13,65 | 423,15 | 114,25 |
| Novembre | 8,71 | 261,30 | 70,55 |
| Desembre | 6,04 | 187,24 | 50,55 |
| | Total anual | 5967,80 | 1611,31 |

Taula 2-26. Taula-resum de la radiació obtinguda en l'estació meteorològica de Lleida-Raimat per una superfície amb azimut 0° (orientació Sud) i amb 30° d'inclinació (Font: Atlas de radiació solar, 2000).

En la Figura 2-7 es representen gràficament els valors de la Taula 2-25, per una millor visualització de les dades que hi apareixen.

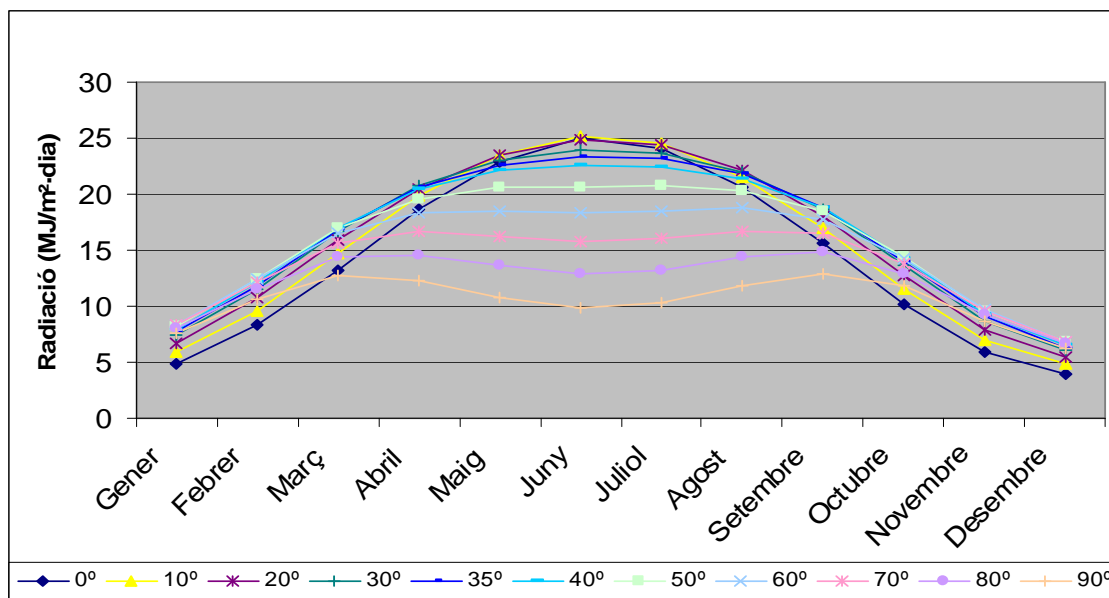


Figura 2-7. Corbes de la radiació solar mitjana diària captada per una superfície fixa amb diferents inclinacions, segons les dades recollides en l'estació meteorològica de Lleida-Raimat.

2.2.1.3. Captació mòbil per seguiment

Aquesta és la segona de les alternatives que s'ha tingut en compte pel disseny del sistema de captació solar, en la qual s'empren alguns dels mètodes teòric-empírics que han estat desenvolupats, per tal d'aproximar d'una forma força precisa l'energia que podem captar amb un sistema de seguiment solar.

Aquestes metodologies de càlcul tenen en compte els moviments relatius entre la Terra i el Sol, mitjançant una sèrie d'expressions que inclouen paràmetres descrits en la introducció d'aquest apartat.

L'objectiu del càlcul és el d'obtenir la màxima captació de radiació directa possible, la qual s'aconsegueix mantenint durant tot l'any una perpendicularitat entre els raigs solars i la superfície de captació. Per tal de tenir aquesta perpendicularitat el màxim de temps possible, la superfície de captació ha de ser capaç de realitzar dos tipus de moviments. Un moviment azimutal, que mantindrà la perpendicularitat durant les hores del dia, seguint el moviment del Sol. El segon moviment s'aconsegueix modificant la inclinació respecte el pla horitzontal, que mantindrà la perpendicularitat durant les diferents estacions de l'any.

Els sistemes de captació solar que solament realitzen un tipus de moviment s'anomenen sistemes de seguiment en un sol eix, si el desplaçament és azimutal s'anomenen sistemes de seguiment diari, en canvi, si el que fem es variar la inclinació se'n diu seguiment estacional. Els sistemes que realitzen els dos tipus de moviments dels captadors, s'anomenen sistemes de seguiment de doble eix.

Les expressions emprades pel càlcul són les següents :

- **Declinació (δ):** és l'angle que forma el pla orbital marcat per la línia Terra-Sol i l'equador terrestre. El valor d'aquest angle varia durant tot l'any entre $\pm 23,45^\circ$, degut a la inclinació de l'eix polar (eix de rotació de la Terra), respecte a l'eix normal al pla orbital.

La declinació variarà en funció del dia de l'any en que ens trobem (n) i es determina segons l'expressió:

$$\delta \cong 23,45^\circ \cdot \sin \left[360 \cdot \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right] \quad \text{Equació 2-9}$$

- Angle horari (ω_s): és el paràmetre que relaciona el temps solar veritable amb la posició celeste del Sol. Interessa conèixer l'angle horari de sortida (o posta) del Sol, que s'expressa com:

$$\omega_{sp} = \arccos(-\tan \phi \cdot \tan \delta) \quad \text{Equació 2-10}$$

On:

Φ : és la latitud del punt geogràfic d'estudi (en aquest cas, la latitud de Lleida és $41,62^\circ$).

Donada una determinada superfície inclinada, situada a la superfície terrestre i amb una determinada orientació, definida per l'azimut mesurat respecte al Sud i per l'angle d'inclinació de la superfície (β) mesurat des de l'horitzontal, podem determinar la mitjana de radiació diària per cada mes de l'any (\overline{H}_T) rebuda sobre la superfície de captació, considerant que aquesta es mantingui perpendicular als raigs del Sol per qualsevol moment del dia.

La mitjana mensual de radiació diària sobre una superfície inclinada (\overline{H}_T), es determina segons l'expressió:

$$\overline{H}_T = \overline{R} \cdot \overline{H} \quad \text{Equació 2-11}$$

On:

\overline{H} : és la mitjana mensual de radiació diària sobre una superfície horitzontal obtinguda experimentalment i extreta del mapes de radiació de les estacions meteorològiques (veure taula de radiació de l'estació de Lleida-Raimat de l'apartat 2.2.6.).

\overline{R} : és la relació entre la mitjana mensual de radiació diària sobre la superfície del captador i una superfície horitzontal, i es calcula mitjançant l'expressió:

$$\overline{R} = \left(1 - \frac{\overline{H}_d}{\overline{H}}\right) \cdot \overline{R}_b + \left(\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}}\right) \cdot \left(\frac{1 + \cos \beta}{2}\right) + \rho \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2}\right) \quad \text{Equació 2-12}$$

On:

ρ : és la reflectància del sòl, que pot anar des de 0,2 per superfícies de pedres blanquinoses, fins a 0,7 per una superfície coberta de neu (en aquest cas, s'ha triat un valor intermedi de 0,45).

\overline{H}_d : és la mitjana mensual de radiació difusa diària en una superfície horitzontal. Aquesta acostuma a ser difícil de calcular ja que varia amb les condicions meteorològiques i és de caràcter força irregular. El que es fa, és aproximar la fracció difusa de la radiació total mitjana $\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}}$. Mitjançant la correlació de Liu i Jordan obtenim la següent expressió:

$$\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} = 1,39 - 4,027 \cdot \overline{K}_T + 5,531 \cdot \overline{K}_T^2 - 3,108 \cdot \overline{K}_T^3 \quad \text{Equació 2-13}$$

On:

\overline{K}_T : és l'índex de nuvolositat de la zona geogràfica d'estudi i el seu valor es troba tabulat per cada mes de l'any (veure taula de l'índex de nuvolositat de l'apartat 2.2.6.).

\overline{R}_b : és una funció de la transmitància de l'atmosfera, es pot calcular per cada mes com el quocient entre la radiació extraterrestre sobre una superfície inclinada i una superfície horitzontal, mitjançant l'expressió:

$$\overline{R}_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega'_s + (\pi/180) \cdot \omega'_s \cdot \sin(\phi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + (\pi/180) \cdot \omega_s \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta} \quad \text{Equació 2-14}$$

On:

ω_s : és l'angle horari corresponent a la posta del Sol per una superfície horitzontal, calculat anteriorment per l'Equació 2-10.

ω'_s : és l'angle horari corresponent a la posta del Sol per una superfície inclinada, es calcula amb la següent equació:

$$\omega'_s = \min[\omega_s, \arccos(-\tan(\phi - \beta) \cdot \tan \delta)] \quad \text{Equació 2-15}$$

Un cop establertes les expressions analítiques que permetran calcular la quantitat de radiació mitjana diària i mensual, ja es poden realitzar els càlculs que es realitzaran mitjançant l'estudi del que passa el dia representatiu de cada mes de l'any, que corresponen als dies que es poden observar en la Taula 2-27.

| Mes | Dia de l'any (n) | Data |
|----------|------------------|----------------|
| Gener | 17 | 17 de gener |
| Febrer | 47 | 16 de febrer |
| Març | 75 | 16 de març |
| Abril | 105 | 15 d'abril |
| Maig | 135 | 15 de maig |
| Juny | 162 | 11 de juny |
| Juliol | 196 | 17 de juliol |
| Agost | 228 | 16 d'agost |
| Setembre | 258 | 15 de setembre |
| Octubre | 288 | 15 d'octubre |
| Novembre | 318 | 14 de novembre |
| Desembre | 344 | 10 de desembre |

Taula 2-27. Dies significatius per cada mes de l'any per realitzar els càlculs estimatius.

2.2.1.3.1. Seguiment en un sol eix (seguiment diari)

Aquest sistema de captació solar consisteix en modificar la posició de la superfície de captació en funció de la posició del Sol durant les diferents hores del dia. Mitjançant aquest sistema no és varia la inclinació dels panells solars i s'aconsegueix una orientació diària, la qual permetrà una major captació que utilitzant el sistema fix, ja que, fent el seguiment diari s'aconsegueix que els raigs solars incidents en la superfície captadora ho facin de la forma més perpendicular possible a la mateixa.

Aquest sistema no permet arribar als índexs de captació que, com es veurà més endavant, s'aconsegueixen amb sistemes de doble eix, realitzant un seguiment tant diari com estacional.

Igualment que en els sistemes de captació fixa, és necessari, per garantir el màxim aprofitament de la radiació solar al llarg de l'any, determinar una inclinació òptima dels panells, ja que, com s'ha dit anteriorment, aquest sistema no modifica la inclinació dels panells solars un cop instal·lats.

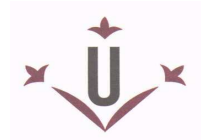
Amb les equacions descrites anteriorment, s'obté la mitjana mensual de radiació solar diària per cada inclinació. Els resultats d'aquests càlculs de la captació solar s'observen en la Taula 2-28.



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida

En la Taula 2-28, es pot observar la inclinació òptima dels panells, amb la qual s'obté una radiació solar major en un sistema de seguiment en un sol eix diari, és de 40° respecte l'horitzontal. Aquesta inclinació òptima és la mateixa que l'obtinguda en el sistema de captació fixa, però amb un sensible augment de l'energia captada pel mateix angle òptim.

També s'ha de tenir en compte que al fer els càlculs amb intervals de 5°, l'angle òptim exacte no té per què ser exactament el de 40°, però serà ben proper a aquest. Els resultats obtinguts, per la inclinació òptima, es troben resumits en la Taula 2-29.

| Radiació mitjana a 40° | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Mes | MJ/m²-dia | MJ/m²-mes | kWh/m²-mes |
| Gener | 10,87 | 336,83 | 90,94 |
| Febrer | 19,90 | 557,20 | 150,44 |
| Març | 20,34 | 630,45 | 170,22 |
| Abril | 20,61 | 618,20 | 166,91 |
| Maig | 20,68 | 641,00 | 173,07 |
| Juny | 21,60 | 647,87 | 174,93 |
| Juliol | 22,37 | 693,34 | 187,20 |
| Agost | 21,65 | 671,29 | 181,25 |
| Setembre | 20,09 | 602,83 | 162,76 |
| Octubre | 17,63 | 546,47 | 147,55 |
| Novembre | 10,37 | 311,20 | 84,03 |
| Desembre | 6,64 | 205,91 | 55,60 |
| | Total anual | 6462,59 | 1744,90 |

Taula 2-29. Taula-resum de la radiació obtinguda mitjançant càlcul teòric per una superfície mòbil amb seguiment diari i a 40° d'inclinació a Vilanova la Barca.

En la Figura 2-8 es representen gràficament els valors de la Taula 2-28 per una millor visualització de les dades que hi apareixen.

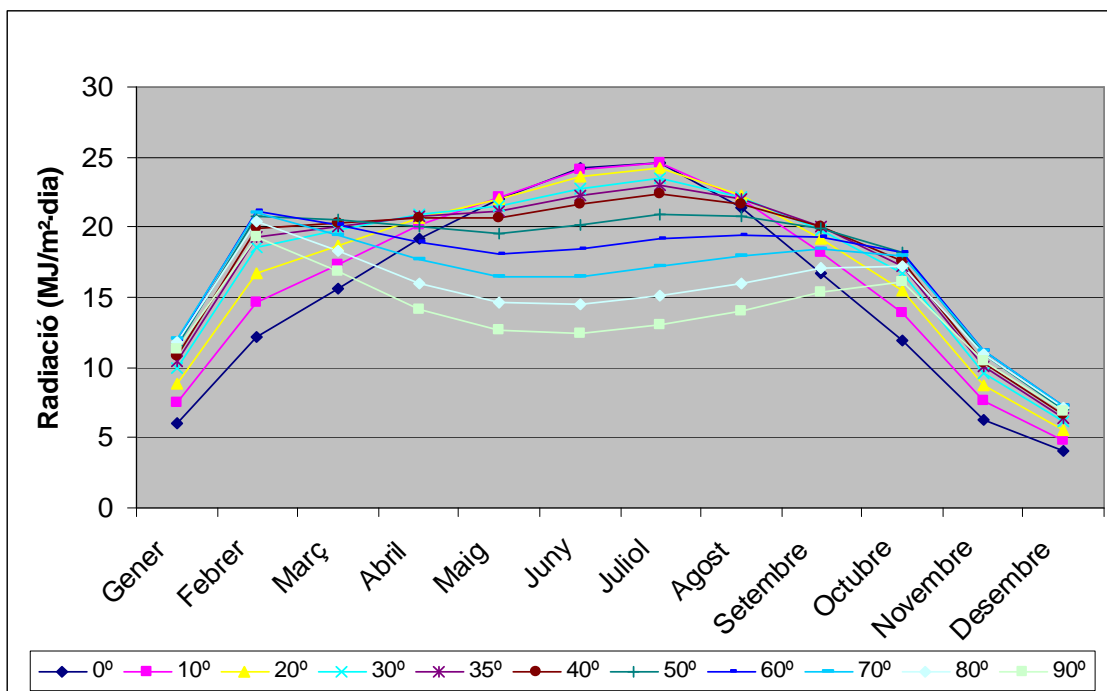


Figura 2-8. Corbes de la radiació mitjana diària obtinguda per càlcul teòric per una superfície mòbil amb seguiment diari i amb diferents graus d'inclinació a Vilanova la Barca.

2.2.1.3.2. Seguiment en un sol eix (seguiment estacional)

Aquest sistema de captació solar consisteix en modificar la inclinació dels panells solars en funció de la posició del Sol durant les diferents estacions de l'any. El sistema per fer-ho és força senzill, únicament cal variar la inclinació de l'estructura que suporta els panells solars. Aquesta estructura ha d'estar articulada per l'extrem més proper al Sud, i per l'extrem oposat, s'ha de poder variar l'angle d'inclinació respecte l'horitzontal; per aconseguir-ho no és necessari cap tipus d'automatisme ni de tecnologia d'elevat preu. Per tant, la inversió a fer respecte els sistemes de captació fixes és força similar, però, en canvi, s'aconsegueix captar una major radiació solar. Aquesta és major ja que, com es pot veure en la Taula 2-25, es pot prendre per cada mes una inclinació òptima de la superfície captadora. Com en el sistema de captació fixa, es prenen les taules de radiació solar global sobre una superfície inclinada i amb orientació Sud (Azimut 0°), recollida en l'estació meteorològica de Raimat. El resultat es pot veure en la Taula 2-30.

| Mes | Radiació mitjana | | | Inclinació |
|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|
| | MJ/m ² -dia | MJ/m ² -mes | kWh/m ² -mes | òptima |
| Gener | 8,35 | 258,85 | 69,89 | 60° |
| Febrer | 12,44 | 348,32 | 94,05 | 55° |
| Març | 17,01 | 527,31 | 142,37 | 45° |
| Abril | 20,71 | 621,30 | 167,75 | 30° |
| Maig | 23,56 | 730,36 | 197,20 | 15° |
| Juny | 25,18 | 755,40 | 203,96 | 10° |
| Juliol | 24,53 | 760,43 | 205,32 | 10° |
| Agost | 22,10 | 685,10 | 184,98 | 25° |
| Setembre | 18,77 | 563,10 | 152,04 | 40° |
| Octubre | 14,39 | 446,09 | 120,44 | 50° |
| Novembre | 9,71 | 291,30 | 78,65 | 60° |
| Desembre | 6,87 | 212,97 | 57,50 | 60°- 65° |
| | Total anual | 6200,53 | 1674,14 | |

Taula 2-30. Taula de la radiació obtinguda per un sistema de seguiment en un sol eix (seguiment estacional) a Vilanova la Barca.

2.2.1.3.3. Seguiment en dos eixos (seguiment doble)

L'última de les alternatives estudiades per realitzar la captació solar, consisteix en la instal·lació d'equips que permeten realitzar un seguiment solar en dos eixos, en un eix azimutal i en un d'estacional. Mitjançant aquest sistema s'aconsegueix un màxim aprofitament de la superfície captadora instal·lada, al mantenir-se, aquesta, perpendicular als raigs solars en qualsevol hora de l'any.

El càlcul a realitzar per aquesta alternativa parteix del mètode teòric explicat al principi en l'apartat 2.2.1.3. i emprat pel sistema de seguiment diari en un sol eix, tenint en compte la variació de la inclinació òptima per cada mes de l'any. Primer de tot, es determina quina és la inclinació òptima mensual que permet captar la màxima energia amb seguiment en un eix diari. Amb aquest valor per la inclinació, es realitza el mateix càlcul del mètode teòric explicat al principi en l'apartat 2.2.1.3. per tal de realitzar un seguiment diari en la superfície inclinada en l'òptim.

D'aquesta manera, s'aconsegueix simular el comportament que tindrà el sistema amb doble eix, combinant els dos tipus de seguiment solar, per tal d'obtenir la màxima captació possible de radiació solar. En la Taula 2-31 es mostra un resum dels resultats obtinguts.

| Mes | Radiació mitjana | | | Inclinació |
|----------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------|
| | MJ/m ² -dia | MJ/m ² -mes | kWh/m ² -mes | òptima |
| Gener | 12,00 | 371,87 | 100,41 | 70° |
| Febrer | 21,16 | 592,37 | 159,94 | 60° |
| Març | 20,49 | 635,13 | 171,49 | 50° |
| Abril | 20,84 | 625,29 | 168,83 | 30° |
| Maig | 22,14 | 686,40 | 185,33 | 10° |
| Juny | 24,26 | 727,86 | 196,52 | 0° |
| Juliol | 24,64 | 763,78 | 206,22 | 0° |
| Agost | 22,29 | 691,03 | 186,58 | 20° |
| Setembre | 20,09 | 602,83 | 162,76 | 40° |
| Octubre | 18,25 | 565,72 | 152,74 | 60° |
| Novembre | 11,17 | 335,22 | 90,51 | 70° |
| Desembre | 7,24 | 224,35 | 60,57 | 70° |
| | Total anual | 6821,85 | 1841,90 | |

Taula 2-31. Taula de radiació obtinguda per càlcul teòric per un sistema de seguiment en dos eixos (diari i estacional) a Vilanova la Barca.

2.2.1.4. Comparativa de resultats obtinguts

Un cop estudiades les diferents alternatives per realitzar la captació solar (captació fixa, seguiment diari, seguiment estacional i seguiment doble), es mostra un resum dels resultats que s'han obtingut, en la Taula 2-32 per tal de poder-les comparar.

En la Taula 2-32 es pot observar com amb seguidors de doble eix es capta la màxima energia per unitat de superfície i per mes de l'any. Comparant-la amb la radiació captada amb un seguiment en un sol eix diari amb 40° d'inclinació, l'augment és d'un 5,56%. D'altra banda, l'increment d'energia solar captada amb seguiment de doble eix respecte un sistema de captació fixa amb una inclinació de 30° és d'un 14,31%.

En la Figura 2-9, es mostra gràficament els valors de la Taula 2-32, per visualitzar millor les diferències entre els sistemes de captació solars estudiats.



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida

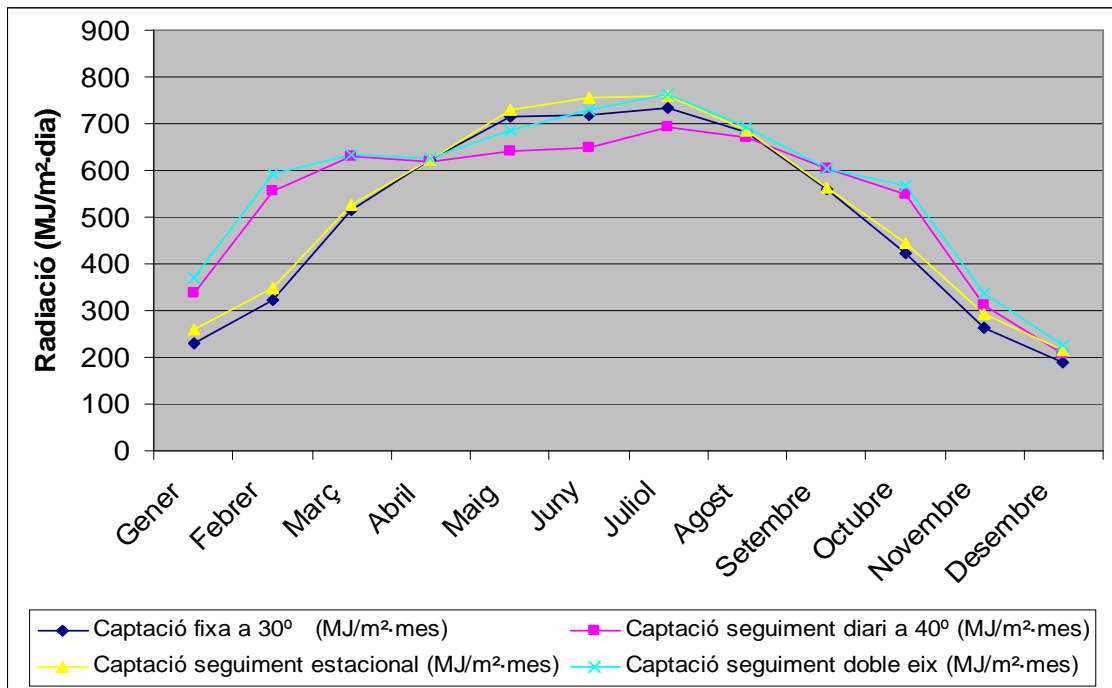


Figura 2-9. Gràfic comparatiu de la radiació solar mitjana obtinguda amb les diferents alternatives estudiades a Vilanova la Barca.

2.2.2. Instal·lació solar fotovoltaica

2.2.2.1. Introducció

La instal·lació fotovoltaica de connexió a la xarxa elèctrica de baixa tensió consisteix en un grup de panells fotovoltaics, que produeixen energia elèctrica en forma de corrent continu, a partir de la radiació solar que incideix sobre ells. A continuació hi ha un o més inversors que transformen el corrent continu (DC) produït pel grup de panells fotovoltaics, a corrent altern (AC). Els inversors s'instal·laran entre el grup de panells fotovoltaics i un comptador de sortida que s'encarrega de mesurar l'energia produïda per la instal·lació que es ven a l'empresa distribuïdora.

En els apartats que segueixen, es seleccionen els diferents elements que componen la instal·lació solar connectada a la xarxa elèctrica de baixa tensió.

2.2.2.2. Mòduls fotovoltaics

El mòdul fotovoltaic és l'element de la instal·lació solar encarregat de transformar l'energia solar en electricitat en forma de corrent continu.

Un mòdul fotovoltaic està format per un conjunt de cèl·lules solars o petits generadors d'intensitat connectats en sèrie, o en grups de cèl·lules connectades en sèrie disposats en paral·lel, en el cas de mòduls de gran potència, encapsulats entre un vidre temperat i vàries capes de material plàstic. El conjunt es reforça amb perfils metàl·lics d'alumini que formen un marc exterior que dona rigidesa i facilita poder col·locar el mòdul a l'estructura de suport. A la part posterior del mòdul, s'hi ubica la caixa, o caixes, de connexions amb els terminals, identificant-ne el positiu i el negatiu.

Els components que conformen el mòdul fotovoltaic són els següents:

- Cèl·lula solar: formada amb material semiconductor amb la particularitat de transformar la radiació solar en electricitat, mitjançant l'anomenat efecte fotovoltaic. La cèl·lula solar més habitual és una làmina de silici d'un gruix aproximat de 0,3 mm i d'una superfície d'entre 10x10 cm i 16x16 cm.
- Coberta exterior: té una funció eminentment protectora, ja que és la que pateix l'acció dels agents atmosfèrics. Es fa servir el vidre temperat ja que presenta una bona protecció contra els impactes i té una excel·lent transmissió de la radiació solar. L'espessor més habitual és de 4 mm.
- Capes encapsulants: són les encarregades d'envoltar les cèl·lules solars i els seus contactes. El material més emprat és l'etilen-vinilacetat o l'EVA, que proporciona una excel·lent transmissió de la radiació solar, així com una nul·la degradació davant les radiacions ultraviolades. També, dona certa elasticitat al conjunt de cèl·lules, davant les possibles vibracions exteriors en l'ús del mòdul.
- Protecció posterior: la seva missió consisteix, fonamentalment, en protegir contra els agents atmosfèrics, exercint una barrera infranquejable contra la humitat. Normalment, es fan servir materials acrílics, TEDLAT o EVA. Sovint són de color blanc, ja que això afavoreix el rendiment del pannel, gràcies al reflex que es produeix en les cèl·lules.

- Marc de suport: és la part que dona robustesa mecànica al conjunt i que permet ubicar-lo en les estructures que agrupen els mòduls. Normalment, és d'alumini anoditzat i va proveït dels forats necessaris per ancorar-lo a un bastidor, evitant així haver-lo de manipular posteriorment. Porten acoblats una presa de terra, per prevenir de possibles contactes no desitjats a l'usuari.

Les característiques d'un mòdul fotovoltaic venen determinades pel tipus de cèl·lula emprada. Hi ha tres tipus bàsics de mòduls fotovoltaics:

- Mòdul de silici monocristal·lí: presenta una tonalitat uniforme de les oblees i ofereix un rendiment d'un 14-16%.
- Mòdul de silici policristal·lí: presenta una tonalitat poligràfica de les oblees i ofereix un rendiment d'un 13-15%.
- Mòdul de silici amorf: presenta un to fosc uniforme i ofereix un rendiment d'un 6-8%.

Pel disseny del sistema de captació solar, s'han escollit diferents models de panells fotovoltaics dels fabricants Isofotón, Bp, Conergy i Solarworld. Per cadascun d'aquest models s'obté la fixa tècnica i el preu. En la Taula 2-33, es poden veure resumides les característiques físiques i elèctriques juntament amb el preu, de cadascun dels models escollits de panells fotovoltaics.

Com es pot observar en la següent taula, s'ha escollit per instal·lar en el sistema de captació solar, els panells fotovoltaics del fabricant Solarworld i el model SW-220. Tenint en compte, que en tots els models elegits els rendiments són similars i tenen garantitzada una vida útil al voltant dels 25 anys, s'ha elegit el model amb el criteri del més econòmic.

En la Taula 2-33 es pot observar que el pannel fotovoltaic Solarworld SW-220 té la millor relació preu/watts de potència de la placa. A més amb aquest pannel, el preu total del sistema de captació, és el més econòmic en comparació amb els altres models escollits que estan a la taula. Això es perquè el pannel Solarworld SW-220 és el model de la taula amb més potència, amb el qual s'arriba a la potència determinada (5 kW) de la instal·lació solar fotovoltaica amb el menor nombre de panells i per tant, el camp fotovoltaic ocuparà menys espai, s'utilitzaran menor nombre de seguidors per subjectar els panells fotovoltaics i el cost del sistema de captació serà inferior.



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir



Universitat de Lleida

2.2.2.3. Inversors

Els inversors s'encarreguen de transformar el corrent continu (DC), en corrent altern (AC). Actualment existeixen en el mercat tres tipus d'inversors de corrent atenent a la forma i característiques de l'ona produïda:

- Inversor d'ona quadrada: aquests inversors són els més barats del mercat, a més són els menys eficients i la seva potència no acostuma a sobrepassar els 500 W. Aquests inversors no són aptes per a instal·lacions de connexió de xarxa.
- Inversor d'ona senoidal modificada: són més sofisticats que els anteriors però no proporcionen la qualitat d'ona exigida en la connexió de xarxa, amb el que no és aconsellable el seu ús en aquest tipus d'instal·lacions.
- Inversor d'ona senoidal pura: aquest és l'inversor més sofisticat i car que hi ha actualment. Estan controlats per un microprocessador que proporciona una gran qualitat d'ona amb mínimes distorsions i grans rendiments de fins al 96% que els fa adequats per a injectar corrent a la xarxa general de distribució elèctrica.

Segons la instal·lació solar fotovoltaica que es realitza amb aquest projecte, s'escolleixen models d'inversors d'ona senoidal pura que son els més adequats per a injectar corrent a la xarxa general de distribució elèctrica. Com que la potència total de la instal·lació solar és de 5 kW s'opta per instal·lar dos inversors de 2500 W cadascun (un inversor per a cada seguidor), per tal de no dependre d'un sol inversor de 5000 W per a tota la instal·lació. En el cas en que es produís una avaria en l'inversor, si hi hagués instal·lat un sol inversor de 5000 W la instal·lació solar deixaria d'injectar corrent a la xarxa elèctrica general, en canvi si hi han instal·lats dos inversors de 2500 W cadascun i s'avaria un d'ells, l'altre continua funcionant i la instal·lació injecta la meitat, de la corrent total que es produeix quan funcionen alhora els dos inversors.

En la Taula 2-34 es poden veure alguns dels models seleccionats per l'elecció dels inversors de la instal·lació, amb les principals característiques físiques i elèctriques, així com el preu unitari de cadascun d'ells.

A partir de la Taula 2-34, s'ha escollit l'inversor del fabricant Fronius i el model IG 30. Com que tots els models elegits son d'ona senoidal pura, tenen un voltatge i una potència nominal de sortida igual i les eficiències màximes son similars, s'ha elegit el model amb el criteri del més econòmic.

| MARCA I MODEL | FRONIUS IG 30 | INGECON Sun 2.5 | XANTREX GT 3.0E | SUNNYBOY SB 2800 |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Dimensions (mm) | 366x338x220 | 420x420x272 | 551x403x146 | 440x305x226 |
| Pes (Kg) | 9 | 49 | 18,6 | 31 |
| Tipus d'ona | Senoidal pura | | | |
| Rang de voltatge d'entrada (V) | 150 - 400 | 125 - 450 | 195 - 600 | 224 - 600 |
| Voltatge nominal de sortida (V) | 230 | 230 | 230 | 230 |
| Potència nominal de sortida (W) | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| Potència màxima de sortida (W) | 2600 | 2700 | 3000 | 2800 |
| Eficiència màxima (%) | 94,5 | 94 | 94,96 | 94 |
| Preu unitari (€) | 2285 | 2603 | 2731 | 2446 |

Taula 2-34. Taula comparativa dels models d'inversors escollits pel dimensionat de la instal·lació solar.

2.2.2.4. Estimació econòmica de la instal·lació solar

En aquest apartat s'elabora la Taula 2-35, per a calcular el cost total del conjunt d'elements/aparells solars (panells fotovoltaics, inversors i seguidors de doble eix) necessaris per a realitzar la instal·lació solar fotovoltaica de 5 kW connectada a la xarxa elèctrica general.

| Elements solars | Unitats | Preu unitari (€) | Preu total (€) |
|--------------------------------------|---------|------------------|----------------|
| Panell fotovoltaic Solarworld SW-220 | 24 | 1042 | 25008 |
| Seguidor solar de doble eix | 2 | 2272 | 4544 |
| Inversor Fronius IG 30 | 2 | 2285 | 4570 |
| Cost total (sense subvenció) | | | 34122 |
| Subvenció 3,7 €/Wp instal·lat | | | 19536 |
| Cost total (amb subvenció) | | | 14586 |

Taula 2-35. Taula resum del cost total de la instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica general, amb un sistema de captació amb seguiment solar de doble eix.

2.2.2.5. Càlcul de la potència elèctrica generada amb corrent continu

La potència elèctrica amb corrent continu es subministrada per 24 panells fotovoltaics Solarworld SW-220 d'una potència pic de 220 W cada un. Aquesta potència de subministrament estarà dividida amb dos línies (LF1

i LF2) connectades amb paral·lel amb 12 panells fotovoltaics connectats en sèrie a cada línia.

Per cada una de les línies es calcula la seva $P_{m\grave{a}x}$, $I_{m\grave{a}x}$ i $V_{m\grave{a}x}$:

- LF1:

$$\begin{aligned} P_{m\grave{a}x} &= 12 \cdot 220 = 2640 \text{ W} \\ I_{m\grave{a}x} &= 7,4 \text{ A (12 panells de 7,4 A connectats en sèrie)} \\ V_{m\grave{a}x} &= 12 \cdot 29,8 = 357,6 \text{ V} \end{aligned}$$

- LF2:

$$\begin{aligned} P_{m\grave{a}x} &= 12 \cdot 220 = 2640 \text{ W} \\ I_{m\grave{a}x} &= 7,4 \text{ A (12 panells de 7,4 A connectats en sèrie)} \\ V_{m\grave{a}x} &= 12 \cdot 29,8 = 357,6 \text{ V} \end{aligned}$$

2.2.2.6. Càlcul de la superfície de captació solar

La superfície total destinada a la captació d'energia solar és el resultat del producte del nombre de panells que s'instal·len per la superfície de cadascun d'ells (Equació 2-16):

$$S_{totcapt} = N_p \cdot S_p \quad \text{Equació 2-16}$$

On:

N_p : és el nombre de panells fotovoltaics instal·lats en el sistema de captació solar.

S_p : és la superfície de cada panell fotovoltaic, en m^2 .

En la Taula 2-33, s'observa que el sistema de captació està format per 24 panells fotovoltaics i que cada panell té una superfície de $1,67 m^2$. Substituint aquests valors en l'Equació 2-16, s'obté que l'àrea total de captació és $40,08 m^2$.

Els panells fotovoltaics estaran distribuïts en dos seguidors solars amb dotze panells cadascun, amb una superfície de captació de $20,04 m^2$ per cada seguidor solar.

2.2.2.7. Càlcul de la producció elèctrica anual

L'energia elèctrica anual generada en corrent continu per la instal·lació solar, es calcula a partir de l'Equació 2-17:

$$E_{Eléc.} = E_{cap} \cdot S_{totcap} \cdot \eta \quad \text{Equació 2-17}$$

On:

$E_{Eléc.}$: és l'energia elèctrica anual generada, en kWh/any.

E_{cap} : és l'energia solar anual captada, en kWh/m²·any. Per un seguiment de doble eix s'obté mitjançant la Taula 2-31.

S_{totcap} : és la superfície total de captació solar, en m², calculada en l'apartat 2.2.2.5.

η : és l'eficiència de la transformació energètica (de solar a elèctrica) del mòdul fotovoltaic en condicions estàndard d'irradiació de 1000 W/m² i 25 °C.

En la Taula 2-31, s'observa que l'energia solar anual captada és de 1841,90 kWh/m²·any. En l'apartat anterior, s'ha calculat la superfície total de captació solar que és de 40,08 m². L'eficiència del pànel fotovoltaic Solarworld SW-220 és de 14,5% segons el fabricant. Substituint aquests valors en l'Equació 2-17 s'obté que l'energia elèctrica anual generada és de 10704,38 kWh/any.

L'energia elèctrica anual injectada a la xarxa elèctrica general, es calcula a partir de l'Equació 2-18:

$$E_{xarxa} = E_{Eléc.} \cdot \eta_{inv} \quad \text{Equació 2-18}$$

On:

E_{xarxa} : és l'energia elèctrica anual injectada a la xarxa, en kWh/any.

$E_{Eléc.}$: és l'energia elèctrica anual generada, en kWh/any, calculada en l'Equació 2-17.

η_{inv} : és l'eficiència màxima dels inversors segons el fabricant.

A partir de l'Equació 2-17 s'obté que l'energia elèctrica anual generada és de 10704,38 kWh/any i l'eficiència màxima dels inversors és 0,945 segons el fabricant. Substituint els valors en l'Equació 2-18 s'obté que l'energia elèctrica anual injectada a la xarxa elèctrica general és de 10115,64 kWh/any.

2.2.3. Càlcul de les línies elèctriques de la instal·lació solar fotovoltaica

2.2.3.1. Càlcul de la potència de subministrament

La potència màxima de subministrament a la xarxa de baixa tensió, de la instal·lació solar fotovoltaica serà de 5,2 kW en les condicions ideals de funcionament. Aquesta potència màxima s'obté al sumar les potències que injecten els dos inversors Fronius IG 30 de 2,6 kW de potència màxima teòrica cadascun, connectats en paral·lel entre si.

Inversors Fronius IG 30:

- Rendiment màxim (η) = 94,5%
- Potència màxima de sortida per inversor (P) = 2600 W
- Factor de potència ($\cos \phi$) = 0,8
- Potència nominal de sortida per inversor (P_n) = 2500 W
- Potència nominal total de subministrament en corrent altern AC (P_T):

$$P_T = 2 \cdot P_n = 2 \cdot 2500 = 5000 \text{ W}$$

Per tant la potència nominal de subministrament de la instal·lació solar fotovoltaica a la xarxa de baixa tensió serà de 5 kW, resultat de la suma de la potència nominal dels dos inversors.

2.2.3.2. Característiques de les línies elèctriques

La instal·lació solar fotovoltaica disposarà de 5 línies diferenciades en funció de les característiques elèctriques de cadascuna (veure el plànol 6 corresponent a l'esquema unifilar de la instal·lació solar). Aquestes línies consistiran en: una línia repartidora principal (LR) des del punt de connexió a la xarxa de baixa tensió, fins al punt de derivació, dues línies derivades (LD1 i LD2) d'unió entre el punt de derivació i la sortida d'alterna de cada inversor i dues línies fotovoltaïques (LF1 i LF2) des de les entrades de contínua dels inversors fins a les connexions dels mòduls fotovoltaïcs. En la Taula 2-36 es mostren detalladament els elements de consum i les potències de cada línia.

| Línies | Elements de consum | Unitats | Potència unitària (W) | Potència total (W) |
|--------|--|---------|-----------------------|--------------------|
| LF1 | Plaques solars | 12 | 220 | 2640 |
| LF2 | Plaques solars | 12 | 220 | 2640 |
| LD1 | Inversor | 1 | 2600 | 2600 |
| LD2 | Inversor | 1 | 2600 | 2600 |
| LR | Uneix línies LD1 i LD2 amb línia general | --- | --- | 5200 |

Taula 2-36. Potència de cada una de les línies elèctriques.

A continuació, es descriuen les característiques elèctriques per cada una de les línies que formen la instal·lació solar fotovoltaica:

Línia repartidora (LR)

- Circuit de corrent monofàsic
- Potència màxima: 5200 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud màxima: 50 m
- Caiguda de tensió admissible: 1%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia derivada (LD1)

- Circuit de corrent monofàsic
- Potència màxima: 2600 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud màxima: 5 m
- Caiguda de tensió admissible: 1%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia derivada (LD2)

- Circuit de corrent monofàsic
- Potència màxima: 2600 W
- Tensió: 230 V (AC)
- Longitud màxima: 5 m
- Caiguda de tensió admissible: 1%
- Material: coure (K=56)
- $\cos \varphi$: 0,8

Línia fotovoltaica (LF1)

- Circuit de corrent continu
- Potència màxima: 2640 W
- Tensió màxima: 357,6 V (DC)
- Longitud màxima: 60 m
- Caiguda de tensió admissible: 1%
- Material: coure (K=56)

Línia fotovoltaica (LF2)

- Circuit de corrent continu
- Potència màxima: 2640 W
- Tensió màxima: 357,6 V (DC)
- Longitud màxima: 60 m
- Caiguda de tensió admissible: 1%
- Material: coure (K=56)

2.2.3.3. Càlcul de les intensitats de les línies elèctriques

El càlcul de les intensitats s'ha realitzat després de conèixer la potència màxima, la tensió màxima i el factor de potència de cada una de les línies.

Aquests valors s'han obtingut de les característiques elèctriques que es descriuen en l'apartat anterior per a cada una de les línies de la instal·lació solar fotovoltaica. Per a realitzar el càlcul de les intensitats s'utilitzen diferents equacions, segons el tipus de corrent:

- Per línies de corrent altern monofàsic:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} \quad \text{Equació 2-19}$$

- Per línies de corrent continu:

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{Equació 2-20}$$

On:

I : és la intensitat de càlcul de la línia, en A.

P : és la potència de la càrrega connectada a la línia, en W.

V : és la tensió de la línia, en V.
 $\cos \varphi$: és el factor de potència.

Els resultats dels càlculs de la intensitat així com els valors que s'han utilitzat en les equacions per cada línia de la instal·lació, es mostren en la Taula 2-37:

| Línies | Circuit | Potència - P (W) | Tensió - V (V) | Fact. potència - $\cos \varphi$ | Longitud - L (m) | Intensitat de càlcul - I (A) |
|--------|---------|------------------|----------------|---------------------------------|------------------|------------------------------|
| LF1 | DC | 2640 | 357,6 | --- | 60 | 7,4 |
| LF2 | DC | 2640 | 357,6 | --- | 60 | 7,4 |
| LD1 | AC | 2600 | 230 | 0,8 | 5 | 14,13 |
| LD2 | AC | 2600 | 230 | 0,8 | 5 | 14,13 |
| LR | AC | 5200 | 230 | 0,8 | 50 | 28,26 |

Taula 2-37. Valors de les intensitats de càlcul de les línies elèctriques.

2.2.3.4. Càlcul de les seccions dels conductors

El càlcul de les seccions s'ha realitzat segons la intensitat màxima admissible dels conductors i segons la caiguda de tensió admissible, tal com indica el RBT (Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió) en les seves corresponents instruccions tècniques complementàries (ITC-BT-07, ITC-BT-15 i ITC-BT-19). Les seccions escollides seran les que compleixen les condicions més restrictives segons intensitat admissible o caiguda de tensió admissibles.

– Dimensionat dels conductors segons intensitat nominal

El dimensionat de la secció dels conductors en funció de la intensitat nominal que circula pels conductors de la instal·lació consisteix en definir la secció d'aquests, en mm^2 , per tal de que permetin el pas de tota la intensitat que hi circula en condicions normals de servei. S'ha de tenir en compte que quan circula corrent per un conductor es produeix un escalfament d'aquest, degut a pèrdues d'energia en forma de calor per efecte Joule, fins que s'arriba a l'equilibri tèrmic, és a dir, quan tota la calor que es produeix és cedida a l'exterior. La temperatura d'equilibri es troba en funció del volum del conductor, del seu aïllant i de les condicions ambientals a les que es troba el conductor.

Els conductors de les línies fotovoltaïques (LF1 i LF2) que van des dels mòduls fotovoltaïcs fins a l'entrada dels inversors, s'instal·laran dins de tubs protectors enterrats. En la resta de les línies (LD1, LD2 i LR), els conductors s'instal·laran en tubs protectors directament grapejats sobre les parets de la nau industrial.

Les seccions dels conductors de les línies fotovoltaïques s'escolliran a partir de la taula d'intensitats màximes admissibles que es troba en la ITC-BT-07. Per a trobar els valors de les seccions dels conductors (S_1) en aquesta taula, primer s'ha d'escollir la tipologia de la instal·lació enterrada, que en aquest cas és una instal·lació amb cables de coure unipolars, després s'ha d'escollir el tipus d'aïllament del conductor de coure, que en aquest cas és XLPE i per últim s'ha de seleccionar el valor de la intensitat admissible de cada línia i trobarem els valors de les seccions dels conductors (S_1) de les línies fotovoltaïques.

Les seccions dels conductors de la resta de les línies s'escolliran a partir de la taula d'intensitats màximes admissibles que es troba en la ITC-BT-19. Per a trobar els valors de les seccions dels conductors (S_1) en aquesta taula, primer s'ha d'escollir la tipologia de la instal·lació elèctrica, que en aquest cas és de tipus B (conductors aïllats en tubs en muntatge superficial o encastat en obra), després s'ha d'escollir el tipus d'aïllament del conductor de coure, que en aquest cas és XLPE (2x per a línies de corrent monofàsic) i per últim s'ha de seleccionar el valor de la intensitat admissible de cada línia i trobarem els valors de les seccions dels conductors (S_1) de les diferents línies. Els valors de les seccions de les línies de la instal·lació solar fotovoltaica es mostren en la Taula 2-38.

– Dimensionat dels conductors segons caiguda de tensió

El càlcul de la caiguda de tensió (c.d.t.) es realitza per comprovar si la secció del conductor, dimensionat prèviament segons la intensitat de càlcul, no provoca una c.d.t. molt important. La c.d.t. d'una línia es funció de la secció i la longitud d'aquesta. La c.d.t. augmenta com més longitud tingui la línia i menor sigui la seva secció.

Totes les línies que es dimensionen en la instal·lació solar fotovoltaica son línies de distribució, i la secció dels conductors s'haurà d'elegir de manera que la caiguda de tensió sigui com a màxim de l'1%. Aquesta c.d.t. ve definida per diferents equacions, segons el tipus de corrent.

- Per línies de corrent altern monofàsic:

$$cdt = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{S_1 \cdot c} \quad \text{Equació 2-21}$$

- Per línies de corrent continu:

$$cdt = \frac{2 \cdot L \cdot I}{S_1 \cdot c} \quad \text{Equació 2-22}$$

On:

S_1 : és la secció del conductor escollida segons intensitat de càlcul, en mm^2 .

L : és la longitud de la línia, en m.

I : és la intensitat de càlcul de la línia, segons la Taula 2-37, en A.

cdt : és la caiguda de tensió màxima permesa, en V.

$\cos \varphi$: és el factor de potència.

c : és la conductivitat del conductor, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ (de valor 56 pel coure).

En el cas de que la caiguda de tensió resultant d'aplicar les Equacions 2-21 i 2-22, superi els valors límits, s'ha d'augmentar la secció del conductor (S_1) fins que la caiguda de tensió sigui inferior o igual a l'1%. Quan les seccions dels conductors (S_1) son definitives, es torna a calcular la secció dels conductors (S_2) utilitzant les Equacions 2-23 i 2-24 segons el tipus de corrent i tenint en compte que la caiguda de tensió és la màxima permesa de cada línia.

- Per línies de corrent altern monofàsic:

$$S_2 = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{cdt \cdot c} \quad \text{Equació 2-23}$$

- Per línies de corrent continu:

$$S_2 = \frac{2 \cdot L \cdot I}{cdt \cdot c} \quad \text{Equació 2-24}$$

On:

S_2 : és la secció del conductor, en mm^2 .

L : és la longitud de la línia, en m.

I : és la intensitat de càlcul de la línia, segons la Taula 2-37, en A.

cdt : és la caiguda de tensió màxima permesa de cada línia, en V.

$\cos \varphi$: és el factor de potència.

c : és la conductivitat del conductor, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ (de valor 56 pel coure).

Després d'obtenir els valors de les seccions dels conductors (S_2) s'escull la secció final (S_{final}), que consisteix en comparar els valors de les seccions dels conductors S_1 i S_2 i escollir la secció de major valor.

Els valors de les seccions dels conductors (S_1), els resultats dels càlculs de la caiguda de tensió i dels càlculs de les seccions dels conductors (S_2) així com la secció final escollida per cada línia de la instal·lació, es mostren en la Taula 2-38:

| Línies | Intensitat de càlcul - I (A) | Secció - S_1 (mm^2) | Longitud - L (m) | c.d.t. (V) | c.d.t. (%) | Secció - S_2 (mm^2) | Secció final - S_{final} (mm^2) |
|--------|------------------------------|----------------------------------|------------------|------------|------------|----------------------------------|--|
| LF1 | 7,4 | 6 | 60 | 2,64 | 0,74 | 4,42 | 6 |
| LF2 | 7,4 | 6 | 60 | 2,64 | 0,74 | 4,42 | 6 |
| LD1 | 14,13 | 4 | 5 | 0,50 | 0,22 | 0,88 | 4 |
| LD2 | 14,13 | 4 | 5 | 0,50 | 0,22 | 0,88 | 4 |
| LR | 28,26 | 25 | 50 | 1,61 | 0,70 | 17,55 | 25 |

Taula 2-38. Taula per obtenir els valors de les seccions finals escollides per cada línia de la instal·lació.

Després d'escollir les seccions finals de les línies de la instal·lació s'ha elaborat una taula resum on trobem la secció final escollida, el número de conductors i la secció dels conductors per cada una de les línies de la instal·lació.

El número de conductors que formen cada línia, és el mateix tan si és una línia de corrent monofàsic o de corrent continu, tindrà 3 conductors (fase, neutre i terra). La secció de cadascun d'aquests conductors variarà per què el conductor de fase tindrà la mateixa secció que el valor de la secció final. Pel que fa referència al conductor neutre tindrà una secció, com a

mínim, igual a la de la fase. Per últim, el conductor de protecció (terra) tindrà una secció, que s'ha obtingut a partir de l'apartat 2.2.4.5 d'aquest mateix annex (conductors de protecció).

Els valors de les seccions finals, el número de conductors i les seccions dels conductors de les línies de la instal·lació es mostren en la Taula 2-39:

| Línies | Secció final - S_{final} (mm ²) | Nº de conductors de cada línia | Seccions dels conductors (mm ²) |
|--------|---|--------------------------------|---|
| LF1 | 6 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x6+1x6 |
| LF2 | 6 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x6+1x6 |
| LD1 | 4 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x4+1x4 |
| LD2 | 4 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x4+1x4 |
| LR | 25 | 3 (fase, neutre i terra) | 2x25+1x16 |

Taula 2-39. Número de conductors i seccions dels conductors que formen cada una de les línies de la instal·lació.

2.2.4. Càlcul de les proteccions del sistema elèctric

Per a protegir les línies de la instal·lació de possibles sobrecàrregues o curtcircuits, es disposa d'elements com magnetotèrmics (interruptors automàtics), interruptors de control de potència, fusibles, etc., mentre que per a salvaguardar als usuaris de contactes directes o indirectes s'utilitzen els diferencials, que actuen quan detecten que en la línia hi ha una fuga a terra. Els dispositius generals i individuals de comandament i protecció mínims a instal·lar venen donats pel Reglament de Baixa Tensió (RBT). A nivell general, són:

- Un interruptor general automàtic (IGA) de tall omnipolar, que permeti el seu accionament manual i que estigui dotat d'elements de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits.
- Un interruptor diferencial general (ID), destinat a la protecció de les línies de la instal·lació contra contactes indirectes.
- Uns interruptors automàtics (IA) de tall omnipolar, destinats a la protecció de cada una de les línies contra sobrecàrregues i curtcircuits.

En la instal·lació solar fotovoltaica d'aquest projecte, es disposa d'un quadre de distribució situat a l'exterior en una cantonada de la nau industrial, on s'han instal·lat els seccionadors i els fusibles de les línies fotovoltaïques, i els

interruptors automàtics de les línies derivades. També es disposa, d'un altre quadre de distribució situat a l'exterior de la nau industrial, al costat de la caixa de protecció i mesura (CPM) de la instal·lació elèctrica de la nau industrial, on s'han instal·lat els fusibles, els comptadors, l'interruptor automàtic de control de potència (ICP-M), l'interruptor diferencial i l'interruptor d'interconnexió de la línia repartidora.

Els dos quadres de distribució a utilitzar correspondran a un dels tipus recollits en les especificacions tècniques de l'empresa subministradora que hagin estat aprovades per l'Administració pública competent, en funció del nombre i naturalesa del subministrament. Els dos quadres de distribució seran de Classe II (doble aïllament) i estan situats a l'exterior de la nau industrial amb un grau de protecció IP 40.

En els apartats que segueixen es detallen les funcions de cada element en particular, per a posteriorment detallar els elements a instal·lar en la nostra instal·lació.

2.2.4.1. Interruptor automàtic de control de potència (ICP-M)

La seva funció principal és la de protegir la línia repartidora contra sobrecàrregues i curtcircuits, pel que la seva capacitat de tall serà suficient perquè sigui capaç d'actuar davant una intensitat de curtcircuit que pugui produir-se en algun punt de la instal·lació de 4500 A com a mínim.

El seu calibre s'efectua per a la màxima capacitat de la instal·lació solar fotovoltaica que és d'uns 28,26 A, el que condueix a la instal·lació d'un ICP-M de 30 A.

2.2.4.2. Interruptor diferencial

El ID s'encarrega de protegir a les persones contra contactes indirectes. Està dissenyat de tal forma que no permet el pas d'intensitats de defecte que puguin ser perjudicials per a les persones. En el nostre cas, s'instal·larà un ID d'alta sensibilitat, aquesta sensibilitat màxima serà de 30 mA. amb un temps de resposta de 50 mil·lisegons en el circuit. Alhora, aporta una protecció molt eficaç contra incendis, al limitar a potències molt baixes a les eventuais fugues d'energia elèctrica per defecte d'aïllament. A més, es requerirà que els seus pols estiguin protegits (els corresponents a la fase i al neutre).

2.2.4.3. Relés de control

Els relés de control (interruptor d'interconnexió) son els encarregats de desconnectar la instal·lació solar fotovoltaica de la xarxa de baixa tensió, quan la tensió superi la tensió nominal en 1,1 vegades i quan la tensió sigui inferior a la tensió nominal en 0,85 vegades.

Tensió màxima d'interconnexió = $1,1 \cdot 230 = 253 \text{ V}$

Tensió mínima d'interconnexió = $0,85 \cdot 230 = 195,5 \text{ V}$

A part, els relés de control tindran que desconnectar la instal·lació quan la freqüència de l'electricitat generada sigui superior a 51 Hz o inferior a 49 Hz.

2.2.4.4. Interruptors automàtics

La missió dels interruptors automàtics o magnetotèrmics és protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits als conductors que formen les línies derivades i, alhora, als receptors connectats a elles. S'instal·larà un interruptor automàtic per a cada línia derivada i la seva capacitat de tall serà de 4500 A com a mínim.

2.2.4.5. Interruptors manuals

La funció dels interruptors manuals es possibilitar la desconnexió manual de la zona de corrent continu de l'inversor.

2.2.4.6. Fusibles

Els fusibles són elements de protecció de conductors, aparells i instal·lacions contra sobreintensitats, que desconnecten amb seguretat corrents de curtcircuit molt elevades. Per tant, la seva missió és anàloga a la dels interruptors automàtics.

S'instal·larà un fusible abans del comptador, tal i com exigeix el Reglament de Baixa Tensió en la ITC-BT-12. A part, en la zona de corrent continu formada per les línies fotovoltaïques s'instal·larà un fusible a cada

línia degut a que els interruptors automàtics especials per a corrent continu tenen una tensió de treball inferior a la de la línia, per lo que s'ha descartat aquest tipus d'element i s'ha optat per instal·lar un fusible a cada línia fotovoltaica.

El tipus de fusible a instal·lar en la instal·lació solar fotovoltaica serà de tipus NH classe gL/gG (veure l'apartat 2.2.6.), però el fusible instal·lat abans del comptador tindrà una intensitat nominal de 35 A i una tensió assignada de 500 V, i el fusible de cada línia fotovoltaica tindrà una intensitat nominal de 10 A i una tensió assignada de 500 V.

2.2.4.7. Instal·lació de posta a terra

La instal·lació de la posta a terra es realitzarà segons la ITC-BT-18. La posta a terra de les parts metàl·liques i masses de la instal·lació, es realitzarà mitjançant conductors de protecció que es connectaran al sistema de posta a terra de la nau industrial.

– Conductors de protecció

Els conductors de protecció són els que uneixen elèctricament les masses de la instal·lació amb el conductor de terra a fi d'assegurar la protecció contra contactes indirectes.

La secció dels conductors de protecció serà la indicada en la Taula 2-40, entenent-se que si l'aplicació de la fórmula dona lloc a seccions normalitzades, es pren el valor immediatament superior.

| Seccions dels conductors de fase - S (mm ²) | Seccions mínimes dels conductors de protecció – Sp (mm ²) |
|---|---|
| $S \leq 16$ | S |
| $16 < S \leq 35$ | 16 |
| $S > 35$ | S/2 |

Taula 2-40. Relació entre les seccions dels conductors de protecció i els de fase.

Per lo tant, les seccions dels conductors de protecció de les línies de la instal·lació son les obtingudes en la Taula 2-41:

| Línies | Secció final - S_{final} (mm ²) | Secció protector - S_p (mm ²) |
|--------|---|---|
| LF1 | 6 | 6 |
| LF2 | 6 | 6 |
| LD1 | 4 | 4 |
| LD2 | 4 | 4 |
| LR | 25 | 16 |

Taula 2-41. Seccions dels conductors de protecció.

2.2.4.8. Proteccions a instal·lar en cada línia de la instal·lació

Els elements de protecció i control a instal·lar en els quadres de distribució per a protegir a les distintes línies de la instal·lació solar fotovoltaica, s'especifiquen en la Taula 2-42:

| Línies | Elements de protecció | Designació en l'esquema |
|--------|--|-------------------------|
| LF1 | Fusible de tipus NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 10 A i una tensió de 500 V. | FUS-1 |
| | Interruptor manual de 2 pols d'intensitat nominal de 20 A i una tensió de 415 V. | IM-1 |
| LF2 | Fusible de tipus NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 10 A i una tensió de 500 V. | FUS-2 |
| | Interruptor manual de 2 pols d'intensitat nominal de 20 A i una tensió de 415 V. | IM-2 |
| LD1 | Interruptor automàtic de 2 pols d'intensitat nominal de 16 A i 6000 A de poder de tall. | IA-1 |
| LD2 | Interruptor automàtic de 2 pols d'intensitat nominal de 16 A i 6000 A de poder de tall. | IA-2 |
| LR | Interruptor d'interconnexió de control de tensió i de fases. | II |
| | Interruptor diferencial de 2 pols de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal de 40 A. | ID |
| | Interruptor automàtic de control de potència de 2 pols d'intensitat nominal de 30 A i 6000 A de poder de tall. | ICP-M |
| | Fusible general de tipus NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 35 A i una tensió de 500 V. | FUS G |

Taula 2-42. Elements de protecció i control a instal·lar per a cada línia de la instal·lació.

A continuació es classifiquen i es descriuen els models seleccionats per a instal·lar, encara que es podran utilitzar altres models sempre i quan les seves característiques siguin idèntiques:

- Interruptors manuals (de 2 pols):
 - Intensitat nominal de 20 A i una tensió de 415 V: Carga I.
- Relés de control:
 - De tensió : RCU.
 - De fases: RCP.
- Interruptors automàtics o magnetotèrmics (de 2 pols):
 - Intensitat nominal de 16 A i poder de tall de 6000 A: K60N.
- Interruptor diferencial (de 2 pols):
 - Intensitat nominal de 40 A i sensibilitat de 30 mA: ID classe AC.
- Interruptor automàtic de control de potència (ICP-M) (de 2 pols):
 - Intensitat nominal de 30 A i poder de tall de 6000 A: C60N.
- Fusibles:
 - Fusible de tipus NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 10 A i una tensió de 500 V.
 - Fusible general de tipus NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 35 A i una tensió de 500 V.
- Quadres de distribució:
 - Mini Pragma superfície d'1 fila amb porta no transparent.
 - Mini Pragma superfície de 3 files amb porta transparent.

2.2.5. Tubs protectors

Les línies de la instal·lació solar fotovoltaica s'instal·laran dintre de tubs protectors. Els tubs protectors de la línia repartidora (LR) i de les línies derivades (LD1 i LD2) que es muntaran, seran tubs en canalitzacions fixes en superfície, i els tubs protectors de les línies fotovoltaïques (LF1 i LF2) seran tubs en canalitzacions enterrades. En el muntatge dels tubs superficials, els tubs es fixaran a les parets o sostres mitjançant brides o abraçaderes protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, sent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

En les canalitzacions fixes en superfície, els tubs seran rígids i, en punts especials, corbables, sent les seves característiques mínimes les indicades en la ITC-BT-21 i recollides en la Taula 2-43. El compliment d'aquestes característiques es realitzarà segons els assajos indicats en les normes UNE-EN-50.086-2-1 per a tubs rígids i UNE-EN-50.086-2-2 per a tubs corbables. En quant al seu diàmetre, serà aquell que permeti un fàcil allotjament i extracció dels cables

o conductors aïllats, recollint-se els seus diàmetres exteriors mínims en funció del nombre i secció dels conductors o cables a conduir en la Taula 2-44. Per raons de comoditat i facilitat de manteniment, s'opta per utilitzar un tub protector per a cada línia, sent els seus diàmetres recollits en la Taula 2-45.

| Característica | Codi | Grau |
|--|------|---|
| Resistència a la compressió | 4 | Forta |
| Resistència a l'impacte | 3 | Mitja |
| Temperatura mínima d'instal·lació servei | 2 | - 5 °C |
| Temperatura màxima d'instal·lació servei | 1 | + 60 °C |
| Resistència al corbat | 1-2 | Rígid/corbable |
| Propietats elèctriques | 1-2 | Continuïtat elèctrica/aïllant |
| Resistència a la penetració d'objectes sòlids | 4 | Contra objectes $D \geq 1\text{mm}$ |
| Resistència a la penetració de l'aigua | 2 | Contra gotes d'aigua caient verticalment quan el sistema de tubs està inclinat 15° |
| Resistència a la corrosió de tubs metàl·lics i compostos | 2 | Protecció interior i exterior mitja |
| Resistència a la tracció | 0 | No declarada |
| Resistència a la propagació de la flama | 1 | No propagador |
| Resistència a les cargues suspeses | 0 | No declarada |

Taula 2-43. Característiques mínimes dels tubs per a canalitzacions fixes en superfície.

| Secció nominal dels conductors unipolars (mm^2) | Diàmetre exterior dels tubs (mm) | | | | |
|--|----------------------------------|----|----|----|----|
| | Número de conductors | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,5 | 12 | 12 | 16 | 16 | 16 |
| 2,5 | 12 | 12 | 16 | 16 | 20 |
| 4 | 12 | 16 | 20 | 20 | 20 |
| 6 | 12 | 16 | 20 | 20 | 25 |
| 10 | 16 | 20 | 25 | 32 | 32 |
| 16 | 16 | 25 | 32 | 32 | 32 |
| 25 | 20 | 32 | 32 | 40 | 40 |
| 35 | 25 | 32 | 40 | 40 | 50 |
| 50 | 25 | 40 | 50 | 50 | 50 |

Taula 2-44. Diàmetre mínim dels tubs per a canalitzacions fixes en superfície.

| Línies | Secció nominal conductors (mm ²) | Nº de conductors de cada línia | Diàmetre exterior del tub (mm) |
|--------|--|--------------------------------|--------------------------------|
| LD1 | 4 | 3 (fase, neutre i terra) | 20 |
| LD2 | 4 | 3 (fase, neutre i terra) | 20 |
| LR | 25 | 3 (fase, neutre i terra) | 32 |

Taula 2-45. Diàmetre dels tubs de protecció per a canalitzacions fixes en superfície.

En les canalitzacions enterrades, els tubs s'ajustaran a l'establert en la norma UNE-EN 50.086-2-4 i les seves característiques mínimes seran les indicades en la ITC-BT-21 i recollides en la Taula 2-46. En quant al seu diàmetre, serà aquell que permeti un fàcil allotjament i extracció dels cables o conductors aïllats, recollint-se els seus diàmetres exteriors mínims en funció del nombre i secció dels conductors o cables a conduir en la Taula 2-47. Per raons de comoditat i facilitat de manteniment, s'opta per utilitzar un tub protector per a cada línia, sent els seus diàmetres recollits en la Taula 2-48.

| Característica | Codi | Grau |
|--|---------|---|
| Resistència a la compressió | NA | 250 N / 450 N / 750 N |
| Resistència a l'impacte | NA | Linero / Normal / Normal |
| Temperatura mínima d'instal·lació servei | NA | NA |
| Temperatura màxima d'instal·lació servei | NA | NA |
| Resistència al corbat | 1-2-3-4 | Qualsevol de les especificades |
| Propietats elèctriques | 0 | No declarades |
| Resistència a la penetració d'objectes sòlids | 4 | Protegit contra objectes D ≥ 1 mm |
| Resistència a la penetració de l'aigua | 3 | Protegit contra l'aigua en forma de pluja |
| Resistència a la corrosió de tubs metàl·lics i compostos | 2 | Protecció interior i exterior mitja |
| Resistència a la tracció | 0 | No declarada |
| Resistència a la propagació de la flama | 0 | No declarada |
| Resistència a les cares suspeses | 0 | No declarada |
| Notes: | | |
| NA : No aplicable | | |
| (*) Per a tubs coberts per formigó aplica 250 N i grau Lleuger; per a tubs en sol lleuger aplica 450 N i grau Normal; per a tubs en sols pesats aplica 750 N i grau Normal | | |

Taula 2-46. Característiques mínimes dels tubs per a canalitzacions enterrades.

| Secció nominal dels conductors unipolars (mm ²) | Diàmetre exterior dels tubs (mm) | | | | |
|---|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | Número de conductors | | | | |
| | < 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1,5 | 25 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 2,5 | 32 | 32 | 40 | 40 | 40 |
| 4 | 40 | 40 | 40 | 40 | 50 |
| 6 | 50 | 50 | 50 | 63 | 63 |
| 10 | 63 | 63 | 63 | 75 | 75 |
| 16 | 63 | 75 | 75 | 75 | 90 |
| 25 | 90 | 90 | 90 | 110 | 110 |
| 35 | 90 | 110 | 110 | 110 | 125 |
| 50 | 110 | 110 | 125 | 125 | 140 |

Taula 2-47. Diàmetre mínim dels tubs per a canalitzacions enterrades.

| Línies | Secció nominal conductors (mm ²) | Nº de conductors de cada línia | Diàmetre exterior del tub (mm) |
|--------|--|--------------------------------|--------------------------------|
| LF1 | 6 | 3 (fase, neutre i terra) | 50 |
| LF2 | 6 | 3 (fase, neutre i terra) | 50 |

Taula 2-48. Diàmetre dels tubs de protecció per a canalitzacions enterrades.

2.2.6. Informació comercial i tècnica

- Relació de la informació comercial i tècnica adjuntada en el present apartat
 - Mòduls fotovoltaics SOLARWORLD SW-220
 - Seguidors solars ERG Eclíptica
 - Inversors FRONIUS IG 30
 - Interruptors manuals Merlin Gerin
 - Interruptors automàtics Merlin Gerin
 - Relés de control Merlin Gerin
 - Interruptor diferencial Merlin Gerin
 - ICP-M Merlin Gerin
 - Comptadors Merlin Gerin
 - Fusibles Simon Sèrie 14
 - Bases portafusibles unipolars Simon Sèrie 14
 - Quadres de distribució Merlin Gerin

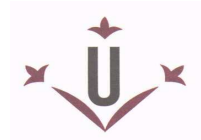
- Conductors unipolars Pirelli
- Taula de radiació de l'estació de Lleida-Raimat
- Taula de l'índex de nuvolositat
- Taula d'intensitats màximes admissibles que es troba en la ITC-BT-19 a partir de la qual s'escolliran les seccions dels conductors de la línia repartidora (LR) i de les línies derivades (LD1 i LD2)
- Taula d'intensitats màximes admissibles que es troba en la ITC-BT-07 a partir de la qual s'escolliran les seccions dels conductors de les línies fotovoltaïques (LF1 i LF2)
- Text íntegre de les subvencions de l'ICAEN per a les instal·lacions amb fonts d'energia renovables



Escola Politècnica Superior

Projecte d'una instal·lació elèctrica i una
instal·lació solar fotovoltaica connectada a la
xarxa de baixa tensió, en una nau industrial

Francesc Garrido Mir

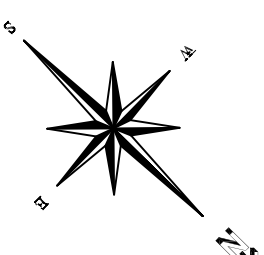


Universitat de Lleida

3. PLÀNOLS

ÍNDEX PLÀNOLS

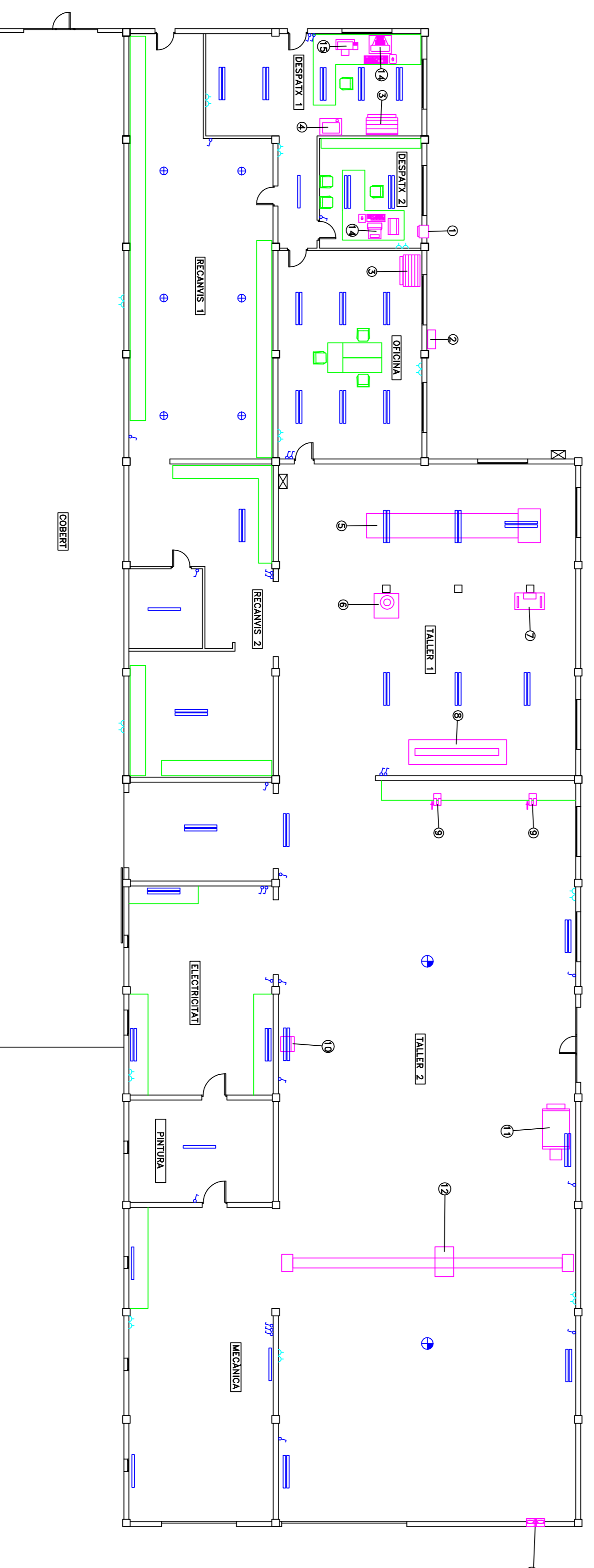
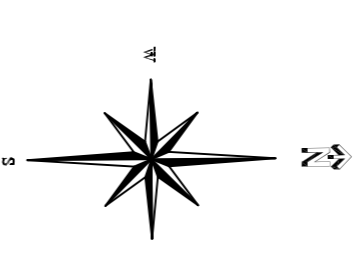
| | |
|--|----------|
| Plànol n°1: Situació de la nau industrial | 3 |
| Plànol n°2: Emplaçament de la nau industrial | 4 |
| Plànol n°3: Planta de la nau industrial. Distribució enllumenat, endolls i maquinària | 5 |
| Plànol n°4: Planta de la nau industrial. Distribució de la xarxa elèctrica | 6 |
| Plànol n°5: Esquema unifilar de la xarxa elèctrica de la nau industrial | 7 |
| Plànol n°6: Esquema unifilar de la instal·lació elèctrica solar fotovoltaica | 8 |



| | | |
|--|---------------|---------------------|
| PLANOL | | |
| EMPLAÇAMENT DE LA NAU INDUSTRIAL. | | |
| PROECTE | | |
| PROECTE D'UNA INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA I UNA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA CONNECTADA A LA XARXA DE BAIXA TENSIÓ, EN UNA NAU INDUSTRIAL | | |
| SITUACIÓ | | |
| AL COSTAT DE LA CARRETERA QUE UNEIX VILANOVA LA BARÇA AMB TÈRMENS | | |
| PROPIETARI | | |
| UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓ | | |
| AUTOR | | |
| FRANCESC GARRIDO MIR | | |
| COMPROVAT | | |
| LLUÏSA F. CABEZA | | |
| DATA | ESCALA | Nº DE PLANOL |
| OCTUBRE 2005 | 1/2000 | 2 |

| | |
|----|---------------------------------------|
| 1 | AIRE ACONDICIONAT 2,5 kW |
| 2 | CONDENSADOR |
| 3 | BOMBA DE CALOR 4 kW |
| 4 | FOTOCOPIADORA 1,3 kW |
| 5 | TORN 10 CV |
| 6 | TALADRE FINE 2 CV |
| 7 | SERRA ESQUALADORA 2 CV |
| 8 | LIMADORA 2 kW |
| 9 | CARGOL D'ALUST |
| 10 | SOLDADORA MOBIL 4 kW |
| 11 | GENERADOR D'AIRE CALENT 2 CV |
| 12 | POINT GRUA 17 CV |
| 13 | EXTRACTOR 1,5 CV |
| 14 | ORINADOR (GRU-MONITOR) 0,15 kW |
| 15 | IMPRESSORA/FAX/FOTOCOPIADORA 0,025 kW |

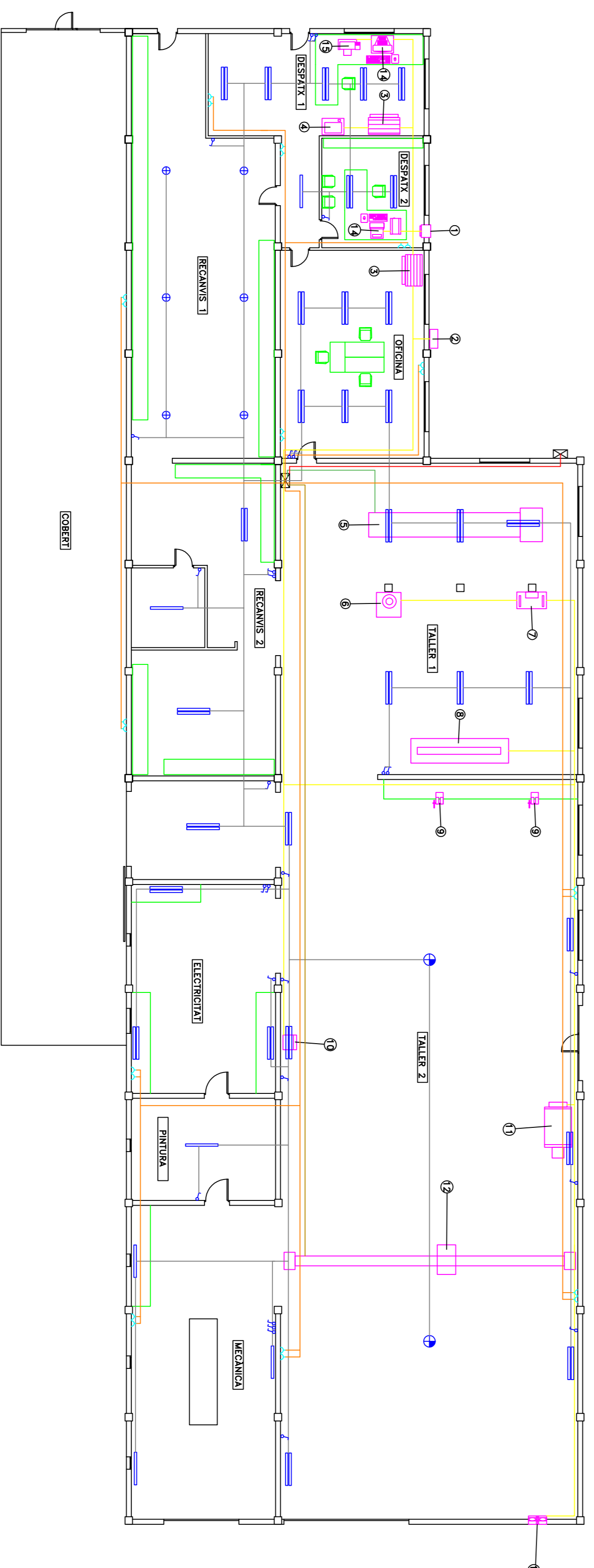
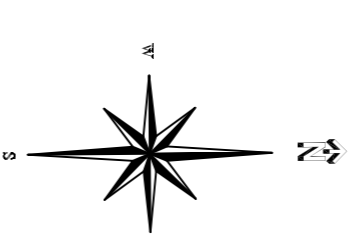
| | |
|---|-----------------------------|
| ⊕ | INCANDESCENCIA 100 W |
| ▬ | PANTALLA FLUORESCENT 2x36 W |
| ▬ | PANTALLA FLUORESCENT 1x36 W |
| ⚡ | v.m.c.a. 250 W |
| ⚡ | ENDOLL |
| ⚡ | INTERRUPTOR |



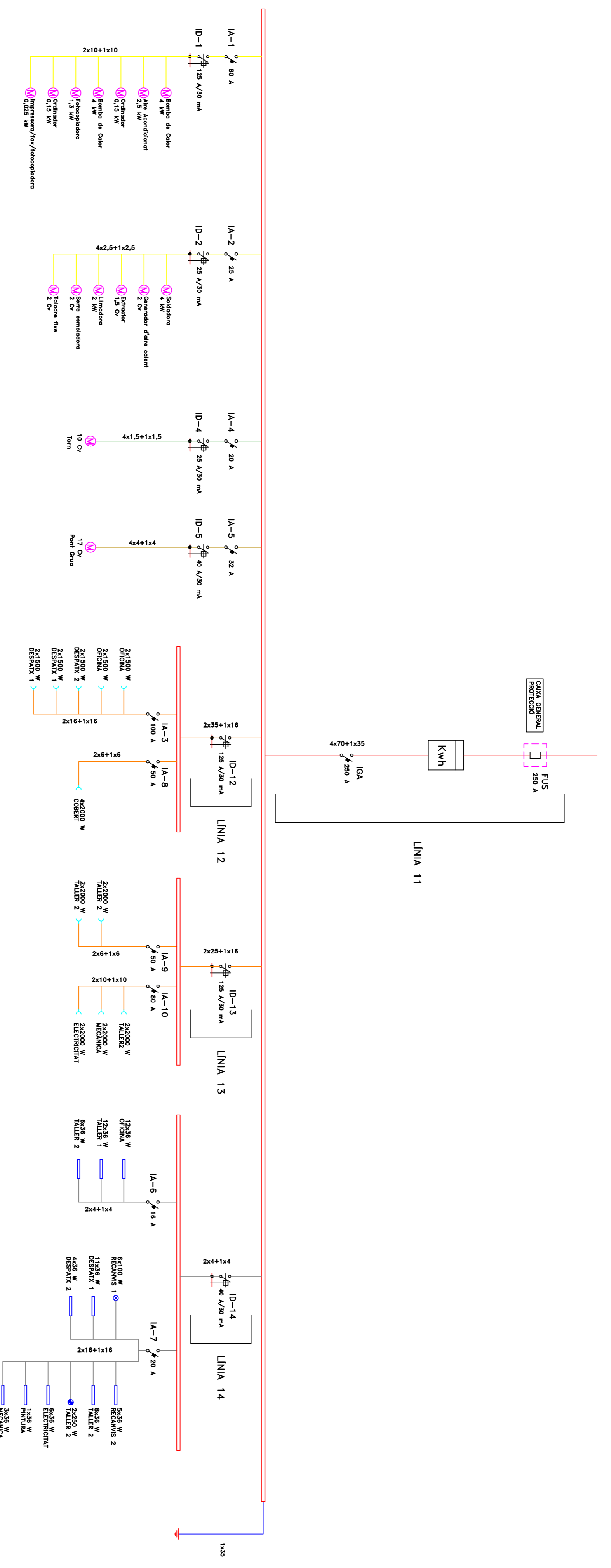
| | | | |
|--------------|--|-------------|--|
| PLANO | PLANTA DE LA NAU INDUSTRIAL. DISTRIBUCIO ENLLEUENAT, ENDOLLS I MAQUINARIA. | | |
| PROJEKTE | PROJEKTE D'UNA INSTALLACIO ELECTRICA I UNA INSTALLACIO SOLAR FOTOVOLTAICA CONNECTADA A LA XARXA DE BAXA TENSIU. EN UNA NAU INDUSTRIAL. | | |
| SITUACIO | AL COSTAT DE LA CARRETERA QUE UNEIX VILANOVA LA BARCA AMB TERRENS | | |
| PROGRAME | UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIO | | |
| ATRIE | FRANCESC GARBDO MIR | | |
| CONSERVAT | LLOISA F. CABEZA | | |
| DATA | ESCALA | Nº DE PLANO | |
| OCTUBRE 2005 | 1/100 | 3 | |

| | |
|----|---------------------------------------|
| 1 | AIRE ACONDICIONAT 2,5 kW |
| 2 | CONDENSADOR |
| 3 | BOMBA DE CALOR 4 kW |
| 4 | FOTOCOPIADORA 1,3 kW |
| 5 | TORN 10 CV |
| 6 | TALADRE FINE 2 CV |
| 7 | SERRA ESQUADROA 2 CV |
| 8 | LIMADORA 2 kW |
| 9 | CARGOL D'AJUST |
| 10 | SOLDADORA MOBIL 4 kW |
| 11 | GENERADOR D'AIRE CALENT 2 CV |
| 12 | PONT GRUA 17 CV |
| 13 | EXTRACTOR 1,5 CV |
| 14 | ORDINADOR (CPU+MONITOR) 0,15 kW |
| 15 | IMPRESSORA/FAX/FOTOCOPIADORA 0,025 kW |

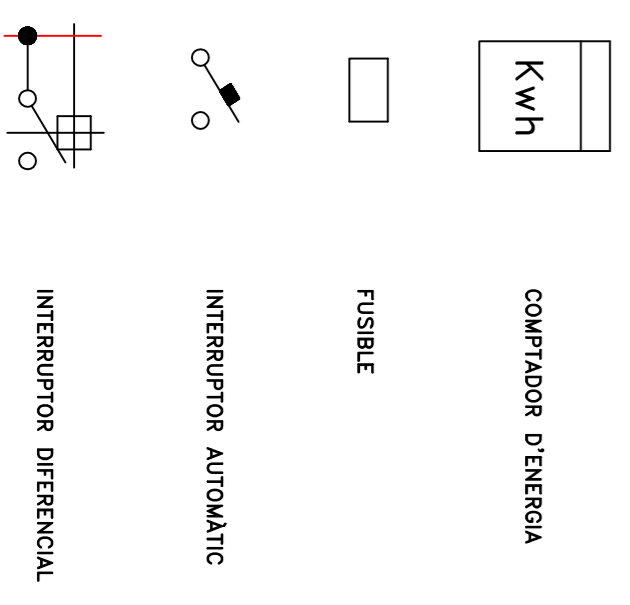
| | |
|---|-----------------------------|
| ⊕ | INCANDESCENCIA 100 W |
| ⊖ | PANTALLA FLUORESCENT 2x36 W |
| ⊖ | PANTALLA FLUORESCENT 1x36 W |
| ⊖ | v.m.c.a. 250 W |
| ⊖ | ENDOLL |
| ⊖ | INTERRUPTOR |



| | |
|--------------------|---|
| PLANO | PLANTA DE LA NAU INDUSTRIAL. |
| | DISTRIBUCIO DE LA XARXA ELECTRICA. |
| PROJECTE | PROJECTE D'UNA INSTAL·LACIO ELECTRICA I UNA INSTAL·LACIO SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA XARXA DE BAMA TENSIU, EN UNA NAU INDUSTRIAL. |
| SITJACIO | AL COSTAT DE LA CARRETERA QUE UNEIX VILANOVA LA BARCA AMB TERRENS |
| PROPIETARI | UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIO |
| ALTRE | FRANCESC GARRIDO MIR |
| CONSERVANT | LLUIS A. F. CABEZA |
| DATA | OCTUBRE 2005 |
| ESCALA | 1/100 |
| Nº DE PLANO | 4 |



| | |
|---|-----------------------------|
| ⊕ | INCANDESCENCIA 100 W |
| ⊕ | PANTALLA FLUORESCENT 1x36 W |
| ⊕ | V.M.c.a. 250 W |
| ⊕ | ENDOLL |
| ⊕ | MAQUINA |



| | |
|--|---|
| PLANOOL | ESQUEMA UNIFILAR DE LA XARXA ELÈCTRICA DE LA NAV INDUSTRIAL. |
| PROJEKTE | PROYECTO D'UNA INSTALLACIÓ ELÈCTRICA I UNA INSTALLACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA XARXA DE BAJA TENSIÓ, EN UNA NAV INDUSTRIAL. |
| SITUACIÓ | AL COSTAT DE LA CARRETERA QUE UNEIX VILANOVA LA BARÇA AMB TERRENS |
| PROJEKTAI | |
| UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓ | |
| AUTOR | FRANCESC GARRIDO MIR |
| COMPROVAI | |
| LUISSA F. CABEZA | |
| DATA | Nº DE PLANOOL |
| OCTUBRE 2005 | 5 |



4. PLEC DE CONDICIONS

ÍNDEX PLEC DE CONDICIONS

| | |
|---|-----------|
| 4.1. Fulls d'especificacions | 4 |
| 4.1.1. Llistat del material elèctric de la instal·lació elèctrica | 4 |
| 4.1.1.1. Interruptor automàtic M.G. C120N de 100 A | 5 |
| 4.1.1.2. Interruptors automàtics M.G. C120N de 80 A | 6 |
| 4.1.1.3. Interruptors automàtics M.G. C60N de 50 A | 7 |
| 4.1.1.4. Interruptor automàtic M.G. C60N de 20 A | 8 |
| 4.1.1.5. Interruptor automàtic M.G. C60N de 16 A | 9 |
| 4.1.1.6. Interruptor general automàtic M.G. NS250N de 250 A | 10 |
| 4.1.1.7. Interruptor automàtic M.G. C60N de 32 A | 11 |
| 4.1.1.8. Interruptor automàtic M.G. C60N de 25 A | 12 |
| 4.1.1.9. Interruptor automàtic M.G. C60N de 20 A | 13 |
| 4.1.1.10. Interruptors diferencials M.G. Vigi C120 de 125 A/30 mA | 14 |
| 4.1.1.11. Interruptor diferencial M.G. ID de 40 A/30 mA | 15 |
| 4.1.1.12. Interruptor diferencial M.G. Vigi C60 de 40 A/30 mA | 16 |
| 4.1.1.13. Interruptors diferencials M.G. Vigi C60 de 25 A/30 mA | 17 |
| 4.1.1.14. Fusible M.G. INF250 de 250 A | 18 |
| 4.1.1.15. Quadre de distribució M.G. Pragma D superfície | 19 |
| 4.1.2. Llistat del material fotovoltaic i elèctric de la instal·lació solar fotovoltaica | 20 |
| 4.1.2.1. Mòduls fotovoltaics | 21 |
| 4.1.2.2. Seguidors solars | 22 |
| 4.1.2.3. Inversors | 23 |
| 4.1.2.4. Fusibles S. Sèrie 14 NH de 10 A | 24 |
| 4.1.2.5. Interruptors manuals | 25 |
| 4.1.2.6. Interruptors automàtics | 26 |
| 4.1.2.7. Relé de control de tensió | 27 |
| 4.1.2.8. Relé de control de fases | 28 |
| 4.1.2.9. Interruptor diferencial | 29 |
| 4.1.2.10. ICP-M | 30 |
| 4.1.2.11. Fusibles S. Sèrie 14 NH de 35 A | 31 |
| 4.1.2.12. Bases portafusibles unipolars | 32 |
| 4.1.2.13. Comptadors | 33 |
| 4.1.2.14. Quadre de distribució M.G. mini Pragma superfície 1 fila | 34 |
| 4.1.2.15. Quadre de distribució M.G. mini Pragma superfície 3 files ... | 35 |
| 4.2. Disposicions legals i normes aplicades | 36 |
| 4.3. Muntatge de la instal·lació | 37 |
| 4.4. Manteniment | 38 |
| 4.4.1. Introducció | 38 |
| 4.4.2. Manteniment dels mòduls fotovoltaics | 38 |
| 4.4.3. Manteniment de l'inversor | 39 |


| | |
|--|-----------|
| 4.5. Seguretat en la instal·lació elèctrica | 39 |
| 4.5.1. Generalitats | 39 |
| 4.5.2. Protecció contra contactes directes | 40 |
| 4.5.3. Elements essencials de protecció | 43 |
| 4.6. Medi ambient | 45 |
| 4.6.1. Introducció | 45 |
| 4.6.2. Medi ambient de la instal·lació fotovoltaica | 45 |

4.1. Fulls d'especificacions


4.1.1. Llistat del material elèctric de la instal·lació elèctrica

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | | | | |
|---|-----------|-------------------------------|--|--------------|---|
| ÍTEM | Quantitat | Elements de protecció | Funció | Marca | Model |
| 1 | 1 | Interruptor automàtic | Protecció contra curtcircuits i sobreintensitats | Merlin Gerin | C120N corba C (2P) 100 A |
| 2 | 2 | Interruptors automàtics | Protecció contra curtcircuits i sobreintensitats | Merlin Gerin | C120N corba C (2P) 80 A |
| 3 | 2 | Interruptors automàtics | Protecció contra curtcircuits i sobreintensitats | Merlin Gerin | C60N corba C (2P) 50 A |
| 4 | 1 | Interruptor automàtic | Protecció contra curtcircuits i sobreintensitats | Merlin Gerin | C60N corba C (2P) 20 A |
| 5 | 1 | Interruptor automàtic | Protecció contra curtcircuits i sobreintensitats | Merlin Gerin | C60N corba C (2P) 16 A |
| 6 | 1 | Interruptor general automàtic | Protecció general contra curtcircuits i sobreintensitats | Merlin Gerin | NS250N (4P) 250 A |
| 7 | 1 | Interruptor automàtic | Protecció contra curtcircuits i sobreintensitats | Merlin Gerin | C60N corba C (4P) 32 A |
| 8 | 1 | Interruptor automàtic | Protecció contra curtcircuits i sobreintensitats | Merlin Gerin | C60N corba C (4P) 25 A |
| 9 | 1 | Interruptor automàtic | Protecció contra curtcircuits i sobreintensitats | Merlin Gerin | C60N corba C (4P) 20 A |
| 10 | 3 | Interruptors diferencials | Protecció contra contactes indirectes | Merlin Gerin | Vigi C120 classe AC (2P) ≤ 125 A/30 mA |
| 11 | 1 | Interruptor diferencial | Protecció contra contactes indirectes | Merlin Gerin | ID classe AC (2P) 40 A/30 mA |
| 12 | 1 | Interruptor diferencial | Protecció contra contactes indirectes | Merlin Gerin | Vigi C60 classe AC (4P) ≤ 40 A/30 mA |
| 13 | 2 | Interruptors diferencials | Protecció contra contactes indirectes | Merlin Gerin | Vigi C60 classe AC (4P) ≤ 25 A/30 mA |
| 14 | 1 | Fusible | Protecció general contra curtcircuits i sobreintensitats | Merlin Gerin | INF250 (4P) 250 A |
| ÍTEM | Quantitat | Material elèctric | Funció | Marca | Model |
| 15 | 1 | Quadre de distribució | Allotjar elements de protecció | Merlin Gerin | Pragma D superfície 4 files |


4.1.1.1. Interruptor automàtic M.G. C120N de 100 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|--|----------------------------|
| Element de protecció: Interruptor automàtic | ÍTEM: 1 | Quantitat: 1 |
| Funció: Protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin C120N | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> – Interruptor bipolar (2P) – Tensió nominal: 230 V – Intensitat de tall: 100 A – Poder de tall: 10000 A – Corba tipus C – Tancament bruscat i tall plenament aparent | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> – És apte al seccionament – Connexió per borns de caixa fins a 35 mm² – Ample per pol: 3 passos de 9 mm | | |


4.1.1.2. Interruptors automàtics M.G. C120N de 80 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|--|----------------------------|
| Elements de protecció: Interruptors automàtics | ÍTEM: 2 | Quantitat: 2 |
| Funció: Protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin C120N | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor bipolar (2P) - Tensió nominal: 230 V - Intensitat de tall: 80 A - Poder de tall: 10000 A - Corba tipus C - Tancament bruscat i tall plenament aparent | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - És apte al seccionament - Connexió per borns de caixa fins a 35 mm² - Ample per pol: 3 passos de 9 mm | | |


4.1.1.3. Interruptors automàtics M.G. C60N de 50 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|--|----------------------------|
| Elements de protecció: Interruptors automàtics | ÍTEM: 3 | Quantitat: 2 |
| Funció: Protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin C60N | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor bipolar (2P) - Tensió nominal: 230 V - Intensitat de tall: 50 A - Poder de tall: 6000 A - Corba tipus C - Tancament bruscat | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - És apte al seccionament - Connexió per borns de caixa fins a 25 mm² - Ample per pol: 2 passos de 9 mm | | |


4.1.1.4. Interruptor automàtic M.G. C60N de 20 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|--|----------------------------|
| Element de protecció: Interruptor automàtic | ÍTEM: 4 | Quantitat: 1 |
| Funció: Protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin C60N | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor bipolar (2P) - Tensió nominal: 230 V - Intensitat de tall: 20 A - Poder de tall: 6000 A - Corba tipus C - Tancament bruscat | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - És apte al seccionament - Connexió per borns de caixa fins a 16 mm² - Ample per pol: 2 passos de 9 mm | | |


4.1.1.5. Interruptor automàtic M.G. C60N de 16 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|--|----------------------------|
| Element de protecció: Interruptor automàtic | ÍTEM: 5 | Quantitat: 1 |
| Funció: Protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin C60N | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor bipolar (2P) - Tensió nominal: 230 V - Intensitat de tall: 16 A - Poder de tall: 6000 A - Corba tipus C - Tancament bruscat | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - És apte al seccionament - Connexió per borns de caixa fins a 16 mm² - Ample per pol: 2 passos de 9 mm | | |


4.1.1.6. Interruptor general automàtic M.G. NS250N de 250 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|--|----------------------------|
| Element de protecció: Interruptor general automàtic | ÍTEM: 6 | Quantitat: 1 |
| Funció: Protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin NS250N | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor tetrapolar (4P) - Tensió nominal assignada: 690 V - Intensitat de tall: 250 A - Poder de tall: 36000 A | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Ample per pol: 3 passos de 9 mm | | |


4.1.1.7. Interruptor automàtic M.G. C60N de 32 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|--|----------------------------|
| Element de protecció: Interruptor automàtic | ÍTEM: 7 | Quantitat: 1 |
| Funció: Protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin C60N | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor tetrapolar (4P) - Tensió nominal: 400 V - Intensitat de tall: 32 A - Poder de tall: 6000 A - Corba tipus C - Tancament bruscat | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - És apte al seccionament - Connexió per borns de caixa fins a 25 mm² - Ample per pol: 2 passos de 9 mm | | |


4.1.1.8. Interruptor automàtic M.G. C60N de 25 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|--|----------------------------|
| Element de protecció: Interruptor automàtic | ÍTEM: 8 | Quantitat: 1 |
| Funció: Protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin C60N | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor tetrapolar (4P) - Tensió nominal: 400 V - Intensitat de tall: 25 A - Poder de tall: 6000 A - Corba tipus C - Tancament brusc | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - És apte al seccionament - Connexió per borns de caixa fins a 16 mm² - Ample per pol: 2 passos de 9 mm | | |


4.1.1.9. Interruptor automàtic M.G. C60N de 20 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|--|----------------------------|
| Element de protecció: Interruptor automàtic | ÍTEM: 9 | Quantitat: 1 |
| Funció: Protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin C60N | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor tetrapolar (4P) - Tensió nominal: 400 V - Intensitat de tall: 20 A - Poder de tall: 6000 A - Corba tipus C - Tancament brusc | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - És apte al seccionament - Connexió per borns de caixa fins a 16 mm² - Ample per pol: 2 passos de 9 mm | | |


4.1.1.10. Interruptors diferencials M.G. Vigi C120 de 125 A/30 mA

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|--|----------------------------|
| Elements de protecció: Interruptors diferencials | ÍTEM: 10 | Quantitat: 3 |
| Funció: Protecció contra contactes indirectes | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin Vigi C120 | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor bipolar (2P) - Sensibilitat: 30 mA - Tensió nominal: 230 V - Intensitat nominal: ≤ 125 A - Classe tipus AC | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Connexió per borns de caixa fins a 35 mm² - Ample per pol: 3 passos de 9 mm - Indicador mecànic vermell de defecte diferencial - Botó de test incorporat - Posseeix una maneta blanca independent que permet el rearmament simultani o independent amb l'automàtic | | |


4.1.1.11. Interruptor diferencial M.G. ID de 40 A/30 mA

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|--|----------------------------|
| Element de protecció: Interruptor diferencial | ÍTEM: 11 | Quantitat: 1 |
| Funció: Protecció contra contactes indirectes | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin ID | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor bipolar (2P) - Sensibilitat: 30 mA - Tensió nominal: 230 V - Intensitat nominal: 40 A - Classe tipus AC - Seccionament amb tall plenament aparent | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Connexió per borns de caixa fins a 35 mm² - Ample per pol: 2 passos de 9 mm - Indicador mecànic vermell de defecte diferencial - Botó de test incorporat | | |


4.1.1.12. Interruptor diferencial M.G. Vigi C60 de 40 A/30 mA

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|--|----------------------------|
| Element de protecció: Interruptor diferencial | ÍTEM: 12 | Quantitat: 1 |
| Funció: Protecció contra contactes indirectes | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin Vigi C60 | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor tetrapolar (4P) - Sensibilitat: 30 mA - Tensió nominal: 415 V - Intensitat nominal: ≤ 40 A - Classe tipus AC | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Connexió per borns de caixa fins a 25 mm² - Ample per pol: 2 passos de 9 mm - Indicador mecànic vermell de defecte diferencial - Botó de test incorporat - Posseeix una maneta blanca independent que permet el rearmament simultani o independent amb l'automàtic | | |

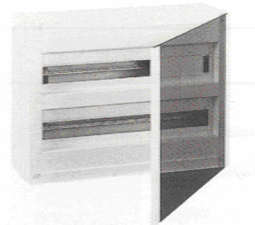
4.1.1.13. Interruptors diferencials M.G. Vigi C60 de 25 A/30 mA

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|--|----------------------------|
| Elements de protecció: Interruptors diferencials | ÍTEM: 13 | Quantitat: 2 |
| Funció: Protecció contra contactes indirectes | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin Vigi C60 | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor tetrapolar (4P) - Sensibilitat: 30 mA - Tensió nominal: 415 V - Intensitat nominal: ≤ 25 A - Classe tipus AC | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Connexió per borns de caixa fins a 16 mm² - Ample per pol: 2 passos de 9 mm - Indicador mecànic vermell de defecte diferencial - Botó de test incorporat - Posseeix una maneta blanca independent que permet el rearmament simultani o independent amb l'automàtic | | |

4.1.1.14. Fusible M.G. INF250 de 250 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|--|----------------------------|
| Element de protecció: Fusible | ÍTEM: 14 | Quantitat: 1 |
| Funció: Protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin INF250 | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Fusible tetrapolar (4P) - Tensió màxima d'utilització: 500 V - Intensitat nominal: 250 A - Poder de tall: 100 kA - Potència dissipada per pol: 44 W - Seccionament amb tall plenament aparent | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Estan proveïts d'un indicador de fusió per indicar l'estat del fusible | | |


4.1.1.15. Quadre de distribució M.G. Pragma D superfície

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|---|----------------------------|
| Material elèctric: Quadre de distribució | ÍTEM: 15 | Quantitat: 1 |
| Funció: Allotjar de forma centralitzada els elements de protecció de la instal·lació elèctrica | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin Pragma D superfície de 4 files amb porta no transparent | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> – Cofret i porta de material aïllant autoextingible, doble aïllament – Protecció IP 40 amb porta no transparent – Alçada: 725 mm – Amplada: 395 mm – Profunditat: 125 mm – Nombre de files: 4 – Nombre de mòduls de 18 mm: 72 | | |


4.1.2. Llistat del material fotovoltaic i elèctric de la instal·lació solar fotovoltaica

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | | | | |
|---|-----------|-------------------------------|--|--------------|--------------------------------|
| ÍTEM | Quantitat | Material fotovoltaic | Funció | Marca | Model |
| 1 | 24 | Mòduls fotovoltaics | Generar electricitat | SOLARWORLD | SW-220 |
| 2 | 2 | Seguidors solars | Suportar i orientar mòduls | ERG | Eclíptica |
| 3 | 2 | Inversors | Transformar DC/AC | FRONIUS | IG 30 |
| ÍTEM | Quantitat | Elements de protecció | Funció | Marca | Model |
| 4 | 4 | Fusibles | Protecció contra curtcircuits i sobreintensitats | Simon | Sèrie 14 NH classe gL/gG 10 A |
| 5 | 2 | Interruptors manuals | Desconnexió manual de les línies fotovoltaïques | Merlin Gerin | Carga I (2P) 20 A/415 V |
| 6 | 2 | Interruptors automàtics | Protecció contra curtcircuits i sobreintensitats | Merlin Gerin | K60N (2P) 16 A |
| 7 | 1 | Relé de control | Control de tensió | Merlin Gerin | RCU |
| 8 | 1 | Relé de control | Control de fases | Merlin Gerin | RCP |
| 9 | 1 | Interruptor diferencial | Protecció contra contactes indirectes | Merlin Gerin | ID classe AC (2P) 40 A/30 mA |
| 10 | 1 | ICP-M | Control de potència | Merlin Gerin | C60N (2P) 30 A |
| 11 | 2 | Fusibles | Protecció contra curtcircuits i sobreintensitats | Simon | Sèrie 14 NH classe gL/gG 35 A |
| 12 | 6 | Bases portafusibles unipolars | Suport per fusibles | Simon | Sèrie 14 |
| ÍTEM | Quantitat | Material elèctric | Funció | Marca | Model |
| 13 | 2 | Comptadors | Mesurar energia activa/reactiva | Merlin Gerin | CE monofàsic |
| 14 | 1 | Quadre de distribució | Allotjar elements de protecció i control | Merlin Gerin | mini Pragma superfície 1 fila |
| 15 | 1 | Quadre de distribució | Allotjar elements de protecció, control i mesura | Merlin Gerin | mini Pragma superfície 3 files |


4.1.2.1. Mòduls fotovoltaics

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|---|-----------------------------|
| Material fotovoltaic: Mòduls fotovoltaics | ÍTEM: 1 | Quantitat: 24 |
| Funció: Produir energia elèctrica a partir de la radiació solar | Imatge:  | |
| Marca/Model: SOLARWORLD SW-220 | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Tensió nominal (V_n): 24 V - Tensió en circuit obert (V_{oc}): 36,6 V - Tensió de màxima potència ($V_{m\grave{a}x}$): 29,8 V - Corrent de curtcircuit (I_{sc}): 8 A - Corrent de màxima potència ($I_{m\grave{a}x}$): 7,4 A - Potència màxima ($P_{m\grave{a}x}$): 220 W_p ± 3% - Caixa de connexió IP 65 | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Longitud: 1675 mm - Amplada: 1001 mm - Espessor: 34 mm - Pes: 22 kg - Nombre de cèl·lules: 60 - Marc d'alumini | | |


4.1.2.2. Seguidors solars

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|---|---|
| Material fotovoltaic: <p style="text-align: center;">Seguidors solars</p> | ÍTEM: <p style="text-align: center;">2</p> | Quantitat: <p style="text-align: center;">2</p> |
| Funció: <p style="text-align: center;">Suportar i orientar el grup de mòduls fotovoltaics per tal d'aconseguir la màxima captació solar. S'orienta tant en un eix diari com en un eix estacional</p> | Imatge:  | |
| Marca/Model: <p style="text-align: center;">ERG Eclíptica</p> | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> – Seguidor solar de doble eix – Seguiment per temporització – Capacitat per 12 mòduls fotovoltaics – Alimentació: 24 V (DC) \pm 25% – Consum diari: 20 W – Accionament: 2 motors de 24 V (DC) – Intensitat: 0,6 A en condicions climàtiques normals fins 4 A amb vents forts – Fusible de 5 A – Actuadors: telescòpics per bisensefí | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> – Estructura de ferro galvanitzat – Ròtules de tefló i metàl·liques | | |


4.1.2.3. Inversors

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|---|----------------------------|
| Material fotovoltaic: Inversors de corrent, monofàsics d'ona senoidal pura | ÍTEM: 3 | Quantitat: 2 |
| Funció: Transforma la corrent contínua en alterna de 230 V i 50 Hz | Imatge:  | |
| Marca/Model: FRONIUS IG 30 | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Rang de tensions d'entrada contínua: 150 - 400 V - Corrent d'entrada màxima: 18 A - Potència de sortida del camp fotovoltaic: 2500 - 3500 W_p - Potència nominal de sortida: 2500 W - Potència màxima de sortida: 2600 W - Distorsió: < 3,5% - Eficiència: 94,5% - Consum nocturn: 0,03 W - Control i regulació per microprocessador - Producció d'ona senoidal pura | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Amplada: 366 mm - Altura: 338 mm - Espessor: 220 mm - Pes: 9 kg - Grau de protecció IP 21 | | |


4.1.2.4. Fusibles S. Sèrie 14 NH de 10 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|--|----------------------------|
| Elements de protecció: Fusibles | ÍTEM: 4 | Quantitat: 4 |
| Funció: Protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Simon Sèrie 14 NH | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Tensió màxima d'utilització: 500 V - Intensitat nominal: 10 A - Poder de tall: 120 kA - Potència dissipada: 1 W - Classe tipus gL/gG | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Grandària 000 - Els elements conductors fusibles estan units a les fulles de contacte mitjançant soldadura - Estan proveïts de ponts de fusió e interrupció múltiple, que assumeixen la desconexió en la zona de les sobreintensitats límit - Els ponts de fusió es troben ubicats en els punts de major escalfament, donant com a resultat una elasticitat pràcticament independent a l'envelliment de les zones de sobreintensitats límit - Estan proveïts d'un indicador de fusió per indicar l'estat del fusible | | |


4.1.2.5. Interruptors manuals

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|--|----------------------------|
| Elements de protecció: Interruptors manuals | ÍTEM: 5 | Quantitat: 2 |
| Funció: Connectar i desconnectar manualment, els mòduls fotovoltaics dels inversors | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin Carga I | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor bipolar (2P) - Tensió nominal: 415 V - Intensitat nominal: 20 A - Resistència a curtcircuit: 20 A durant 1 seg. - Endurància elèctrica: 30000 cicles | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Connexió fins a 10 mm² | | |


4.1.2.6. Interruptors automàtics

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|---|----------------------------|
| Elements de protecció: Interruptors automàtics | ÍTEM: 6 | Quantitat: 2 |
| Funció: Protegir les línies derivades de sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin K60N | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor bipolar (2P) - Tensió nominal: 230 V - Intensitat de tall: 16 A - Poder de tall: 6000 A - Corba tipus C | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Connexió per borns de caixa fins a 16 mm² - Ample per pol: 2 passos de 9 mm | | |


4.1.2.7. Relé de control de tensió

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|--|----------------------------|
| Element de protecció: Relé de control | ÍTEM: 7 | Quantitat: 1 |
| Funció: Control de tensió | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin RCU | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Completament regulable - Tensió nominal: 230 V | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Ample per pol: 2 passos de 9 mm | | |


4.1.2.8. Relé de control de fases

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|--|----------------------------|
| Element de protecció: Relé de control | ÍTEM: 8 | Quantitat: 1 |
| Funció: Control de fases | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin RCP | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Completament regulable - Tensió nominal: 230 V | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Ample per pol: 2 passos de 9 mm | | |


4.1.2.9. Interruptor diferencial

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|--|----------------------------|
| Element de protecció: Interruptor diferencial | ÍTEM: 9 | Quantitat: 1 |
| Funció: Protecció contra contactes indirectes | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin ID | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> – Interruptor bipolar (2P) – Sensibilitat: 30 mA – Tensió nominal: 230 V – Intensitat nominal: 40 A – Classe tipus AC – Seccionament amb tall plenament aparent | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> – Connexió per borns de caixa fins a 35 mm² – Ample per pol: 2 passos de 9 mm – Indicador mecànic vermell de defecte diferencial – Botó de test incorporat | | |


4.1.2.10. ICP-M

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|---|----------------------------|
| Element de protecció: Interruptor de control de potència (ICP-M) | ÍTEM: 10 | Quantitat: 1 |
| Funció: Desconnectar la instal·lació solar fotovoltaica al injectar a la xarxa de baixa tensió per damunt de la potència contractada | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin C60N | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor bipolar (2P) - Tensió nominal: 230 V - Intensitat de tall: 30 A - Poder de tall: 6000 A - Corba tipus ICP-M | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Connexió per borns de caixa fins a 25 mm² - Ample per pol: 2 passos de 9 mm | | |

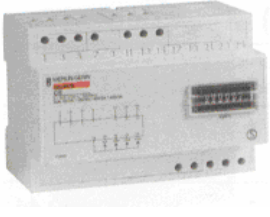
4.1.2.11. Fusibles S. Sèrie 14 NH de 35 A

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|--|----------------------------|
| Elements de protecció: Fusibles | ÍTEM: 11 | Quantitat: 2 |
| Funció: Protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits | Imatge:  | |
| Marca/Model: Simon Sèrie 14 NH | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Tensió màxima d'utilització: 500 V - Intensitat nominal: 35 A - Poder de tall: 120 kA - Potència dissipada: 2,7 W - Classe tipus gL/gG | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Grandària 000 - Els elements conductors fusibles estan units a les fulles de contacte mitjançant soldadura - Estan proveïts de ponts de fusió e interrupció múltiple, que assumeixen la desconexió en la zona de les sobreintensitats límit - Els ponts de fusió es troben ubicats en els punts de major escalfament, donant com a resultat una elasticitat pràcticament independent a l'envelliment de les zones de sobreintensitats límit - Estan proveïts d'un indicador de fusió per indicar l'estat del fusible | | |

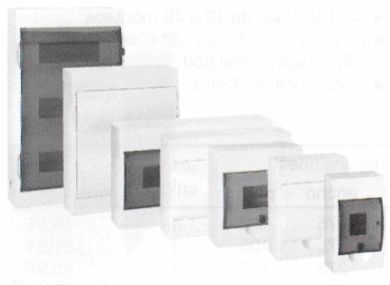
4.1.2.12. Bases portafusibles unipolars

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|---|----------------------------|
| Elements de protecció: Bases portafusibles | ÍTEM: 12 | Quantitat: 6 |
| Funció: Suport per col·locar els fusibles que protegeixen les línies | Imatge:  | |
| Marca/Model: Simon Sèrie 14 | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Base portafusible unipolar - Tensió màxima d'utilització: 500 V - Intensitat nominal màxima: 160 A | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Grandària 000 - Base de ceràmica - Contactes de coure platejat - Embornament per cargols | | |

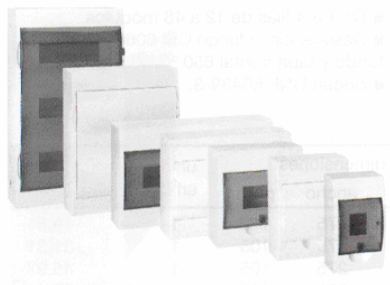
4.1.2.13. Comptadors

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|--|----------------------------|
| Material elèctric: Comptadors d'energia activa monofàsica | ÍTEM: 13 | Quantitat: 2 |
| Funció: Mesurar l'energia produïda i la consumida per la instal·lació solar fotovoltaica | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin CE | | |
| Dades tècniques: <ul style="list-style-type: none"> - Comptador electrònic monofàsic - Possibilitat de transmissió a distància - Precisió classe 2 - Potència màxima: 6 kW - Tensió nominal: 230 V | | |

4.1.2.14. Quadre de distribució M.G. mini Pragma superfície 1 fila

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|--|---|----------------------------|
| Material elèctric: Quadre de distribució | ÍTEM: 14 | Quantitat: 1 |
| Funció: Allotjar de forma centralitzada els elements de protecció i control de la instal·lació solar fotovoltaica | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin mini Pragma superfície d'1 fila amb porta no transparent | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Cofret i porta de material aïllant autoextingible, doble aïllament - Protecció IP 40 amb porta no transparent - Alçada: 200 mm - Amplada: 280 mm - Profunditat: 94 mm - Nombre de files: 1 - Nombre de mòduls de 18 mm: 12 | | |

4.1.2.15. Quadre de distribució M.G. mini Pragma superfície 3 files

| Projecte d'una instal·lació elèctrica i una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de baixa tensió, en una nau industrial. | | |
|---|---|----------------------------|
| Material elèctric: Quadre de distribució | ÍTEM: 15 | Quantitat: 1 |
| Funció: Allotjar de forma centralitzada els elements de protecció, control i mesura de la instal·lació solar fotovoltaica | Imatge:  | |
| Marca/Model: Merlin Gerin mini Pragma superfície de 3 files amb porta transparent | | |
| Característiques físiques: <ul style="list-style-type: none"> - Cofret i porta de material aïllant autoextingible, doble aïllament - Protecció IP 40 amb porta transparent - Alçada: 451 mm - Amplada: 256 mm - Profunditat: 96 mm - Nombre de files: 3 - Nombre de mòduls de 18 mm: 36 | | |

4.2. Disposicions legals i normes aplicades

- **Llei 40/1994, de 30 de desembre**, d'Ordenació del Sistema Elèctric Nacional. (BOE 31-12-94).
- **Llei 54/1997, de 27 de novembre**, del Sector Elèctric. (BOE 28-11-97).
- **Llei 66/1997 de 30 de desembre**, sobre producció d'energia elèctrica obtinguda per fonts d'energia renovables residus i cogeneració.
- **NBE AE-88 i NTE ECV-88** “Accions en l'edificació i Normes tecnològiques de l'edificació”.
- **Norma UNE 157001:2002.-** “Criteris generals per l'elaboració de projectes” i les corresponents normes de consulta interiors.
- **Ordre de 28 de febrer de 2003**, per la qual s'aproven les bases reguladores per a la inclusió d'actuacions en matèria d'estalvi, eficiència energètica i aprofitament dels recursos energètics renovables en el Pla d'eficiència energètica i el Pla d'energies renovables del Pla d'energia a Catalunya a l'horitzó 2010 i s'obre la convocatòria per a l'any 2003.
- **Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT)** i les seves corresponents instruccions tècniques complementàries (ITC).
- **Reial Decret 2.313/1985, de 8 de novembre**, pel qual s'estableix la subjecció a especificacions tècniques de les cèl·lules i mòduls fotovoltaics. (BOE 13-12-85).
- **Reial Decret Legislatiu 1.302/1986 del 28 de juny**, sobre avaluació de l'impacte ambiental. (BOE 30-6-86).
- **Reial Decret del 30 de setembre de 1988.** Reglament per l'execució del Reial Decret Legislatiu 1.302/1986, de 28 de juny, d'avaluació de l'impacte ambiental.
- **Reial Decret 2366/1994, de 9 de desembre**, sobre producció d'energia elèctrica per instal·lacions hidràuliques, de cogeneració i altres, proveïts per subministres o fonts d'energia renovables.
- **Reial Decret 2224/1998, de 16 de octubre**, pel que s'estableix el certificat de professionalitat de l'ocupació d'instal·lador de sistemes fotovoltaics i eòlics de petita potència. (BOE 10-11-98).

- **Reial Decret 2818/1998, de 23 de desembre**, sobre producció d'energia elèctrica per instal·lacions abastades per recursos o fonts d'energia renovables, residus i cogeneració. (BOE 30-12-98).
- **Reial Decret 1663/2000, de 29 de setembre**, sobre connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió.
- **Reial Decret 436/2004, de 12 de març**, s'estableix la metodologia per l'actualització de la sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de la producció d'energia elèctrica en règim especial.
- **Resolució de 26 de febrer de 1988, de la Direcció General d'Innovació i Tecnologia**, pel qual s'autoritza a l'Associació Espanyola de Normalització i Certificació (AENOR) per assumir les funcions de normalització en l'àmbit de l'Energia Solar. (BOE 29-3-88).

4.3. Muntatge de la instal·lació

Els aspectes a tenir en compte a l'hora del muntatge de la instal·lació són:

- En el referent al sistema de captació solar:
 - Elaboració d'un estudi de l'entorn per tal d'evitar zones d'ombra en el conjunt captador.
 - Abstenir-se de realitzar taladres en el mòdul.
 - Situar els mòduls orientats cap al Sud.
 - Si es necessari, planejar un accés fàcil pel muntatge i el seu manteniment.
 - Realitzar un cablejat el més curt possible.
- En el referent a l'estructura dels seguidors solars:
 - L'enllaç entre mòduls i estructura s'ha de realitzar amb cargols d'acer inoxidable.
 - La distància entre mòduls ha d'estar compresa entre 4 o 5 cm.
 - L'estructura i la subjecció han d'estar previstes per condicions adverses de vent, de fins a 120 km/h.
 - En zones de nevades freqüents, els mòduls han d'estar suficientment elevats per no quedar soterrats per la neu.
 - S'han de col·locar en una zona en el que no hi hagi ombres, per això s'ha d'evitar els obstacles més alts que el seguidor (5 m), en 10 m en direcció Sud i 20 m en les direccions Est, Oest, Sud-Est i Sud-Oest. Ha d'estar perfectament orientada cap a Sud i ha de quedar ben anivellada.

- S'ha d'escollir una zona en la que la base tingui una bona subjecció amb el terra.
- El cablejat ha de ser el suficientment llarg com perquè sigui possible el canvi d'orientació hivern-estiu.
- En referència al cablejat de la instal·lació:
 - Realitzar un cablejat el més curt possible.
 - En la connexió del mòduls en paral·lel, s'estendran els conductors des de cadascun dels mòduls fins una caixa estanca comú, des de la qual partirà el cablejat cap l'inversor.
 - Els conductors externs han de ser aptes per la intempèrie i, a ser possible, s'instal·laran en tubs.
 - Mai s'han d'utilitzar seccions inferiors a les calculades.
 - Totes les connexions es realitzaran mitjançant terminals.
 - Si les distàncies son grans, es preferible augmentar la tensió d'alimentació.

4.4. Manteniment

4.4.1. Introducció

L'usuari de la instal·lació ha de participar activament en les tasques de manteniment d'aquesta, per això, ha de conèixer els diferents elements que la componen i quina és la seva funció. Aquest usuari ha de ser capaç de detectar possibles avaries i sol·licitar ajut professional quan sigui necessari.

És aconsellable portar un seguiment per escrit de les operacions realitzades tant per l'usuari com pel tècnic. Això permetrà comprovar si el rendiment és l'estimat, i controlar el funcionament de cadascun dels elements. L'usuari haurà d'anotar qualsevol observació que es consideri oportuna, i l'haurà de comentar amb el tècnic quan aquest vagi a realitzar el manteniment.

Les operacions de manteniment son simples i senzilles. A continuació es descriuen les operacions a realitzar en cadascun dels components de la instal·lació.

4.4.2. Manteniment dels mòduls fotovoltaics

Degut a la superfície polida dels mòduls, el vent i la pluja solen ser suficients per eliminar la pols acumulada. En el mitjà rural no s'embruten tant com

en la ciutat, on la pol·lució és més elevada, sempre que el pannel no es trobi prop d'una font de contaminació. Les tasques a realitzar són:

1. Manteniment mensual per part de l'usuari
 - Si el pannel està brut, s'ha de netejar simplement amb aigua i, si és necessari, amb un detergent no abrasiu. S'ha d'evitar l'ús d'aigua a pressió, i que l'aigua s'acumuli al pannel.
 - Ha de realitzar-se una inspecció visual per si existeix alguna ruptura, símptomes d'humitat, etc.
 - Eliminació d'ombres produïdes per vegetació.
2. Manteniment per part del tècnic
 - Inspecció visual dels mòduls fotovoltaics per detectar possibles ruptures del vidre, i oxidacions de les cèl·lules i soldadures que les interconnexionen.
 - Control de les connexions elèctriques i del cablejat. Es comprovarà la estanqueïtat de les caixes de terminals, de l'ajustament dels contactes, i l'estat dels terminals de connexió entre mòduls.
 - Inspecció de l'estat de l'estructura, oxidacions i cargols fluixos.

4.4.3. Manteniment de l'inversor

L'inversor és un equip electrònic que no inclou parts que pateixin desgast amb el pas del temps, amb el que el manteniment de l'equip es redueix a revisions periòdiques que verifiquin les condicions de treball.

En la revisió periòdica de la instal·lació s'ha de revisar l'estat de les connexions i l'ajust dels borns, així com l'acumulació de pols i brutícia que es pugui acumular en el conducte de ventilació. Aquestes revisions s'han de dur a terme per un tècnic.

4.5. Seguretat en la instal·lació elèctrica

4.5.1. Generalitats

Una instal·lació elèctrica requereix d'una manipulació per posar-la en marxa, per realitzar-hi un manteniment i per ajustar-la a les condicions de servei. Alhora de realitzar aquestes tasques de manipulació, que duren a terme personal qualificat i autoritzat, existeix el risc d'entrar en contacte amb parts de la

instal·lació que tenen tensió i formar part del circuit elèctric. Aquests contactes accidentals poden ser:

- Contactes directes: es produeixen en tocar alguna de les parts de la instal·lació que habitualment estan en tensió.
- Contactes indirectes: es produeixen en tocar alguna part de la instal·lació que habitualment no té tensió que en aquell moment sí que en té degut a un mal funcionament d'aquesta instal·lació. Llavors es produeix un pas de corrent cap a terra a través del cos de la persona. Tanmateix, també es pot produir un contacte indirecte sense arribar a tocar físicament cap part de la instal·lació: estan a poca distància d'un element conductor en mal estat es pot arribar a formar un arc elèctric entre aquest element i la persona, fent passar el corrent pel cos d'aquesta persona cap al terra.

Les conseqüències d'una descàrrega elèctrica poden ser fatals pel cos humà, arribant a causar la mort en alguns casos. Degut a això, és necessari establir unes condicions de seguretat que redueixin al mínim les possibilitats de produir-se contactes amb parts elèctricament carregades. Tanmateix, cal garantir el tall d'electricitat en qualsevol punt de la instal·lació on s'hagi detectat alguna anomalia en el seu funcionament (sobrecàrregues curtcircuits, fuites a terra, etc.)

4.5.2. Protecció contra contactes directes

La protecció de les persones contra contactes directes ve definida pel codi IP (International Protection) de cada producte. Aquest codi permet la descripció dels graus de protecció que proporcionen els embolcalls contra la proximitat de parts perilloses, penetració de cossos sòlids estranys i contra els efectes de l'aigua. Aquesta informació és proporcionada a partir d'unes xifres i lletres que descriuen, segons la normativa internacional, el grau de protecció del producte. El codi IP pot anar seguit de tres xifres (IP XXX), el significat de les quals és:

1. Primera xifra: indica el grau de protecció de les persones contra els contactes amb parts en tensió o peces en moviment i de protecció del material contra la penetració de cossos sòlids, estranys i pols. Els diferents graus de protecció corresponents a les proteccions que fa referència la primera xifra són:
 - IP 1XX: es tracta d'un enreixat o d'un embolcall del que l'obertura major no permet el pas d'una bola de 50 mm de diàmetre. Això correspon aproximadament, al pas de la mà.

- IP 2XX: l'enreixat de protecció té unes malles més fines i el diàmetre de la bola és de 12,5 mm. A més a més, es realitza una prova amb un dit articulat de tal manera que ha de quedar a una distància suficient de les parts perilloses.
 - IP 3XX: l'embolcall no ha de deixar penetrar els cossos estranys de més de 2,5 mm de diàmetre. Equivalent a eines o cables.
 - IP 4XX: l'embolcall no ha de deixar penetrar els cossos estranys de més d'1 mm de diàmetre.
 - IP 5XX i IP 6XX: aquests dos graus corresponen a la protecció contra la penetració de pols. L'IP 5XX permet la penetració de pols on la seva sedimentació no sigui nociva. L'IP 6XX no permet cap entrada de pols.
2. Segona xifra: indica el grau de protecció contra els efectes perjudicials de la penetració de l'aigua. Els diferents graus de protecció de la segona xifra corresponen a les situacions següents:
- IP X1X: correspon a la protecció contra la caiguda vertical d'aigua a la que puguin quedar exposats els materials de l'interior per fugues o gotes de condensació en la part alta de l'habitacle o en canonades que passin per sobre de l'embolcall.
 - IP X2X: també correspon a les caigudes d'aigua, però amb un major cabal i sota un angle de fins a 15°.
 - IP X3X: correspon a l'estancament a la pluja. L'angle màxim de risc és de 60° respecte la vertical. La part interior de l'embolcall pot estar oberta. La projecció d'aigua es pot realitzar formant 60° d'un costat a l'altre de la vertical.
 - IP X4X: en aquest cas el cabal de cada raig d'aigua és el mateix que pel grau anterior, tot i que l'arc pot oscil·lar entre $\pm 180^\circ$, de manera que l'aigua es projecta en totes les direccions. Aquest assaig es realitza per a pluja forta i esquitxos.
 - IP X5X i IP X6X: són graus de protecció contra raigs directes de mànega, cops de mar, etc. Les condicions d'assaig són més severes pel grau 6 que pel 5.
 - IP X7X i IP X8X: són graus de protecció corresponents a immersions passatgeres o permanents amb unes condicions determinades.

3. Tercera xifra: indica el grau de protecció del material contra els danys mecànics. Els diferents graus de protecció de la tercera xifra corresponen a les situacions següents:

- IP XX1: indica que el material és resistent a una energia de xoc de 0,225 J, que equival a la caiguda d'un martell de 150 gr. des de 15 cm d'alçada.
- IP XX3: indica que el material pot resistir un xoc de 0,5 J, equivalent a la caiguda des de 20 cm d'alçada d'un martell de 250 gr.
- IP XX5: indica que el material és resistent a una energia de xoc de 2 J, equivalent a la caiguda d'un martell d'1 kg des de 20 cm d'alçada.
- IP XX7: correspon a una protecció contra una energia de xoc de 6 J, el que equivaldria a la caiguda lliure des de 40 cm d'un martell d'1,5 kg.
- IP XX9: aquest és el major grau de protecció contra xocs i pot resistir una energia de xoc de fins a 20 J, equivalent a la caiguda d'un martell de 5 kg des de 40 cm d'alçada.

Si qualsevol de les xifres fos zero o no vingués indicada significaria que no hi ha protecció sobre el corresponent aspecte. Totes aquestes dades queden reflectides en la Taula 4-1:

| NÚMERO | 1ª CIFRA: SÓLIDOS | 2ª CIFRA: LÍQUIDOS | 3ª CIFRA: MECÁNICA |
|--------|---|---|-----------------------------|
| 0 | Sin protección. | Sin protección. | Sin protección. |
| 1 | Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm. | Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua (condensación). | Energía de choque: 0,225 J |
| 2 | Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm. | Protegido contra las caídas verticales de agua hasta 15° de la vertical. | Energía de choque: 0,375 J. |
| 3 | Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm. | Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical. | Energía de choque: 0,500 J. |
| 4 | Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm. | Protegido contra las proyecciones de agua en todas direcciones. | |
| 5 | Protegido contra el polvo (sin sedimentos perjudiciales). | Protegido contra el lanzamiento de agua en todas direcciones. | Energía de choque: 2,00 J. |
| 6 | totalmente protegido contra el polvo. | Protegido contra el lanzamiento de agua similar a los golpes de mar. | |
| 7 | | Protegido contra la inmersión. | Energía de choque: 6,00 J. |
| 8 | | Protegido contra los efectos prolongados de la inmersión bajo presión. ... m | |
| 9 | | | Energía de choque: 20,00 J. |

Taula 4-1. Taula resum de la protecció IP.

És important destacar que solament serà possible la supressió de les barreres obrint l'embolcall o part d'aquest:

- Si s'utilitza una clau o una eina.
- Si es treu prèviament la tensió de les parts actives protegides per aquestes barreres i no pot ser restablerta fins després de la reinstal·lació de les barreres.
- Si hi ha interposada una segona barrera que compleixi les mateixes condicions dictades per les anteriors.

Per la protecció contra contactes directes, el reglament de baixa tensió, estableix altres mesures com:

- Allunyament de les parts actives de la instal·lació a una distància que no permeti el contacte fortuït de les mans, o per manipulació d'objectes conductors, des del lloc on les persones habitualment hi són o hi circulen. Aquesta distància es considera que ha de ser de 2,5 m cap amunt i 1 m lateralment i inferior, des d'on es troba situada la persona (Figura 4-1).
- Recobriments de les parts actives per mitjà d'un aïllament apropiat capaç de conservar les seves propietats en el temps i que limiti el corrent de contacte a un valor no superior a 1 mA, suposant la resistència del cos humà de 2500 Ω .

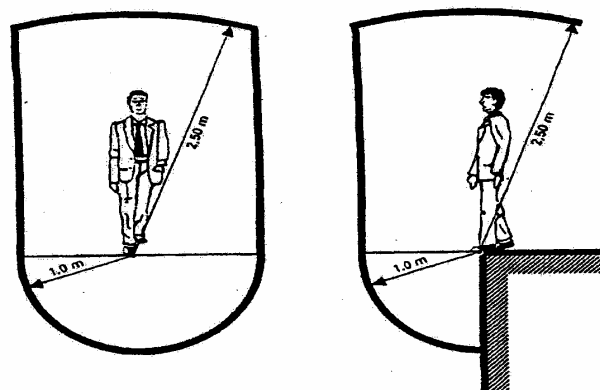


Figura 4-1. Distància de les parts actives de la instal·lació respecte les persones.

4.5.3. Elements essencials de protecció

- **Aparells de maniobra dels circuits**

Són els que efectuen les maniobres d'interrupció, seccionament i aïllament de circuits. Aquests aparells són:

- Interruptors i interruptors automàtics: aquest interruptors estan pensats per obrir circuits sota tensió i càrrega.
- Seccionadors: són elements que serveixen per aïllar o separar elements i línies de la instal·lació. Estan fets de tal manera que es pot comprovar a simple vista en quina posició estan o, del contrari, porten un sistema segur que senyala la seva posició.

- **Proteccions**

- Sobreintensitats: protegeixen les instal·lacions contra els efectes tèrmics i dinàmics. S'utilitzen interruptors automàtics o tallacircuits fusibles.
- Sobretensions: protegeixen contra sobretensions perilloses.

- **Preses de terra**

En les instal·lacions elèctriques ha d'existir una instal·lació de presa de terra per tal d'eliminar el risc per a les persones que hi maniobren i per permetre l'actuació de les proteccions. Existeixen dos tipus de preses de terra:

- Presa de terra de protecció: la seva finalitat és limitar la tensió a terra d'aquelles parts de la instal·lació elèctrica que, eventualment i de forma no desitjada, es posin en tensió. Aquesta instal·lació comprèn el xassís i bastidor dels aparells de maniobra, els embolcalls del conjunt d'armaris metàl·lics, les portes metàl·liques dels locals, els blindatges metàl·lics dels cables, els conductes metàl·lics i carcasses dels generadors.
- Presa a terra de servei: són instal·lacions unides a un o varis punts del circuit elèctric o aparells, amb la finalitat de permetre el funcionament més regular i segur del circuit. Aquesta instal·lació comprèn el neutre dels alternadors i elements de derivació a terra dels seccionadors amb presa de terra. Aquesta presa de terra de protecció i servei ha d'anar interconnectada, constituint una instal·lació de terra general.

4.6. Medi ambient

4.6.1. Introducció

Per valorar amb objectivitat les repercussions ambientals dels sistemes energètics mitjançant energies renovables, cal considerar-los en relació als altres tipus de centrals de producció d'electricitat. En aquest sentit, s'ha de recordar que, aproximadament un terç de les emissions de CO₂ a Europa provenen de la generació d'energia elèctrica. Comparativament amb altres fonts de producció d'energia, les instal·lacions d'energies renovables són clarament positives, donat que no provoquen agressions al medi tals com: emissió de substàncies tòxiques, producció de residus sòlids, pluja àcida, utilització de recursos o emissió de gasos responsables de l'efecte hivernacle (CO₂).

4.6.2. Medi ambient de la instal·lació fotovoltaica

Dins de les energies renovables, la fotovoltaica es considera com un sistema net, exempt de sorolls, inesgotable, ecològic i d'una altra tecnologia, en comparació amb les centrals de carbó o nuclears.

El seu balanç energètic és positiu, és a dir, l'energia que produirà en el transcurs del seu període d'utilització serà superior a la invertida en la seva generació. És important el servei que presta des del punt de vista social, ja que permet disposar de certes comoditats en situacions extremes en que cap dels altres procediments d'electrificació habituals resulten vàlids.

Els aspectes negatius es troben en la utilització de productes químics en algun dels seus components i en una valoració estètica de les seves instal·lacions:

- Impacte químic: en la producció de les cèl·lules s'utilitzen àcids i alcalins. S'ha d'assenyalar que en qualsevol producte industrial es produeixen una sèrie de residus que si no són tractats adequadament poden causar un impacte més o menys greu en el medi. Si bé en l'etapa de la producció podria resultar com la més perillosa en quant a la utilització de gasos tòxics i elements pesats, l'aplicació d'adequats controls en la manufacturació redueixen considerablement els riscos.
- Impacte físic: en aplicacions descentralitzades o remotes amb prou feines representen un impacte visual important en la zona si es comparen amb la generació exclusiva de l'electricitat per mitjà de grans centrals.

Des del punt de vista medi ambiental, la producció d'energia elèctrica per aquest procediment presenta més efectes positius que negatius, ja que substitueixen a energies contaminants i eviten el seu transport en l'electrificació aïllada. Degut a que l'aprofitament de l'energia solar fotovoltaica es produeix, en la pràctica totalitat dels casos, en l'àmbit local fent impacte que generaria la seva realització en forma de pistes, cables i pals.



5. ESTAT D'AMIDAMENTS



ÍNDEX ESTAT D'AMIDAMENTS

| | |
|---------------------------------------|----------|
| 5.1. Relació de partides | 3 |
| 5.2. Estat d'amidaments | 4 |

5.1. Relació de partides

- **Instal·lació elèctrica:**

1. Línia 1
2. Línia 2
3. Línia 3
4. Línia 4
5. Línia 5
6. Línia 6
7. Línia 7
8. Línia 8
9. Línia 9
10. Línia 10
11. Línia 11
12. Línia 12
13. Línia 13
14. Línia 14
15. Elements de protecció i quadre de distribució
16. Ma d'obra

- **Instal·lació solar fotovoltaica:**

1. Material fotovoltaic
2. Línia LF1 i LF2
3. Línia LD1 i LD2

4. Línia LR
5. Elements de protecció i control i quadre de distribució
6. Elements de protecció, control i mesura i quadre de distribució
7. Ma d'obra

5.2. Estat d'amidaments

- Instal·lació elèctrica:

| Partides | | Material elèctric de la instal·lació elèctrica i ma d'obra | Unitats | Quantitat |
|----------|------|--|---------|-----------|
| 1 | 1.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 10 mm ² | m | 75,54 |
| | 1.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 25 mm | m | 25,18 |
| 2 | 2.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 2,5 mm ² | m | 399,55 |
| | 2.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 79,91 |
| 3 | 3.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 96,18 |
| | 3.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 32 mm | m | 32,06 |
| 4 | 4.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 1,5 mm ² | m | 27,55 |
| | 4.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 16 mm | m | 5,51 |
| 5 | 5.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 156,55 |
| | 5.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 31,31 |
| 6 | 6.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 181,56 |
| | 6.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 60,52 |
| 7 | 7.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 407,7 |
| | 7.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 32 mm | m | 135,9 |
| 8 | 8.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 6 mm ² | m | 71,49 |
| | 8.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 23,83 |
| 9 | 9.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 6 mm ² | m | 131,58 |
| | 9.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 43,86 |
| 10 | 10.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 10 mm ² | m | 156,45 |
| | 10.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 25 mm | m | 52,15 |

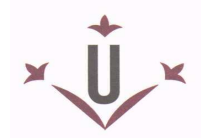
| Partides | Material elèctric de la instal·lació elèctrica i ma d'obra | Unitats | Quantitat |
|----------|--|---------|-----------|
| 11 | 11.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 70 mm ² | m | 50 |
| | 11.2 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 35 mm ² | m | 12,5 |
| | 11.3 Tub flexible protector de PVC de mètrica 63 mm | m | 12,5 |
| 12 | 12.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 35 mm ² | m | 0,2 |
| | 12.2 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 0,1 |
| 13 | 13.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 25 mm ² | m | 0,2 |
| | 13.2 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 0,1 |
| 14 | 14.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 0,3 |
| 15 | 15.1 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C120N corba C d'intensitat nominal de 100 A i 10000 A de poder de tall | ut | 1 |
| | 15.2 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C120N corba C d'intensitat nominal de 80 A i 10000 A de poder de tall | ut | 2 |
| | 15.3 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 50 A i 6000 A de poder de tall | ut | 2 |
| | 15.4 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 20 A i 6000 A de poder de tall | ut | 1 |
| | 15.5 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 16 A i 6000 A de poder de tall | ut | 1 |
| | 15.6 Interruptor general automàtic tetrapolar Merlin Gerin NS250N d'intensitat nominal de 250 A i 36000 A de poder de tall | ut | 1 |
| | 15.7 Interruptor automàtic tetrapolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 32 A i 6000 A de poder de tall | ut | 1 |
| | 15.8 Interruptor automàtic tetrapolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 25 A i 6000 A de poder de tall | ut | 1 |
| | 15.9 Interruptor automàtic tetrapolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 20 A i 6000 A de poder de tall | ut | 1 |
| | 15.10 Interruptor diferencial bipolar Merlin Gerin Vigi C120 classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤125 A | ut | 3 |
| | 15.11 Interruptor diferencial bipolar Merlin Gerin ID classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal de 40 A | ut | 1 |
| | 15.12 Interruptor diferencial tetrapolar Merlin Gerin Vigi C60 classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤40 A | ut | 1 |
| | 15.13 Interruptor diferencial tetrapolar Merlin Gerin Vigi C60 classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤25 A | ut | 2 |
| | 15.14 Fusible tetrapolar Merlin Gerin tipus INF d'intensitat nominal de 250 A i una tensió de 500 V | ut | 1 |
| | 15.15 Quadre de distribució Merlin Gerin Pragma D superfície de 4 files amb porta no transparent | ut | 1 |
| 16 | 16.1 Oficial de primera | h | 104 |
| | 16.2 Ajudant electricista | h | 104 |

Taula 5-1. Estat d'amidaments de la instal·lació elèctrica.

- **Instal·lació solar fotovoltaica:**

| Partides | | Material fotovoltaic i elèctric de la instal·lació solar fotovoltaica i ma d'obra | Unitats | Quantitat |
|----------|-----|--|---------|-----------|
| 1 | 1.1 | Mòdul fotovoltaic SOLARWORLD SW-220 | ut | 24 |
| | 1.2 | Seguidor solar de doble eix ERG Eclíptica | ut | 2 |
| | 1.3 | Inversor FRONIUS IG 30 | ut | 2 |
| 2 | 2.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 6 mm ² | m | 360 |
| | 2.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 50 mm | m | 120 |
| 3 | 3.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 30 |
| | 3.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 10 |
| 4 | 4.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 25 mm ² | m | 100 |
| | 4.2 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 50 |
| | 4.3 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 32 mm | m | 50 |
| 5 | 5.1 | Fusible Simon sèrie 14 NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 10 A i una tensió de 500 V | ut | 4 |
| | 5.2 | Base portafusible unipolar Simon sèrie 14 amb una intensitat nominal màxima de 160 A | ut | 4 |
| | 5.3 | Interruptor manual bipolar Merlin Gerin Carga I d'intensitat nominal de 20 A i una tensió de 415 V | ut | 2 |
| | 5.4 | Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin K60N d'intensitat nominal de 16 A i 6000 A de poder de tall | ut | 2 |
| | 5.5 | Quadre de distribució Merlin Gerin mini Pragma superfície d'1 fila amb porta no transparent | ut | 1 |
| 6 | 6.1 | Relé de control Merlin Gerin RCU | ut | 1 |
| | 6.2 | Relé de control Merlin Gerin RCP | ut | 1 |
| | 6.3 | Interruptor diferencial bipolar Merlin Gerin ID classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal de 40 A | ut | 1 |
| | 6.4 | ICP-M bipolar Merlin Gerin C60N d'intensitat nominal de 30 A i 6000 A de poder de tall | ut | 1 |
| | 6.5 | Comptador Merlin Gerin CE monofàsic | ut | 1 |
| | 6.6 | Fusible Simon sèrie 14 NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 35 A i una tensió de 500 V | ut | 2 |
| | 6.7 | Base portafusible unipolar Simon sèrie 14 amb una intensitat nominal màxima de 160 A | ut | 2 |
| | 6.8 | Quadre de distribució Merlin Gerin mini Pragma superfície de 3 files amb porta transparent | ut | 1 |
| 7 | 7.1 | Mini retroexcavadora | h | 12 |
| | 7.2 | Peó | h | 8 |
| | 7.3 | Oficial de primera | h | 76 |
| | 7.4 | Ajudant electricista | h | 76 |

Taula 5-2. Estat d'amidaments de la instal·lació solar fotovoltaica.



6. PRESSUPOST

ÍNDEX PRESSUPOST

| | |
|---|-----------|
| 6.1. Preus unitaris dels elements | 3 |
| 6.2. Pressupost per partides | 6 |
| 6.3. Resum del pressupost per partides | 10 |
| 6.4. Pressupost general | 11 |
| 6.5. Pressupost general amb subvenció | 11 |
| 6.6. Estudi de viabilitat econòmica | 12 |

6.1. Preus unitaris dels elements

- Instal·lació elèctrica:

| Partides | Material elèctric de la instal·lació elèctrica i ma d'obra | Unitats | Preu unitari (€) |
|----------|--|---------|------------------|
| 1 | 1.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 10 mm ² | m | 3,87 |
| | 1.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 25 mm | m | 1,73 |
| 2 | 2.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 2,5 mm ² | m | 1,26 |
| | 2.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 |
| 3 | 3.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 5,85 |
| | 3.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 32 mm | m | 2,45 |
| 4 | 4.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 1,5 mm ² | m | 0,97 |
| | 4.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 16 mm | m | 0,95 |
| 5 | 5.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 1,79 |
| | 5.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 |
| 6 | 6.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 1,79 |
| | 6.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 |
| 7 | 7.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 5,85 |
| | 7.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 32 mm | m | 2,45 |
| 8 | 8.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 6 mm ² | m | 2,43 |
| | 8.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 |
| 9 | 9.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 6 mm ² | m | 2,43 |
| | 9.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 |
| 10 | 10.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 10 mm ² | m | 3,87 |
| | 10.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 25 mm | m | 1,73 |
| 11 | 11.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 70 mm ² | m | 25,87 |
| | 11.2 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 35 mm ² | m | 13,14 |
| | 11.3 Tub flexible protector de PVC de mètrica 63 mm | m | 9,81 |

| Partides | Material elèctric de la instal·lació elèctrica i ma d'obra | Unitats | Preu unitari (€) |
|----------|---|---------|------------------|
| 12 | 12.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 35 mm ² | m | 13,14 |
| | 12.2 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 5,85 |
| 13 | 13.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 25 mm ² | m | 9,1 |
| | 13.2 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 5,85 |
| 14 | 14.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 1,79 |
| 15 | 15.1 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C120N corba C d'intensitat nominal de 100 A i 10000 A de poder de tall | ut | 120,86 |
| | 15.2 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C120N corba C d'intensitat nominal de 80 A i 10000 A de poder de tall | ut | 109,28 |
| | 15.3 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 50 A i 6000 A de poder de tall | ut | 98,19 |
| | 15.4 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 20 A i 6000 A de poder de tall | ut | 37,08 |
| | 15.5 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 16 A i 6000 A de poder de tall | ut | 36,69 |
| | 15.6 Interruptor general automàtic tetrapolar Merlin Gerin NS250N d'intensitat nominal de 250 A i 36000 A de poder de tall | ut | 793 |
| | 15.7 Interruptor automàtic tetrapolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 32 A i 6000 A de poder de tall | ut | 86,29 |
| | 15.8 Interruptor automàtic tetrapolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 25 A i 6000 A de poder de tall | ut | 82,74 |
| | 15.9 Interruptor automàtic tetrapolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 20 A i 6000 A de poder de tall | ut | 79,79 |
| | 15.10 Interruptor diferencial bipolar Merlin Gerin Vigi C120 classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 125 A | ut | 218,66 |
| | 15.11 Interruptor diferencial bipolar Merlin Gerin ID classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal de 40 A | ut | 105,63 |
| | 15.12 Interruptor diferencial tetrapolar Merlin Gerin Vigi C60 classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 40 A | ut | 156,69 |
| | 15.13 Interruptor diferencial tetrapolar Merlin Gerin Vigi C60 classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 25 A | ut | 133,08 |
| | 15.14 Fusible tetrapolar Merlin Gerin tipus INF d'intensitat nominal de 250 A i una tensió de 500 V | ut | 61,9 |
| | 15.15 Quadre de distribució Merlin Gerin Pragma D superfície de 4 files amb porta no transparent | ut | 163,4 |
| 16 | 16.1 Oficial de primera | h | 15 |
| | 16.2 Ajudant electricista | h | 10 |

Taula 6-1. Preus unitaris de la instal·lació elèctrica.

- **Instal·lació solar fotovoltaica:**

| Partides | Material fotovoltaic i elèctric de la instal·lació solar fotovoltaica i ma d'obra | Unitats | Preu unitari (€) |
|----------|--|---------|------------------|
| 1 | 1.1 Mòdul fotovoltaic SOLARWORLD SW-220 | ut | 1042 |
| | 1.2 Seguidor solar de doble eix ERG Eclíptica | ut | 2272 |
| | 1.3 Inversor FRONIUS IG 30 | ut | 2285 |
| 2 | 2.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 6 mm ² | m | 2,43 |
| | 2.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 50 mm | m | 5,02 |
| 3 | 3.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 1,79 |
| | 3.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 |
| 4 | 4.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 25 mm ² | m | 9,1 |
| | 4.2 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 5,85 |
| | 4.3 Tub flexible protector de PVC de mètrica 32 mm | m | 2,45 |
| 5 | 5.1 Fusible Simon sèrie 14 NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 10 A i una tensió de 500 V | ut | 4,78 |
| | 5.2 Base portafusible unipolar Simon sèrie 14 amb una intensitat nominal màxima de 160 A | ut | 6,97 |
| | 5.3 Interruptor manual bipolar Merlin Gerin Carga I d'intensitat nominal de 20 A i una tensió de 415 V | ut | 14,83 |
| | 5.4 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin K60N d'intensitat nominal de 16 A i 6000 A de poder de tall | ut | 17,17 |
| | 5.5 Quadre de distribució Merlin Gerin mini Pragma superfície d'1 fila amb porta no transparent | ut | 20,05 |
| 6 | 6.1 Relé de control Merlin Gerin RCU | ut | 152,72 |
| | 6.2 Relé de control Merlin Gerin RCP | ut | 148,92 |
| | 6.3 Interruptor diferencial bipolar Merlin Gerin ID classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal de 40 A | ut | 105,63 |
| | 6.4 ICP-M bipolar Merlin Gerin C60N d'intensitat nominal de 30 A i 6000 A de poder de tall | ut | 45,42 |
| | 6.5 Comptador Merlin Gerin CE monofàsic | ut | 277,32 |
| | 6.6 Fusible Simon sèrie 14 NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 35 A i una tensió de 500 V | ut | 5,87 |
| | 6.7 Base portafusible unipolar Simon sèrie 14 amb una intensitat nominal màxima de 160 A | ut | 6,97 |
| | 6.8 Quadre de distribució Merlin Gerin mini Pragma superfície de 3 files amb porta transparent | ut | 50,23 |
| 7 | 7.1 Mini retroexcavadora | h | 20 |
| | 7.2 Peó | h | 8 |
| | 7.3 Oficial de primera | h | 15 |
| | 7.4 Ajudant electricista | h | 10 |

Taula 6-2. Preus unitaris de la instal·lació solar fotovoltaica.

6.2. Pressupost per partides

- Instal·lació elèctrica:

| Partides | Material elèctric de la instal·lació elèctrica i ma d'obra | Unitats | Preu unitari (€) | Quantitat | Preu total (€) |
|----------|--|---------|------------------|-----------|----------------|
| 1 | 1.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 10 mm ² | m | 3,87 | 75,54 | 292,34 |
| | 1.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 25 mm | m | 1,73 | 25,18 | 43,56 |
| 2 | 2.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 2,5 mm ² | m | 1,26 | 399,55 | 503,43 |
| | 2.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 | 79,91 | 102,28 |
| 3 | 3.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 5,85 | 96,18 | 562,65 |
| | 3.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 32 mm | m | 2,45 | 32,06 | 78,55 |
| 4 | 4.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 1,5 mm ² | m | 0,97 | 27,55 | 26,72 |
| | 4.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 16 mm | m | 0,95 | 5,51 | 5,23 |
| 5 | 5.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 1,79 | 156,55 | 280,22 |
| | 5.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 | 31,31 | 40,08 |
| 6 | 6.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 1,79 | 181,56 | 324,99 |
| | 6.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 | 60,52 | 77,47 |
| 7 | 7.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 5,85 | 407,7 | 2385,05 |
| | 7.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 32 mm | m | 2,45 | 135,9 | 332,96 |
| 8 | 8.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 6 mm ² | m | 2,43 | 71,49 | 173,72 |
| | 8.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 | 23,83 | 30,50 |

| Partides | Material elèctric de la instal·lació elèctrica i ma d'obra | Unitats | Preu unitari (€) | Quantitat | Preu total (€) |
|----------|--|---------|------------------|-----------|----------------|
| 9 | 9.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 6 mm ² | m | 2,43 | 131,58 | 319,74 |
| | 9.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 | 43,86 | 56,14 |
| 10 | 10.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 10 mm ² | m | 3,87 | 156,45 | 605,46 |
| | 10.2 Tub flexible protector de PVC de mètrica 25 mm | m | 1,73 | 52,15 | 90,22 |
| 11 | 11.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 70 mm ² | m | 25,87 | 50 | 1293,50 |
| | 11.2 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 35 mm ² | m | 13,14 | 12,5 | 164,25 |
| | 11.3 Tub flexible protector de PVC de mètrica 63 mm | m | 9,81 | 12,5 | 122,63 |
| 12 | 12.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 35 mm ² | m | 13,14 | 0,2 | 2,63 |
| | 12.2 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 5,85 | 0,1 | 0,59 |
| 13 | 13.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 25 mm ² | m | 9,1 | 0,2 | 1,82 |
| | 13.2 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 5,85 | 0,1 | 0,59 |
| 14 | 14.1 Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 1,79 | 0,3 | 0,54 |
| 15 | 15.1 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C120N corba C d'intensitat nominal de 100 A i 10000 A de poder de tall | ut | 120,86 | 1 | 120,86 |
| | 15.2 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C120N corba C d'intensitat nominal de 80 A i 10000 A de poder de tall | ut | 109,28 | 2 | 218,56 |
| | 15.3 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 50 A i 6000 A de poder de tall | ut | 98,19 | 2 | 196,38 |
| | 15.4 Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 20 A i 6000 A de poder de tall | ut | 37,08 | 1 | 37,08 |

| Partides | Material elèctric de la instal·lació elèctrica i ma d'obra | Unitats | Preu unitari (€) | Quantitat | Preu total (€) | |
|----------|--|--|------------------|-----------|----------------|--------|
| 15 | 15.5 | Interrupctor automàtic bipolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 16 A i 6000 A de poder de tall | ut | 36,69 | 1 | 36,69 |
| | 15.6 | Interrupctor general automàtic tetrapolar Merlin Gerin NS250N d'intensitat nominal de 250 A i 36000 A de poder de tall | ut | 793 | 1 | 793 |
| | 15.7 | Interrupctor automàtic tetrapolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 32 A i 6000 A de poder de tall | ut | 86,29 | 1 | 86,29 |
| | 15.8 | Interrupctor automàtic tetrapolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 25 A i 6000 A de poder de tall | ut | 82,74 | 1 | 82,74 |
| | 15.9 | Interrupctor automàtic tetrapolar Merlin Gerin C60N corba C d'intensitat nominal de 20 A i 6000 A de poder de tall | ut | 79,79 | 1 | 79,79 |
| | 15.10 | Interrupctor diferencial bipolar Merlin Gerin Vigi C120 classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 125 A | ut | 218,66 | 3 | 655,98 |
| | 15.11 | Interrupctor diferencial bipolar Merlin Gerin ID classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal de 40 A | ut | 105,63 | 1 | 105,63 |
| | 15.12 | Interrupctor diferencial tetrapolar Merlin Gerin Vigi C60 classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 40 A | ut | 156,69 | 1 | 156,69 |
| | 15.13 | Interrupctor diferencial tetrapolar Merlin Gerin Vigi C60 classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal ≤ 25 A | ut | 133,08 | 2 | 266,16 |
| | 15.14 | Fusible tetrapolar Merlin Gerin tipus INF d'intensitat nominal de 250 A i una tensió de 500 V | ut | 61,9 | 1 | 61,90 |
| | 15.15 | Quadre de distribució Merlin Gerin Pragma D superfície de 4 files amb porta no transparent | ut | 163,4 | 1 | 163,40 |
| 16 | 16.1 | Oficial de primera | h | 15 | 104 | 1560 |
| | 16.2 | Ajudant electricista | h | 10 | 104 | 1040 |

Taula 6-3. Pressupost de la instal·lació elèctrica.

- **Instal·lació solar fotovoltaica:**

| Partides | | Material fotovoltaic i elèctric de la instal·lació solar fotovoltaica i ma d'obra | Unitats | Preu unitari (€) | Quantitat | Preu total (€) |
|----------|-----|--|---------|------------------|-----------|----------------|
| 1 | 1.1 | Mòdul fotovoltaic SOLARWORLD SW-220 | ut | 1042 | 24 | 25008 |
| | 1.2 | Seguidor solar de doble eix ERG Eclíptica | ut | 2272 | 2 | 4544 |
| | 1.3 | Inversor FRONIUS IG 30 | ut | 2285 | 2 | 4570 |
| 2 | 2.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 6 mm ² | m | 2,43 | 360 | 874,8 |
| | 2.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 50 mm | m | 5,02 | 120 | 602,4 |
| 3 | 3.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 4 mm ² | m | 1,79 | 30 | 53,7 |
| | 3.2 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 20 mm | m | 1,28 | 10 | 12,8 |
| 4 | 4.1 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 25 mm ² | m | 9,1 | 100 | 910 |
| | 4.2 | Conductor unipolar de baixa tensió 0,6/1 kV de coure amb aïllament de XLPE i de secció 16 mm ² | m | 5,85 | 50 | 292,5 |
| | 4.3 | Tub flexible protector de PVC de mètrica 32 mm | m | 2,45 | 50 | 122,5 |
| 5 | 5.1 | Fusible Simon sèrie 14 NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 10 A i una tensió de 500 V | ut | 4,78 | 4 | 19,12 |
| | 5.2 | Base portafusible unipolar Simon sèrie 14 amb una intensitat nominal màxima de 160 A | ut | 6,97 | 4 | 27,88 |
| | 5.3 | Interruptor manual bipolar Merlin Gerin Carga I d'intensitat nominal de 20 A i una tensió de 415 V | ut | 14,83 | 2 | 29,66 |
| | 5.4 | Interruptor automàtic bipolar Merlin Gerin K60N d'intensitat nominal de 16 A i 6000 A de poder de tall | ut | 17,17 | 2 | 34,34 |
| | 5.5 | Quadre de distribució Merlin Gerin mini Pragma superfície d'1 fila amb porta no transparent | ut | 20,05 | 1 | 20,05 |
| 6 | 6.1 | Relé de control Merlin Gerin RCU | ut | 152,72 | 1 | 152,72 |
| | 6.2 | Relé de control Merlin Gerin RCP | ut | 148,92 | 1 | 148,92 |
| | 6.3 | Interruptor diferencial bipolar Merlin Gerin ID classe AC de sensibilitat 30 mA e intensitat nominal de 40 A | ut | 105,63 | 1 | 105,63 |
| | 6.4 | ICP-M bipolar Merlin Gerin C60N d'intensitat nominal de 30 A i 6000 A de poder de tall | ut | 45,42 | 1 | 45,42 |
| | 6.5 | Comptador Merlin Gerin CE monofàsic | ut | 277,32 | 1 | 277,32 |
| | 6.6 | Fusible Simon sèrie 14 NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 35 A i una tensió de 500 V | ut | 5,87 | 2 | 11,74 |

| Partides | | Material fotovoltaic i elèctric de la instal·lació solar fotovoltaica i ma d'obra | Unitats | Preu unitari (€) | Quantitat | Preu total (€) |
|----------|-----|--|---------|------------------|-----------|----------------|
| 6 | 6.7 | Base portafusible unipolar Simon sèrie 14 amb una intensitat nominal màxima de 160 A | ut | 6,97 | 2 | 13,94 |
| | 6.8 | Quadre de distribució Merlin Gerin mini Pragma superfície de 3 files amb porta transparent | ut | 50,23 | 1 | 50,23 |
| 7 | 7.1 | Mini retroexcavadora | h | 20 | 12 | 240 |
| | 7.2 | Peó | h | 8 | 8 | 64 |
| | 7.3 | Oficial de primera | h | 15 | 76 | 1140 |
| | 7.4 | Ajudant electricista | h | 10 | 76 | 760 |

Taula 6-4. Pressupost de la instal·lació solar fotovoltaica.

6.3. Resum del pressupost per partides

- Instal·lació elèctrica:

| Partides | | Preu total (€) |
|-------------------------------------|---|----------------|
| 1 | Línia 1 | 335,90 |
| 2 | Línia 2 | 605,72 |
| 3 | Línia 3 | 641,20 |
| 4 | Línia 4 | 31,96 |
| 5 | Línia 5 | 320,30 |
| 6 | Línia 6 | 402,46 |
| 7 | Línia 7 | 2718,00 |
| 8 | Línia 8 | 204,22 |
| 9 | Línia 9 | 375,88 |
| 10 | Línia 10 | 695,68 |
| 11 | Línia 11 | 1580,38 |
| 12 | Línia 12 | 3,21 |
| 13 | Línia 13 | 2,41 |
| 14 | Línia 14 | 0,54 |
| 15 | Elements de protecció i quadre de distribució | 3061,15 |
| 16 | Ma d'obra | 2600,00 |
| Total instal·lació elèctrica | | 13579 |

Taula 6-5. Resum pressupost de la instal·lació elèctrica.

- **Instal·lació solar fotovoltaica:**

| Partides | | Preu total |
|--|---|-----------------|
| 1 | Material fotovoltaic | 34122 |
| 2 | Línia LF1 i LF2 | 1477,2 |
| 3 | Línia LD1 i LD2 | 66,5 |
| 4 | Línia LR | 1325 |
| 5 | Elements de protecció i control i quadre de distribució | 131,05 |
| 6 | Elements de protecció, control i mesura i quadre de distribució | 805,92 |
| 7 | Ma d'obra | 2204 |
| Total instal·lació solar fotovoltaica | | 40131,67 |

Taula 6-6. Resum pressupost de la instal·lació solar fotovoltaica.

6.4. Pressupost general

| Instal·lacions | Elèctrica | Solar fotovoltaica | Preu total (€) |
|----------------------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Pressupost instal·lació | 13579,00 | 40131,67 | 53710,67 |
| Benefici industrial (6%) | 814,74 | 2407,90 | 3222,64 |
| Base imposable | 14393,74 | 42539,57 | 56933,31 |
| I.V.A (16%) | 2303,00 | 6806,33 | 9109,33 |
| Pressupost general | 16696,74 | 49345,90 | |
| Total pressupost projecte | 66042,64 | | |

Taula 6-7. Pressupost general.

El pressupost total del projecte ascendeix a **SEIXANTA-SIS MIL QUARANTA-DOS EUROS AMB SEIXANTA-QUATRE CÈNTIMS.**

6.5. Pressupost general amb subvenció

Al preu total del cost del projecte s'ha d'aplicar la subvenció que ofereix la Generalitat per a les instal·lacions solars fotovoltaiques connectades a la xarxa elèctrica (DOGC núm. 3833-28/02/2003). Aquesta subvenció dona 3,7 €/W instal·lats, i en la

instal·lació solar fotovoltaica s'instal·la una potència de 5280 W i en conseqüència la subvenció rebuda seria de 19536 €.

Amb la subvenció rebuda, el pressupost general de la instal·lació solar fotovoltaica passarà de 49345,90 € a 29809,9 €, i el pressupost total del projecte ascendeix a 46506,64 €.

6.6. Estudi de viabilitat econòmica

L'objectiu d'aquest estudi de viabilitat econòmica es determinar el període de retorn del capital invertit de la instal·lació solar fotovoltaica. És a dir, el nombre d'anys que hauran de transcórrer des de l'inici de la vida útil del sistema per tal que l'estalvi econòmic generat compensi la inversió inicial.

Una vegada calculat el pressupost de la instal·lació, es realitza l'estudi econòmic per a la instal·lació solar fotovoltaica en cas de rebre o no subvenció. Tal i com es mostra en l'apartat 6.5 la subvenció que poden donar està en 3,7 €/W instal·lat, en aquest cas al instal·lar una potència de 5280 W, la subvenció màxima que es pot rebre és de 19536 €.

En aquest cas no s'ha considerat altres factors com són l'increment del preu de l'energia o del diner ja que les instal·lacions fotovoltaïques són casos especials, en que el preu de venda va regulat pel govern i es modifica cada quatre anys independentment de l'augment de la inflació. Per tant, s'ha considerat que la relació entre el cost de l'energia elèctrica i la prima per la venda d'electricitat obtinguda a partir d'energia solar es manté constant durant els pròxims anys.

Els ingressos anuals previstos per la venda d'energia elèctrica de la instal·lació solar fotovoltaica amb seguidors solars automàtics de doble eix, es calculen a partir de l'Equació 6-1:

$$ING = E_{xarxa} \cdot R_t$$

Equació 6-1

On:

ING: son els ingressos anuals previstos per la venda d'energia elèctrica, en €/any.

E_{xarxa} : és l'energia elèctrica anual injectada a la xarxa, en kWh/any, calculada en l'apartat 2.2.2.7.

R_t : és el preu de l'energia solar, en €.

En l'apartat 2.2.2.7 s'obté que l'energia elèctrica anual injectada a la xarxa elèctrica és de 10115,64 kWh/any i segons el RD 436/2004, el preu de l'energia solar és de 0,42 €/kWh. Substituint els valors en l'Equació 6-1 s'obté que els ingressos anuals previstos per la venda d'energia elèctrica son de 4248,57 €/any. A continuació s'ha elaborat la Taula 6-8, en la qual hi han dades que s'utilitzaran per al càlcul del Payback.

| Dades | Valor |
|------------------------------|---------|
| Ingressos (€) | 4248,57 |
| Subvenció (€) | 19536 |
| Superfície (m ²) | 40,08 |
| Nº panells | 24 |
| Inversió sense subvenció (€) | 49345,9 |
| Inversió amb subvenció (€) | 29809,9 |

Taula 6-8. Paràmetres de càlcul del Payback de la instal·lació solar fotovoltaica.

Per a calcular el període de retorn (Payback) s'estudia en quants anys la instal·lació solar fotovoltaica comença a donar beneficis. S'estima una vida útil d'una instal·lació solar fotovoltaica d'uns 25 anys. Els resultats del càlcul del període de retorn i dels beneficis de la instal·lació solar fotovoltaica es mostren en la Taula 6-9 i 6-10.

| Payback (anys) | Ingressos (€) | Benefici (€) |
|----------------|---------------|--------------|
| 1 | 4248,57 | -45097,33 |
| 2 | 8497,14 | -40848,76 |
| 3 | 12745,71 | -36600,19 |
| 4 | 16994,28 | -32351,62 |
| 5 | 21242,85 | -28103,05 |
| 6 | 25491,42 | -23854,48 |
| 7 | 29739,99 | -19605,91 |
| 8 | 33988,56 | -15357,34 |
| 9 | 38237,13 | -11108,77 |
| 10 | 42485,7 | -6860,2 |
| 11 | 46734,27 | -2611,63 |
| 12 | 50982,84 | 1636,94 |
| 13 | 55231,41 | 5885,51 |
| 14 | 59479,98 | 10134,08 |
| 15 | 63728,55 | 14382,65 |
| 16 | 67977,12 | 18631,22 |
| 17 | 72225,69 | 22879,79 |
| 18 | 76474,26 | 27128,36 |

| Payback (anys) | Ingressos (€) | Benefici (€) |
|----------------|---------------|--------------|
| 19 | 80722,83 | 31376,93 |
| 20 | 84971,4 | 35625,5 |
| 21 | 89219,97 | 39874,07 |
| 22 | 93468,54 | 44122,64 |
| 23 | 97717,11 | 48371,21 |
| 24 | 101965,68 | 52619,78 |
| 25 | 106214,25 | 56868,35 |

Taula 6-9. Payback i beneficis de la instal·lació solar fotovoltaica sense subvenció.

| Payback (anys) | Ingressos (€) | Benefici (€) |
|----------------|---------------|--------------|
| 1 | 4248,57 | -25561,33 |
| 2 | 8497,14 | -21312,76 |
| 3 | 12745,71 | -17064,19 |
| 4 | 16994,28 | -12815,62 |
| 5 | 21242,85 | -8567,05 |
| 6 | 25491,42 | -4318,48 |
| 7 | 29739,99 | -69,91 |
| 8 | 33988,56 | 4178,66 |
| 9 | 38237,13 | 8427,23 |
| 10 | 42485,7 | 12675,8 |
| 11 | 46734,27 | 16924,37 |
| 12 | 50982,84 | 21172,94 |
| 13 | 55231,41 | 25421,51 |
| 14 | 59479,98 | 29670,08 |
| 15 | 63728,55 | 33918,65 |
| 16 | 67977,12 | 38167,22 |
| 17 | 72225,69 | 42415,79 |
| 18 | 76474,26 | 46664,36 |
| 19 | 80722,83 | 50912,93 |
| 20 | 84971,4 | 55161,5 |
| 21 | 89219,97 | 59410,07 |
| 22 | 93468,54 | 63658,64 |
| 23 | 97717,11 | 67907,21 |
| 24 | 101965,68 | 72155,78 |
| 25 | 106214,25 | 76404,35 |

Taula 6-10. Payback i beneficis de la instal·lació solar fotovoltaica amb subvenció.

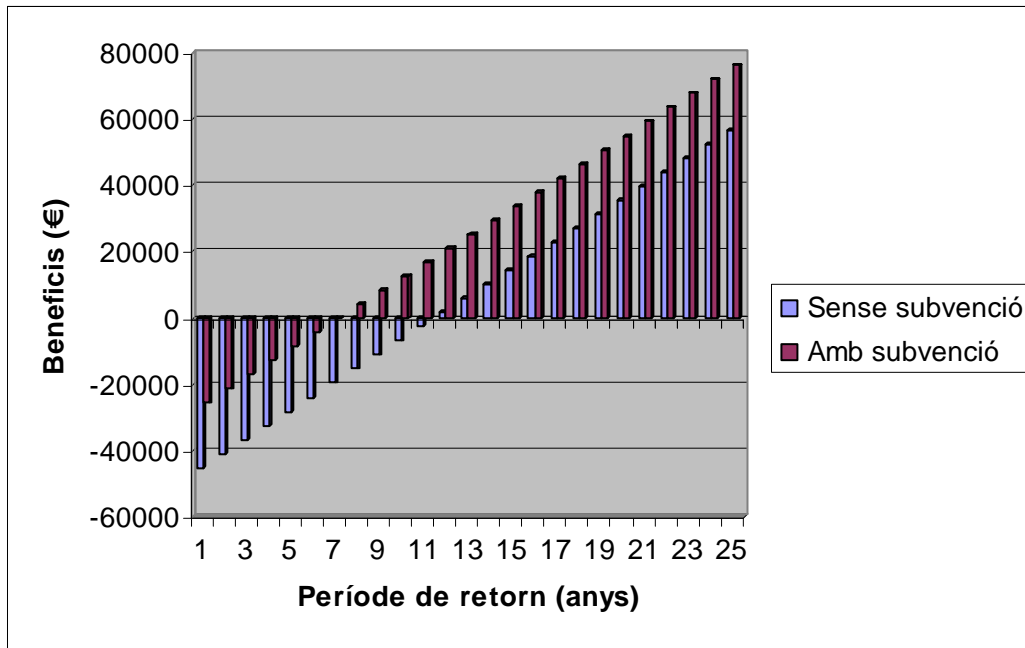


Figura 6-1. Evolució dels beneficis en la instal·lació solar fotovoltaica.

Tal i com es pot veure en les Taules 6-9 i 6-10, i en la Figura 6-1, el període de retorn de la instal·lació solar fotovoltaica sense subvenció és de 12 anys, en canvi si s'obté la subvenció aquest espai de temps es redueix fins als 8 anys. Tant si hi ha subvenció com si no, la instal·lació solar fotovoltaica és àmpliament rentable.

| TASQUES | SETMANA 1 | | | | | SETMANA 2 | | | | | SETMANA 3 | | |
|---|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|--------|-----------|--------|--------|
| | DIA 1 | DIA 2 | DIA 3 | DIA 4 | DIA 5 | DIA 6 | DIA 7 | DIA 8 | DIA 9 | DIA 10 | DIA 11 | DIA 12 | DIA 13 |
| Instal·lació i connexió de la Línia 1 | ■ | | | | | | | | | | | | |
| Instal·lació i connexió de la Línia 2 | | ■ | | | | | | | | | | | |
| Instal·lació i connexió de la Línia 3 | | | ■ | | | | | | | | | | |
| Instal·lació i connexió de les Línies 4 i 5 | | | | ■ | | | | | | | | | |
| Instal·lació i connexió de la Línia 6 | | | | | ■ | | | | | | | | |
| Instal·lació i connexió de la Línia 7 | | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| Instal·lació i connexió de les Línies 8, 9 i 10 | | | | | | | | ■ | ■ | | | | |
| Instal·lació i connexió de les Línies 11, 12, 13 i 14 | | | | | | | | | | ■ | | | |
| Instal·lació i connexió de les proteccions en el quadre | | | | | | | | | | | | ■ | |
| Instal·lació i connexió a la presa de terra | | | | | | | | | | | ■ | | |
| Posta en marxa i verificació de la instal·lació | | | | | | | | | | | | | ■ |

Taula 1-6. Diagrama de Gant d'execució de la instal·lació elèctrica de la nau industrial.

| TASQUES | SETMANA 1 | | | | | SETMANA 2 | | | | | SETMANA 3 | |
|---|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|--------|-----------|--------|
| | DIA 1 | DIA 2 | DIA 3 | DIA 4 | DIA 5 | DIA 6 | DIA 7 | DIA 8 | DIA 9 | DIA 10 | DIA 11 | DIA 12 |
| Instal·lació dels seguidors solars | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| Instal·lació i connexió dels mòduls fotovoltaics | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| Instal·lació i connexió de les línies fotovoltaïques | | | | | | ■ | ■ | | | | | |
| Instal·lació i connexió dels inversors | | | | | | | | ■ | | | | |
| Instal·lació i connexió de les línies derivades i de la línia repartidora | | | | | | | | | ■ | | | |
| Instal·lació i connexió de les proteccions en els quadres | | | | | | | | | | | ■ | |
| Connexió a la presa de terra | | | | | | | | | | ■ | | |
| Posta en marxa i verificació de la instal·lació | | | | | | | | | | | | ■ |

Taula 1-7. Diagrama de Gant d'execució de la instal·lació solar fotovoltaica.

| Radiació solar global diària sobre una superfície inclinada amb l'azimut a 0° - Ht (MJ/m²-dia). Estació: Lleida-Raimat | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Mes \ Inclinació | 0° | 10° | 20° | 30° | 35° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
| Gener | 4,92 | 5,87 | 6,71 | 7,39 | 7,67 | 7,90 | 8,22 | 8,35 | 8,27 | 7,99 | 7,52 |
| Febrer | 8,28 | 9,60 | 10,70 | 11,56 | 11,88 | 12,13 | 12,42 | 12,40 | 12,07 | 11,46 | 10,57 |
| Març | 13,22 | 14,71 | 15,86 | 16,63 | 16,86 | 16,99 | 16,93 | 16,46 | 15,59 | 14,35 | 12,76 |
| Abril | 18,64 | 19,79 | 20,50 | 20,71 | 20,62 | 20,41 | 19,61 | 18,35 | 16,65 | 14,58 | 12,27 |
| Maig | 22,92 | 23,49 | 23,49 | 23,05 | 22,63 | 22,06 | 20,54 | 18,53 | 16,23 | 13,62 | 10,74 |
| Juny | 24,94 | 25,18 | 24,80 | 23,92 | 23,31 | 22,56 | 20,64 | 18,28 | 15,71 | 12,81 | 9,89 |
| Juliol | 24,13 | 24,53 | 24,32 | 23,65 | 23,12 | 22,45 | 20,70 | 18,46 | 16,02 | 13,23 | 10,31 |
| Agost | 20,65 | 21,58 | 22,05 | 22,01 | 21,79 | 21,43 | 20,33 | 18,74 | 16,70 | 14,42 | 11,83 |
| Setembre | 15,54 | 16,99 | 18,03 | 18,63 | 18,75 | 18,77 | 18,45 | 17,68 | 16,48 | 14,89 | 12,95 |
| Octubre | 10,14 | 11,59 | 12,77 | 13,65 | 13,96 | 14,19 | 14,39 | 14,23 | 13,73 | 12,90 | 11,75 |
| Novembre | 5,90 | 6,99 | 7,94 | 8,71 | 9,02 | 9,27 | 9,61 | 9,71 | 9,58 | 9,22 | 8,63 |
| Desembre | 3,99 | 4,78 | 5,47 | 6,04 | 6,28 | 6,48 | 6,75 | 6,87 | 6,82 | 6,61 | 6,24 |
| Anual (MJ/m²-any) | 14,44 | 15,43 | 16,05 | 16,33 | 16,32 | 16,22 | 15,72 | 14,84 | 13,65 | 12,17 | 10,46 |

Taula 2-25. Taula de radiació obtinguda en l'estació meteorològica de Lleida-Raimat per una superfície amb azimut 0° (orientació Sud) i amb diferents graus d'inclinació (Font: Atlas de radiació solar, 2000).

| Radiació solar global diària sobre una superfície inclinada amb l'azimut a 0° - Ht (MJ/m²-dia). Estació: Lleida-Raimat | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Mes \ Inclinació | 0° | 10° | 20° | 30° | 35° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
| Gener | 6,08 | 7,54 | 8,84 | 9,97 | 10,45 | 10,87 | 11,52 | 11,90 | 12,00 | 11,81 | 11,35 |
| Febrer | 12,17 | 14,63 | 16,78 | 18,55 | 19,28 | 19,90 | 20,78 | 21,16 | 21,03 | 20,39 | 19,28 |
| Març | 15,59 | 17,34 | 18,74 | 19,75 | 20,10 | 20,34 | 20,49 | 20,20 | 19,47 | 18,33 | 16,82 |
| Abril | 19,23 | 20,14 | 20,68 | 20,84 | 20,77 | 20,61 | 19,98 | 18,99 | 17,66 | 16,03 | 14,17 |
| Maig | 21,95 | 22,14 | 22,00 | 21,51 | 21,13 | 20,68 | 19,53 | 18,10 | 16,44 | 14,61 | 12,71 |
| Juny | 24,26 | 24,09 | 23,60 | 22,76 | 22,22 | 21,60 | 20,13 | 18,40 | 16,49 | 14,47 | 12,45 |
| Juliol | 24,64 | 24,61 | 24,23 | 23,48 | 22,97 | 22,37 | 20,92 | 19,18 | 17,21 | 15,11 | 12,98 |
| Agost | 21,34 | 22,01 | 22,29 | 22,17 | 21,96 | 21,65 | 20,75 | 19,48 | 17,89 | 16,04 | 14,01 |
| Setembre | 16,74 | 18,14 | 19,19 | 19,84 | 20,02 | 20,09 | 19,93 | 19,36 | 18,39 | 17,06 | 15,41 |
| Octubre | 11,98 | 13,85 | 15,45 | 16,72 | 17,22 | 17,63 | 18,14 | 18,25 | 17,94 | 17,24 | 16,15 |
| Novembre | 6,30 | 7,57 | 8,69 | 9,63 | 10,03 | 10,37 | 10,89 | 11,16 | 11,17 | 10,94 | 10,46 |
| Desembre | 4,01 | 4,81 | 5,54 | 6,15 | 6,41 | 6,64 | 6,99 | 7,19 | 7,24 | 7,12 | 6,85 |
| Anual (MJ/m²-any) | 15,36 | 16,41 | 17,17 | 17,62 | 17,71 | 17,73 | 17,50 | 16,95 | 16,08 | 14,93 | 13,55 |

Taula 2-28. Taula de radiació obtinguda mitjançant càlcul teòric per una superfície mòbil amb seguiment diari i amb diferents graus d'inclinació a Vilanova la Barca.

| Radiació mitjana mensual | | | | |
|---------------------------------|---|--|---|--|
| Mes | Captació fixa a 30° (MJ/m²-mes) | Captació seguiment diari a 40° (MJ/m²-mes) | Captació seguiment estacional (MJ/m²-mes) | Captació seguiment doble eix (MJ/m²-mes) |
| Gener | 229,09 | 336,83 | 258,85 | 371,87 |
| Febrer | 323,68 | 557,20 | 348,32 | 592,37 |
| Març | 515,53 | 630,45 | 527,31 | 635,13 |
| Abril | 621,30 | 618,20 | 621,3 | 625,29 |
| Maig | 714,55 | 641,00 | 730,36 | 686,40 |
| Juny | 717,60 | 647,87 | 755,4 | 727,86 |
| Juliol | 733,15 | 693,34 | 760,43 | 763,78 |
| Agost | 682,31 | 671,29 | 685,1 | 691,03 |
| Setembre | 558,90 | 602,83 | 563,1 | 602,83 |
| Octubre | 423,15 | 546,47 | 446,09 | 565,72 |
| Novembre | 261,30 | 311,20 | 291,3 | 335,22 |
| Desembre | 187,24 | 205,91 | 212,97 | 224,35 |
| Total anual | 5967,80 | 6462,59 | 6200,53 | 6821,85 |

Taula 2-32. Taula comparativa de radiació obtinguda amb les diferents alternatives estudiades a Vilanova la Barca.

| MARCA I MODEL | ISOFOTÓN I-159 | ISOFOTÓN I-165 | BP 7170S | BP 7175L | CONERGY C-165P | CONERGY C-175M | SOLARWORLD SW-210 | SOLARWORLD SW-220 |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Dimensions (mm) | 1310x969x39,5 | 1310x969x39,5 | 1593x790x50 | 1580x783x18 | 1573,6x826x46 | 1575x826x46 | 1675x1001x34 | 1675x1001x34 |
| Pes (Kg) | 16,5 | 16,5 | 15,4 | 12,4 | 17 | 17 | 22 | 22 |
| Nombre de cèl·lules | 36 | 36 | 72 | 72 | 72 | 72 | 60 | 60 |
| Voltatge nominal (V) | 12 | 12 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Potència de pic (W) | 159 | 165 | 170 | 175 | 165 | 175 | 210 | 220 |
| Potència real (W) | 151,05 | 156,75 | 170 | 175 | 156,75 | 166,25 | 203,7 | 213,4 |
| Nombre de panells | 34 | 32 | 30 | 29 | 32 | 30 | 25 | 24 |
| Preu unitat (€) | 889 | 899 | 1260 | 1304 | 1072 | 1188 | 1001 | 1042 |
| Preu del W (€) | 5,59 | 5,45 | 7,41 | 7,45 | 6,50 | 6,79 | 4,77 | 4,74 |
| Preu total (€) | 30226 | 28768 | 37800 | 37816 | 34304 | 35640 | 25025 | 25008 |

Taula 2-33. Taula comparativa dels diferents models de panells fotovoltaics.